

**Nanoneuroplazmonika
– ku odnowieniu
wibracjonistycznego
paradygmatu odnoszącego
się do stanów mózgu
i mechanizmów jego działania**

Max Planck, podczas wykładu wygłoszonego w 1909 roku, stwierdził:

[...] wydaje mi się, że pomyłka polegająca na przecenianiu osiągnięć fizyki teoretycznej jest znacznie groźniejsza, zwłaszcza ze strony tych, którzy stosunkowo płytko wniknęli w sedno tej dziedziny. Utrzymują oni, że dzięki właściwemu ulepszeniu naszej nauki kiedyś stanie się możliwe nie tylko ujęcie we wzorach fizycznych wewnętrznej budowy atomów, ale także praw rządzących życiem umysłowym. Myślę, że nic nie uprawnia nas do pierwszego ani też do drugiego oczekiwania¹.

Jak się okazało, pierwsze negatywne przewidywanie okazało się nietrafne. Także drugie, choć stosunkowo dalekie od tak potężnego sprzężenia z zastosowaniami, jak miało to miejsce w przypadku wiedzy o atomach i jej zastosowań, zostało „nadwyrężone” licznymi osiągnięciami w takich dziedzinach jak psychologia, kognitywistyka czy neurofizjologia. Przedstawioną poniżej próbę można zaliczyć do powiązanego z fizyką i jej zastosowaniami nurtu dociekań nad mózgiem i jego funkcjami, a więc do obszaru „niemożliwości”, wspomnianego przez Plancka.

Niniejsze opracowanie ma dwa zadania. Pierwszym z nich jest naszkicowanie podstawowych etapów rozwoju zmieniających się paradygmatów odnoszących się do sposobów badania i rozumienia zasadniczych funkcji mózgu. Szkic ten będzie stanowił historyczne tło dla nawiązania do XVIII-wiecznej wibracjonistycznej wizji podstawowego „mechanizmu” funkcji mózgu. Specyfika tego nawiązania polega na tym,

* Katedra Biologii Teoretycznej KUL, Al. Raclawickie 14, 20-950 Lublin, e-mail: jozef.zon@kul.pl

¹ M. Planck, *Eight lectures on theoretical physics, delivered at Columbia University in 1909*, New York: Columbia University Press 1915, s. 2.

że uwzględnia ona głoszoną przez Włodzimierza Sedlaka ideę bioelektroniki² oraz wybrane osiągnięcia obecnych nanonauk, przede wszystkim nanoelektroniki i nanooptyki. Charakterystycznym rysem podjętej tutaj próby będzie „styl Sedlakowski”, który polegać będzie na postawieniu mocnej tezy (tutaj: o sposobie zaangażowania plazmy fizycznej w procesy zachodzące w mózgu), przy zarysowaniu jedynie jakościowego szkicu jej uzasadnienia. Autor zdaje sobie sprawę z tej prowizoryczności, ale usprawiedliwieniem dla jego przedstawienia jest chęć pokazania, że spojrzenie na mechanizmy pracy mózgu w kategoriach fizyki ciała stałego, nanoelektroniki i nanooptyki może okazać się inspirujące. Gdyby bowiem tak zarysowana propozycja okazała się kiedyś choćby w zasadzie słuszna, wówczas dokonany – zapewne przez kogoś innego – decydujący w odniesieniu do niej postęp miałby znaczenie dla nowej perspektywy poznawania struktury mózgu i powiązanych z nią funkcji. Wkład niniejszego opracowania miałby znaczenie dla postępu wiedzy: w badaniach naukowych pokazanie nowej perspektywy odgrywa nie mniej ważną rolę niż wyjaśnianie, uzasadnianie czy testowanie hipotez.

Jednym z podstawowych problemów nauk zajmujących się funkcjami i strukturą mózgu jest mechanizm realizowania przez mózg operacji magazynowania, odtwarzania oraz przetwarzania informacji, a także powstawania i zmian stanów emocjonalnych, nie mówiąc już o tak złożonych kwestiach jak świadomość i samoświadomość. Jak wyżej wspomniano, podstawowym celem niniejszego opracowania jest zaproponowanie możliwego mechanizmu zachodzenia tych procesów przy udziale procesów elektronicznych, a dokładniej mówiąc, procesów, w których plazmony – kwazicząstki istniejące dzięki oscylacjom plazmy fizycznej – mogłyby odgrywać znaczącą rolę. Będzie to stanowić główną część niniejszego, w znacznym stopniu spekulatywnego i jakościowego, opracowania. Ażeby umieścić podjętą próbę w ogólniejszym kontekście, przedstawione zostaną uwagi odnoszące się do pojęcia i roli paradygmatu w naukach przyrodniczych oraz naszkicowane zostaną podstawowe etapy ewolucji paradygmatów odnoszących się do funkcji i struktury mózgu.

² Włodzimierz Sedlak wielokrotnie podejmował próby wskazania podstawowych relacji informacyjnych w istotach żywych i przy tej okazji – powstania kwantowego podłoża świadomości. Czynił to m.in. w pracach: *Podstawy ewolucji świadomości*, „Kosmos A” 17 (1968), s. 161-169; *Biofizyczne podstawy świadomości*, „Roczniki Filozoficzne” 17 (1969), s. 125-155; *Wpływ świadomości na somę człowieka w bioelektronicznym kontekście*, „Wychowanie Fizyczne i Sport” 17 (1973), s. 69-77; *Natura ludzkiej świadomości w świetle bioelektroniki*, „Roczniki Filozoficzne” 31 (1983), s. 83-91. Jego sposób radzenia sobie z tak ambitnym zadaniem stał się przedmiotem krytyki: K. Wolicki, *Nauka i duchy* (2), „Odra” 14 (1974), s. 92-98; C. Nowiński, *Bioelektronika i filozofia*, „Studia Filozoficzne” 1978, s. 103-110.

1. Główne paradygmaty odnoszące się do funkcji, struktury i mechanizmów działania mózgu

Naukowa wiedza o świecie rozwija się, czerpiąc z wielu źródeł. Choć nie zawsze daje się ściśle wyznaczyć granicę, to można przyjąć, że źródła te mają charakter wewnętrzny i zewnętrzny. Pierwsze z nich stanowią zbiory metod, reguł i zasad porządkowania i interpretowania uzyskiwanych danych oraz włączania ich w korpus wiedzy uznawanej za wartościową. Do drugiej grupy należą te, dzięki którym może się dokonywać ewolucyjny postęp wiedzy, doskonalący stan zastany, albo czynniki wywołujące „rewolucyjną” jej zmianę. Te ostatnie mogą stanowić rezultat trafnego odgadnięcia nowej zasady przeorganizującej zasób dotychczasowej wiedzy w określonej dziedzinie, czego następstwem może być głębsze zrozumienie badanego fragmentu rzeczywistości oraz usunięcie trudności, na jakie napotykała, ewolucyjnie dotąd rozwijająca się, określona dziedzina. Istotną rolę w takiej przemianie odgrywa zmiana paradygmatu uprawiania danej dziedziny.

Wiedza o funkcjach i strukturze mózgu również podlegała i wciąż podlega wspomnianym prawidłowościom. Jej przemiany jednak nie są niezależne od innych nauk, lecz są w dużym stopniu uzależnione od przemian paradygmatycznych w obrębie biologii, chemii, fizyki, a także powstałych niedawno nauk i technologii odnoszących się do informacji.

1.1. Pojęcie paradygmatu i jego składowe

Paradygmatem jest specyficzny, traktowany jako wzorcowy dla pewnej wspólnoty badaczy, sposób poznawczego podejścia do określonego fragmentu rzeczywistości. Jeden z najbardziej wpływowych w ostatnich dziesięcioleciach filozofów nauki, Thomas Kuhn³, sądzi, że paradygmat zawiera macierz dyscypliny naukowej, w której skład wchodzi:

- symboliczne generalizacje i prawa teorii sformułowanych w jej obrębie – jeśli to możliwe – w postaci formalnej;

³ T. Kuhn, *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, Warszawa: PIW 1985, s. 406-439. Poglądy wspomnianego filozofa na treść, rolę, a także genezę i losy koncepcji paradygmatu wyczerpująco omówił K. Jodkowski m.in. w pracach: *Milczące funkcjonowanie paradygmatu*, „Studia Filozoficzne” 1981, s. 53-65; *Pojęcie paradygmatu a wspólnotowy charakter nauki w ujęciu Thomasa S. Kuhna*, „Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia Sec. I Philosophia-Sociologia” 8 (1983), 41-56; *Wspólnoty uczonych, paradygmaty i rewolucje naukowe*, w: *Realizm – racjonalność – relatywizm*, red. J. Pomorski i in., Lublin: Wydawnictwo UMCS, s. 133-201.

- deklaracja badacza (wspólnoty badawczej) co do posługiwania się określonymi środkami heurystycznymi (metaforami, analogiami, porównaniami);
- akceptacja określonych tez ontologicznych, odnoszących się do natury i liczby podstawowych jednostek konstytuujących dany fragment rzeczywistości oraz mechanizmów jego działania;
- metodyka – uznanie za wzorcowe (modelowe) określonych technik, sposobów rozwiązywania typowych problemów (zadań, „zagadek”), do których próbuje się sprowadzać wszystkie inne problemy lub zadania, stosując, w zależności od przedmiotu i możliwości technicznych (obliczeniowych), odpowiednie uzupełnienia.

Wskazane wyżej charakterystyki paradygmatu angażują, często w sposób niejawny, także różnego rodzaju decyzje, w tym takie, które zasadzają się na ocenie wartości ujęcia, jego „siły perswazyjnej” i szans utrzymania się w konkurencji z innymi ujęciami.

W naukach odnoszących się do istot żywych paradygmat musi zawierać składowe odnoszące się nie tylko do ich podstawowych (elementarnych) jednostek strukturalnych i zaangażowanych w ich utrzymywanie postaci energii, ale także do oddziaływań sygnałowych i informacyjnych konstytuujących ten fragment. Elementarność ta jednak jest względna: z punktu widzenia teorii odnoszącej się do niższego poziomu organizacji rzeczywistości⁴ tymi podstawowymi jednostkami mogą być składowe zawierające jednostki jeszcze niższego poziomu rzeczywistości, także w pewien sposób uorganizowane, i w specyficzny dla siebie sposób oddziałujące między sobą i z jednostkami wyższych poziomów organizacji w obrębie badanego układu oraz z otoczeniem układu.

Wprowadzenie nowego paradygmatu, jego umacnianie, ochrona i obrona to istotne cechy szkoły naukowej. Toczyły się więc i toczą „wojny paradygmatyczne” oraz rywalizacja pomiędzy szkołami naukowymi. Nie zawsze jednak rodząca się szkoła naukowa – pomimo usilnych starań – doprowadza do panującej pozycji to, co uznaje za wartościowy nowy paradygmat, i nie zawsze też obrońcom „starego”, powszechnie już uznanego, „panującego” paradygmatu udaje się go obronić.

1.2. Szkic głównych etapów ewolucji paradygmatów odnoszących się do funkcji i struktury mózgu

Mózg, uznawany obecnie za podstawową strukturę w ciele człowieka (i mających rozwinięty układ nerwowy zwierząt wyższych) w starożytnym Egipcie uznawany był

⁴ Na przykład cząsteczki chemiczne z punktu widzenia fizyki atomowej są uorganizowanymi skupiskami elektronów jąder atomowych. Chemika jednak interesują wyższego rzędu własności i relacje tych zbiorowisk.

za niewiele znaczącą część ciała⁵. Po stwierdzeniu, że pełni on ważne funkcje życiowe, w starożytnej Grecji i Rzymie uznawano, że główną, zarządzającą ciałem częścią organizmu jest dusza, której centralna część najpierw lokalizowana była w sercu, a później – w mózgu⁶. Czynnym „tworzywem” duszy jest boskie tchnienie: subtelny, ożywiający, rozumny i twórczy ogień. O obecności duszy w ciele świadczy jego skoordynowane działanie i reagowanie na bodźce (także natury psychicznej, np. rumieniec wstydu). Śmierć organizmu następuje z chwilą oddzielenia się duszy od ciała, czego objawem jest zanik oddychania⁷.

Czucie, myślenie i koordynowanie procesów przypisywano subtelnemu ośrodkowi, jakim jest pneuma. Jej natura, jak już wspomniano, jest ponad-rzeczywista: pneuma wypełniająca ciało człowieka jest bowiem odgałęzieniem obejmującej cały kosmos boskiej pneumy⁸. Można obserwować przejawy aktywności i stanu pneumy (zdrowie/choroba), na jej stan można w pewnym stopniu oddziaływać, także poprzez oddziaływania na duszę (medytacja, wywoływanie lub wyzbywanie się stanów emocjonalnych itp.).

Pominąwszy filozoficzno-teologiczne koncepcje, jakie wyłoniły się w czasach średniowiecza, odnoszące się do niecielesnego czynnika ożywiającego i zarządzającego ludzkim ciałem, warto zwrócić uwagę na tę gałąź jej rozwoju w czasach nowożytnych, która ma fundamentalną składową o charakterze naturalistycznym. Pojawiła się ona w czasach nowożytnych (XVII w.), kiedy to – w porównaniu z przeszłością – olbrzymich postępów dokonała wiedza anatomiczna. Myślicielem i badaczem, który stworzył mocne podstawy hydrauliczno-mechanicznego paradygmatu odnoszącego się do funkcji ciała ludzkiego (oraz innych istot żywych), był Kartezjusz.

⁵ Podczas zabiegów mumifikacyjnych starannie unikano uszkodzenia serca, pozostawiano je na miejscu, podobnie nerki. Płuca, żołądek i jelita umieszczano w oddzielnych naczyniach, nad którymi mieli mieć pieczę odpowiedni bogowie. Zob. M. Bunson, *Encyclopedia of ancient Egypt*, New York: Facts on File 2002, s. 230. Wnętrze głowy (mózg), jako niemające znaczenia i wartości, po wyssaniu za pomocą rurki przez otwory nosowe, był wyrzucany. Por. Herodot, *Dzieje*, t. 1, Warszawa: Czytelnik 1959, s. 154-155.

⁶ Pierwsi uznali mózg za siedzibę duszy lekarze: Alkmaion z Krotony (VI/V w. p.n.e.) i aleksandryjski lekarz Herofilos (335-280 p.n.e.). Por. J.I. Beare, *Greek Theories of Elementary Cognition from Alcmaeon to Aristotle*, Oxford: Clarendon Press 1906, s. 252; H. von Staden, *Herophilus: the art of medicine in early Alexandria: Edition, translation, and essays*, Cambridge: Cambridge University Press 1989, s. 204, 253. Arystoteles, który duszę uznawał za bezcielesny czynnik organizujący i nadający aktywność istotom żywym oraz ludziom, nie wiązał jej z mózgiem. Za główny organ, w którym urzeczywistniają się jej funkcje, uznawał serce. Zob. C.G. Gross, *Aristotle on the brain*, „The Neuroscientist” 1 (1995), s. 245-250. Ideowe zmagania „encefalocentrystów” z „kardiocentrystami” w w okresie od V p.n.e. do II stulecia n.e. przedstawiają E. Crivellato i D. Ribatti, „Brain Research Bulletin” 71 (2007), s. 327-336.

⁷ Określano to jako „wyzionięcie ducha”.

⁸ Więcej na ten temat zob. np. J. Zon, *Bioplazma i plazma fizyczna w układach żywych. Studium przyrodnicze i filozoficzne*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 2000, s. 223 n.

Ważną składową jego poglądów jest doktryna obejmująca budowę i mechanizmy funkcji układu nerwowego. Układ ten zawiera trzy istotne składowe: mózg, tchnienia życiowe⁹ oraz nerwy. Mózg kieruje funkcjami ciała za pośrednictwem tchnień życiowych rozchodzących się wzdłuż nerwów. O tchnieniu życiowym Kartezjusz mówi, że jest to: „[...] pewien rodzaj powietrza, czyli bardzo delikatnego powiewu [...] ciepłota, która jest rodzajem ognia, utrzymywanego tam przez krew żylną, a ogień jest zasadą cielesną wszelkich naszych członków [...]”¹⁰; [...] ciała, które mają tę jedynie właściwość, że są bardzo drobne i poruszają się bardzo szybko, tak jak cząsteczki płomienia wychodzące z pochodni¹¹. [...] Ogień ten jest znanym rodzajem ognia. Płonie on w sercu maszyny¹² i ma tę samą naturę co każdy inny ogień, spotykany w ciałach nieożywionych”¹³.

Tchnienia życiowe mogą się różnić w poszczególnych częściach mózgu (i ciała) jakościowo i ilościowo: „mogą one występować w różnej obfitości, ich drobiny mogą mieć różną wielkość, w różnym stopniu być wprawione w ruch oraz w różnym stopniu być jednorodne”¹⁴.

O nerwach, kanałach przemieszczania tchnień życiowych, Kartezjusz pisze, iż są one delikatnymi rurkami lub włókienkami, w których wnętrzu przemieszczają się subtelne cząstki, stanowiące „tchnienia życiowe”:

W nerwach należy wziąć pod uwagę trzy rzeczy: ich rdzeń, czyli substancję wewnętrzną, która w postaci cienkich nitek ciągnie się od mózgu, gdzie bierze swój początek, aż do kończyn innych członków, z którymi owe nitki są związane; następnie błony, które ów rdzeń otaczają, a które łącząc się z błoną owijającą mózg, tworzą małe rurki, gdzie znajdują się owe cienkie nitki; wreszcie tchnienia życiowe, które, rurkami tymi właśnie unoszone od mózgu aż do mięśni, powodują, że owe nitki pozostają tam całkiem wolne i napięte. Toteż najmniejsza rzecz, która porusza część ciała, gdzie zakończenie jakiegoś nerwu jest

⁹ Ich nazwa tłumaczona jest też na język polski jako „duchy żywotne” lub „duchy życiowe”. Energia dla ich ruchu, jak też dla innych składników ciała, powstaje z pokarmów w żołądku. Po rozdzieleniu pokarmu na możliwie drobne cząstki następuje przesiewanie tych cząstek przez struktury działające jak sito. Cząstki o najmniejszych rozmiarach poruszają się najszybciej i stają się składnikami krwi. One też trafiają do „centralnego paleniska”, jakim jest serce. Kartezjusz uważa, że także w sercu dokonuje się dalsza ekstrakcja najsubtelniejszych jednostek składowych pokarmów, które są włączane w pulę duchów ożywiających: R. Descartes, *Człowiek. Opis ciała ludzkiego*, Warszawa: PWN 1989, s. 4-5. Proces „filtracji” duchów życiowych kończy się w skomplikowanej sieci naczyń mózgu, poprzez którą mogą się przemieszczać cząstki najdelikatniejsze, a zarazem cechujące się największą prędkością ruchu (tamże, s. 9-12). Centrum zarządzające wszystkimi częściami organizmu mieści się w środku mózgu (w szyszynce). Tam też dochodzi do sprzężenia duszy z ciałem (art. 11).

¹⁰ R. Descartes, *Namiętności duszy*, Warszawa: PWN 1986, s. 69.

¹¹ Tamże, s. 71.

¹² Tj. ciała.

¹³ Descartes, *Człowiek*, s. 71.

¹⁴ Tamże, s. 41.

przymocowane, wywołuje zarazem ruch w tej części mózgu, skąd ów nerw wychodzi; podobnie ciągnąc jeden koniec sznura, poruszamy także drugi¹⁵.

Wiadomo wreszcie, że wszelkie te ruchy mięśni, jako też wszelkie wrażenia zmysłowe zależą od nerwów, które są jakby cienkimi nitkami lub drobnymi rurkami, wychodzącymi z mózgu i zawierającymi, tak jak on, pewien rodzaj powietrza, czyli bardzo delikatnego powiewu, zwanego tchnieniami życiowymi¹⁶.

Wreszcie odnosząc się do mózgowej siedziby duszy rozumnej człowieka i do sposobu pełnienia przez nią swej funkcji, Kartezjusz posługuje się analogią do mechanizmu gry organów:

Toteż nadszedł czas, bym zaczął wyjaśniać, jak tchnienia życiowe przemierzają swoją drogę w jamach i kanalikach mózgowych maszyny i jakie są zależne od nich czynności. Jeśli – powodowani kiedykolwiek ciekawością – oglądaliście z bliska organy w naszych kościołach, wiecie, w jaki sposób miechy tłoczą tam powietrze do pewnych zbiorników, nazywanych w tym przypadku, jak mi się zdaje, wiatrownicami, i w jaki sposób powietrze przechodzi stamtąd do piszczałek – raz do jednych, raz do drugich, stosownie do tego, jak organista porusza palcami na klawiaturze. Otóż możemy tu sobie wyobrazić, że serce i tętnice, tłoczące tchnienia życiowe do jam mózgowych naszej maszyny, są jak miechy owych organów, które tłoczą powietrze do wiatrownic, przedmioty zewnętrzne zaś, które – zależnie od tego, jakiemu nerwowi nadają ruch – sprawiają, że tchnienia zawarte w owych jamach przechodzą stamtąd do niektórych kanalików, są jak palce organisty, które – zależnie od tego, jaki klawisz nacisną – sprawiają, że powietrze przechodzi z wiatrownic do niektórych piszczałek. I podobnie jak brzmienie organów nie zależy zgoła od rozmieszczenia piszczałek widocznych z zewnątrz ani od kształtu ich wiatrownic i innych części, lecz jedynie od trzech czynników, a mianowicie: od powietrza płynącego z miechów, od wydających dźwięk piszczałek i od rozdziału powietrza między piszczałkami, tak też – trzeba to zapamiętać – omawiane tu czynności w żadnej mierze nie zależą od kształtu zewnętrznego wszystkich owych dostrzeganych części, które anatomowie wyróżnili w tworzywie mózgu, ani od kształtu jego jam, lecz zależą jedynie od przyływających z serca tchnień, od kanalików mózgowych, przez które przechodzą, i od sposobu, w jaki tchnienia te są rozdzielane między owymi kanalikami¹⁷.

W przedstawionym ciągu ewolucji paradygmatów odnoszących się do struktury i funkcji mózgu następuje wyraźne przesunięcie (w stosunku do ujęcia starożytnych i myślicieli średniowiecza) ku redukcji liczby składowych mózgu nieznanymi, trudnymi, a nawet niemożliwymi do ujmowania w kategoriach tego, co jest znane z do-

¹⁵ Tamże, s. 73.

¹⁶ Tamże, s. 69.

¹⁷ R. Descartes, *Człowiek*, s. 40.

świadczenia zmysłowego, na rzecz zwiększenia liczby typów składowych znanych. Choć w dalszym ciągu ciało ludzkie powiązane jest ze światem ducha¹⁸, to jednak funkcje scalające i sterujące sprawuje mózg za pośrednictwem jednostek hydraulicznych i mechanicznych, które działają podobnie jak te znane z ówczesnych rozwiązań technicznych (m.in. pompy, sita, rurki, dźwignie, młyny i zegary). Istotną rolę w tym zestawie odgrywa także ciepło, gdyż tchnienia życiowe są uznawane za pewną postać ognia.

Z takiego rozumienia budowy i funkcji mózgu wynika niewiele sugestii odnoszących się do metody badań nad mózgiem. Skoro jest on centralnym miejscem, do którego z całego organizmu zbiegają się rurki z przemieszczającymi się w nich „duchami ożywiającymi”, gdzie – jak na pulpicie organisty – na zasadzie „poleceń” wydawanych poprzez zamykanie i otwieranie różnej kombinacji otworów przechodzą one do rurek łączących centralną część mózgu z całym ciałem, to można rozumieć, dlaczego stany duszy mogą powodować zmiany w ciele, oraz że to, co dzieje się w ciele, może oddziaływać na stan centralnej części duszy¹⁹.

Bardzo interesujący, w podjętej tu perspektywie, jest wibracjonistyczny paradygmat odnoszący się do struktury i funkcji mózgu²⁰. Choć jego filozoficzny fundament stanowi starożytna filozofia przyrody (Demokryt, epikurejczycy, stoicy)²¹, to znalazł on wybitnych kontynuatorów w wieku XVII i na przełomie XVII i XVIII wieku. Zgodnie z nim, w jego rozwiniętej fazie podkreśla się funkcję informacyjną, a nie siłową zachodzących w nerwach oscylacji subtelnościan (pneumy, eteru). Pogląd ten wyrażali: Pierre Gassendi (1592–1655), Thomas Willis (1621–1675), Isaac Newton (1642–1727) oraz David Hartley (1705–1755). Poglądy wspomnianych autorów ilustrują poniższe cytaty z ich dzieł. Gassendi wiąże mechanizm działania nerwów z energicznymi wstrząsami subtelnościan duszy:

I chociaż [dusza] jest bardzo subtelny i malutkim płomykiem, to jednak może ona poprzez swą nadzwyczajną ruchliwość czynić w ciele zwierzęcia to, co w stosunku do prochu czyni płomień, gdy wyrzuca on kulę z takim impetem, że całe działo odskakuje pod działaniem tej siły. [...] ta wielka siła płomienia musi brać się z częstości i mnogości wstrząsów każdej z cząstek, z jakich złożony jest płomień. To samo jednakże trzeba powiedzieć o sile, z jaką wstrząsane jest ciało zwierzęcia, i trzeba zrozumieć, że dzieje się to poprzez częste i pomnażające się ruchy duchów życiowych. [...] jednym słowem: kiedy

¹⁸ Tym miejscem połączenia jest szyszynka (R. Descartes, *Namiętności duszy*, s. 84-85).

¹⁹ Kwestii tej poświęcona jest większość rozważań *Namiętności duszy*. Można je uważać za podstawę mechanistycznej psychofizjologii.

²⁰ Istotę wibracjonizmu i jego losy przedstawiono w opracowaniu: C.U.M. Smith, E. Frixione, S. Finger, W. Flower, *The Animal Spirit Doctrine and the Origins of Neurophysiology*, Oxford: Oxford University Press 2012, s. 148-156.

²¹ W. Wallace, *The vibrating nerve impulse in Newton, Willis and Gassendi: First steps in a mechanical theory of communication*, „Brain and Cognition” 51 (2003), s. 66-94.

całe ciało lub jakaś jego część się porusza, duchy życiowe wewnątrz niego muszą być poruszane lub wstrząsane z prędkością i częstością stosowną dla tego ruchu²².

Od tego filozofa wywodzi się też pogląd, że nerwy są litymi, bardzo wydłużonymi pręcikami, a nie cieniutkimi rurkami, poprzez które przemieszczają się duchy (płomyki) życiowe. Jak wskazuje Wallace (2003), pogląd ten przejęli Willis, Newton i Hartley. Ruchy oscylacyjne subtelnego ośrodka w nerwach Willis uznaje za istotne dla podstawowych funkcji życiowych, jakim są wrażliwość i pobudliwość:

Jeśli duchy ożywiające pozostawi się samym sobie, podążają one za ruchem tego soku, płynąc z nimi wzdłuż tych samych zamkniętych ścieżek, spokojnie się rozprzestrzeniając. Ale – jeśli tylko nadarzy się okazja – te same duchy ulegają innej, bardziej zwawej przemianie, podobnie do oddechu poruszającego się po tych wodach. [Dzieje się tak,] ponieważ, tak jak na [wodzie w] rzece wzbudzone są różne fale przez wiatr lub przez wrzucane do niej przedmioty, tak duchy życiowe, kiedy zostaną pobudzone przez przedmioty, zaczynają pełnić funkcje czucia i ruchu, rozciągając się i kurcząc w [ośrodku] nerwowym [...] ²³.

Podobny pogląd wyraża Newton:

I czy ruch zwierzęcy nie dokonuje się poprzez vibracje tego medium wzbudzone w mózgu przez siłę woli, [vibracje] propagujące się stamtąd – poprzez lity, przezroczysty i jednorodny ośrodek włókienek nerwów – do mięśni, [tak] by kurczyły się one lub rozciągały? Zakładam, że każde z tych włókienek nerwowych jest lite i jednorodne, dzięki czemu ruch wibracyjny medium eterycznego może rozchodzić się jednakowo wzdłuż nich i bez przerwy. [Kwestia 24] ²⁴.

Niewiele można dodać na temat pewnego bardzo subtelnego *spiritus* przenikającego większość ciał i ukrytego w tych ciałach, którego mocą i działaniem cząstki ciał przyciągają się wzajemnie na bardzo małych odległościach i przyklejają się do siebie po zbliżeniu ich aż do wzajemnego dotykania się. Mocą działania tego *spiritus* ciała elektryczne działają na siebie na większych odległościach, przyciągając, jak i odpychając pobliskie cząsteczki; i również światło mocą działania tego *spiritus* jest emitowane, odbijane, uginane, jak również wzbudzone jest ciepło ciał. Jego mocą też pobudzone są wszystkie zmysły, a członki zwierząt poddają się rozkazom woli, mianowicie poprzez vibracje tego *spiritus*, które propagują się poprzez sztywne wiązki nerwów od zewnętrznych organów zmysłów aż po mózg i od mózgu do mięśni ²⁵.

²² F. Bernier, *Abrégé de la Philosophie de Gassendi* (1684). Przedruk: Paris: Librairie Artheme Fayard 1992, za: W. Wallace, *The vibrating*.

²³ T. Willis, *Cerebri anatome* (1664). Tłumaczenie Samuela Pordage'a z 1681, pt. *The Anatomy of the Brain*, było wielokrotnie wznawiane; cyt. za: W. Wallace, *The vibrating*.

²⁴ I. Newton, *Opticks; or, A treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*, 3rd ed., London: William and John Innys 1721. Podobny pogląd – w związku z mechanizmem percepcji wzrokowej – wyraża Newton we wcześniejszym fragmencie tej pracy (Kwestia 23).

²⁵ I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, Kraków: Copernicus Center Press 2011, s. 694.

Nawiązujący do poglądów Newtona David Hartley traktuje mózg i pozostałą część układu nerwowego jako ośrodek wypełniony różnego rodzaju drganiami:

Wspomniane wibracje są wzbudzone, rozchodzą się i są podtrzymywane częściowo przez eter, tj. przez bardzo delikatny i sprężysty płyn, a częściowo przez jednorodność, ciągłość, miękkość oraz aktywne moce substancji wewnątrzmoźgowej, szpiku kostnego i nerwów. [...] Nie ma części substancji wewnątrzmoźgowej odseparowanej od jej całości, lecz wszystkie tworzą ciągłą substancję białą; skoro przyjmujemy, że wskutek jednorodności wibracje są zdolne do swobodnego przemieszczania się wzdłuż tego ciała, to jeśli gdzieś zostaną wzbudzone – dzięki jej ciągłości – muszą one objąć całość²⁶.

Jakkolwiek błędnie – oceniając to z perspektywy późniejszego rozwoju wiedzy o mózgu – rolę jednorodnego ośrodka wypełnionego wibracjami i „wibracyjkami” eteru²⁷ przypisywał Hartley substancji białej mózgu, podjął on wszakże oryginalną próbę zastosowania tej wizji do wskazania podstawowego fizycznego mechanizmu powstawania, przekształcania się i łączenia idei.

Na przełomie XIX i XX wieku przyjęła się, zaproponowana w pierwszej połowie XIX wieku, teoria komórkowa głosząca, że najmniejszą jednostką strukturalną życia jest komórka. Oczywiście odnosiło się to przede wszystkim do struktury tkanek i narządów. Nie zmieniło się jednak przekonanie, że mózg jest podstawową strukturą zarządzającą procesami poznawczymi, emocjonalnymi, wyobraźnią etc., ściśle powiązaną z funkcjami ciała i ich stanem. Wszystko, co się w nim dzieje, jest pochodną procesów przebiegających w komórkach tworzących mózg i oddziaływań pomiędzy tymi komórkami. Rozpoznano także wyższego rzędu jednostki funkcjonalne: wykazano bowiem, że określone części mózgu realizują specyficzne funkcje w sposób skoordynowany z innymi częściami tego narządu.

Na początku XX wieku sporządzono dokładne opisy mikroskopowej budowy mózgu, wykorzystując do tego celu rozmaite nowe techniki preparacji struktur (m.in. nowe techniki barwienia). Poprzez drażnienie chemiczne, elektryczne i mechaniczne różnych powierzchniowych obszarów mózgu oraz jednoczesną obserwację cielesnych i psychicznych skutków tych oddziaływań ustalono lokalizację ośrodków realizujących różne funkcje.

²⁶ D. Hartley, *Observations on Man. His Fame, His Duty and His Expectations*, 6th ed., London: Thomas Tegg and Sons 1834, s. 8, 11. Jak widać, Hartley lokalizował podstawowe funkcje mózgu w jego wnętrzu, w tzw. substancji białej.

²⁷ *Vibrations and vibratiunckles*. Warto tu dodać, że do „uwiądu” koncepcji wibracjonistycznej doszło wskutek niewłaściwego zrozumienia natury wibracji, niezgodnego z poglądem wspomnianych tu badaczy. Podczas gdy oni uważali, że oscylacje zachodzą w subtelnym ośrodku eterycznym, ci, którzy uznali, iż nie mogą one się rozprzestrzeniać wzdłuż nerwów, przypisywali im naturę mechaniczną: skoro nerwy są zbudowane z substancji wiotkiej, o nieregularnych często kształtach, drgania tego typu byłyby w nich szybko wytłumiane. C.U.M. Smith i in., *The Animal Spirit Doctrine*, s. 155-156.

W myśl teorii komórkowej pogłębiano „doktrynę neuronu” jako podstawowej jednostki strukturalnej mózgu²⁸ i jego podstawowej funkcji polegającej na przeniesieniu jonowej natury impulsów elektrycznych, przemieszczających się wzdłuż jego powierzchni. Choć o elektrycznej naturze czynności komórek nerwowych wiadano już od prawie stu lat, to jednak dopiero w połowie XX wieku poznano fizyczne mechanizmy, dzięki którym następuje propagacja tzw. impulsu nerwowego oraz odtworzenie zdolności neuronu do przewodzenia kolejnego impulsu. Poznano także „poza-neuronalno-neuronalną” składową procesu propagacji impulsu nerwowego pomiędzy neuronami. Okazało się, że rolę ważnego łącznika odgrywają synapsy – przestrzenie, do których przez neuron poprzedzający wydzielane są substancje chemiczne pełniące funkcję neurotransmiterów. Najczęściej są nimi związki chemiczne stosunkowo prostej budowy – peptydy. Po przedyfundowaniu do błony następnego neuronu wywołują one jego lokalną depolaryzację i propagację impulsu depolaryzacji²⁹ wzdłuż tego neuronu.

Ten nowy paradygmat struktury i funkcji mózgu każe go ujmować jako swoistą elektryczno-chemiczną „łącznicę telefoniczną”³⁰, zestawiającą połączenia w rozmaite kombinacje, czego wynikiem są reakcje ciała na oddziaływania zewnętrzne, a także świadomość i samoświadomość. Swoistość tego paradygmatu ujęcia mózgu polega m.in. na tym, że:

²⁸ Stało się to głównie dzięki histoanatomicznym pracom Santiago Ramona y Cajal, które stały się możliwe po wynalezieniu przez Camilla Golgiego techniki barwienia biopreparatów za pomocą azotanu srebra.

²⁹ Istnieją także synapsy elektryczne, w których rolę czynnika wywołującego depolaryzację błony postsynaptycznej (następnego neuronu) odgrywa przepływ jonów (M.V. Bennett, R.S. Zukin, *Electrical coupling and neuronal synchronization in the Mammalian brain*, „Neuron” 41 (2004), s. 495-511) oraz zachodzi efatyczne oddziaływanie pomiędzy sąsiadującym neuronami, a czynnikiem powodującym oddziaływanie neuronu na neuron jest pole elektryczne. C. A. Anastassiou i in., *Ephaptic coupling of cortical neurons*, „Nat. Neurosci.” 14 (2011), s. 217-223.; C.-Y. Su i in., *Non-synaptic inhibition between grouped neurons in an olfactory circuit*, „Nature” 492 (2012), s. 66-71.

³⁰ Wybitny chirurg amerykański i zwolennik mechanistycznego poglądu na procesy życiowe i psychiczne, G.W. Crile, tak pisze o strukturze i mechanizmach mózgu: „Teoria radioelektryczna proponuje fizyczne wyjaśnienie mechanizmów pamięci, rozumu, wyobraźni i wyrażania uczuć. Przypisuje odpowiednie role zarówno izolującym lipidom, jak i wysoce wrażliwym białkom, które wspólnie konstytuują mózg. Przypisuje ona substancji białej rolę rejestrującej matrycy, na której są ryte nie tylko linie ułatwionego przewodnictwa, ale których trwałość zależy od zupełności tego procesu. Pokazuje, dlaczego miliony komórek lub prądnic znajduje się w pobliżu nieskończonej subtelnej i złożonej tablicy rozdzielczej – substancji białej. [...] podaje proste wyjaśnienie sposobu, w jaki energia jest uwalniana nadzwyczaj szybko w procesjach myślowych i emocjonalnych albo w szybkości [ruchów] skrzydła owada, poprzez proces przypominający detonację”. G.W.R. Crile, A. Farley, *The phenomena of life: A radio-electric interpretation*, New York: W.W. Norton 1936, s. 366, 367.

- Zawiera on bardzo wiele złożonych³¹ połączeń pomiędzy neuronami³². Niektóre z nich są stosunkowo trwałe, inne zaś są labilne, ulegają przebudowie.
- Szlaki połączeń realizują się zarówno na drodze chemicznej (synapsy chemiczne), jak i fizycznej (synapsy elektryczne, pulsy depolaryzacji błon neuronów).
- Oddziaływania fizyczne i chemiczne na mózg wywołują nie tylko doznania zmysłowe i umysłowe, ale także stany emocjonalne.
- Najprawdopodobniej wszystkim tym doznaniom i stanom towarzyszą zmiany „akcji” fizycznej i chemicznej mózgu³³.

Znaczącym – dokonany już w wieku XXI – pogłębieniem tego paradygmatu budowy mózgu są niezwykle ciekawe prace mające na celu stworzenie konektomu mózgu³⁴, czyli możliwie pełnego, formalnego (i obrazowanego) ujęcia połączeń pomiędzy neuronami.

W drugiej połowie XX wieku, pomimo wielkiego postępu w rozwoju „połączeniowego” paradygmatu struktury i funkcji mózgu, w dalszym ciągu stosunkowo niewiele wiadomo, w jaki sposób stany mózgu dostępne badaniu naukowemu są powiązane ze świadomością i jej stanami. Stwarza to możliwość proponowania nowych ujęć, korespondujących z najnowszymi osiągnięciami nauk podstawowych, w tym także takich teorii, w których istotną rolę przypisuje się oddziaływaniom o charakterze kwantowo-mechanicznym³⁵. Stanowią one zróżnicowaną grupę propozycji, stawiających sobie

³¹ Chodzi tu o połączenia wielokrotne typu jeden-wiele, wiele-jeden oraz o wzmacnianie lub blokowanie docierającego impulsu.

³² Ich liczba u ssaków naczelnych jest proporcjonalna do rozmiarów ciała. Bierze się też pod uwagę udział innego typu komórek (głównie glejowych) w funkcjach mózgu. Ich liczba u człowieka (ok. 86 mld) jest w przybliżeniu taka sama jak liczba neuronów. Specyfika ludzkiego mózgu, w porównaniu z mózgami innych naczelnych, polega na znacznie większej liczbie neuronów przypadających na jednostkę masy tego narządu. Zob. S. Herculano-Houzel, *The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain*, „Front. Hum. Neurosci.” 3 (2009), s. 1-12; też, *The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost*, „Proc. Natl. Acad. Sci. USA” 109 (2012), s. 10661-10668.

³³ Najbardziej znanym i najczęściej badany jej typem są zmiany elektryczne (i towarzyszące im pola magnetyczne) oraz zmiany fizykochemiczne obserwowalne przy użyciu aparatury i metod jądrowego rezonansu magnetycznego.

³⁴ O osiągnięciach, trudnościach i wyzwaniach w odniesieniu do konektomu można się więcej dowiedzieć np. z prac: J.W. Lichtman, J.R. Sanes, *Ome sweet ome: what can the genome tell us about the connectome?*, „Current Opinion in Neurobiology” 18 (2008), s. 346-353; J. DeFelipe, *From the connectome to the synaptome: an epic love story*, „Science” 330 (2010), s. 1198-1201.

³⁵ Np. L.M. Riccardi, H. Umezawa, *Brain and physics of many-body problems*, „Kybernetics” 4 (1967), s. 44-48; N. Hokkyo, *A Plasma Model of Brain Dynamics*, „Progress of Theor. Phys.” 48 (1972), s. 1191-1195; H. Hu, M. Wu, *Nonlocal Effects of Chemical Substances on the Brain Produced through Quantum Entanglement*, „Progress in Physics” 2006, s. 20-26; tychże, *Prespacetime Model of Elementary Particles, Four Forces & Consciousness*, „Prespacetime Journal” 1 (2010), s. 77-146; N.E. Mavromatos,

za cel pogłębienie albo nawet zastąpienie paradygmatów, zgodnie z którymi zasadniczą rolę odgrywają, przebiegające przy udziale jonów, procesy fizykochemiczne i w których najwięcej uwagi poświęca się liczbie i sposobom połączeń neuronalnych oraz połączeń pomiędzy ponadneuronalnymi składowymi struktury i funkcji mózgu.

Wielkim osiągnięciem przede wszystkim w zakresie metodyki badania różnych części organizmu, w tym głównie mózgu, są różne rodzaje wspomaganiej komputerowo tomografii. Na tym polu szczególnie obiecująca jest funkcjonalna tomografia rezonansu jądrowego (fNMR)³⁶, która pozwala rejestrować zachodzące w czasie – i znajdujące odbicie w zdolności pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego przez mózg poddany działaniu bardzo silnego pola magnetycznego – zmiany stanu fizycznego różnych powierzchniowych i głębiej położonych podjednostek mózgu. Uzyskiwana tymi metodami wiedza o mózgu najlepiej przystaje do paradygmatu, w myśl którego struktura ta jest olbrzymim zbiorowiskiem aktywizowanych w rozmaitych zestawach i rozmaitych sekwencjach „obszarów” mózgu.

Warto tu na marginesie zauważyć, że w ogłoszonej przed ponad 50 laty pracy Roberta O. Beckera pojawia się idea podstawowego mechanizmu pracy centralnego układu nerwowego jako dyskretno-analogowego układu hybrydowego³⁷. Z kolei ogłaszane na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego stulecia prace W. Sedlaka wskazują m.in. na: możliwość pełnienia przez autogennie generowane pola elektromagnetyczne funkcji nośnika informacji i podstawowego czynnika koordynującego procesy życiowe³⁸, bioplazmę jako podłoże świadomości³⁹ oraz nośnik pamięci⁴⁰. Proponuje on też spojrzenie na mózg jako na strukturę, której powierzchniowa warstwa cechuje się zwiększonym zagęszczeniem ładunku elektrycznego, dzięki czemu odgrywa ona rolę zwierciadła odbijającego promieniowanie elektromagnetyczne generowane w jego

Quantum Coherence in (Brain) Microtubules and Efficient Energy and Information Transport, “J. Phys. Conference Series” 2011, s. 329; H. Atmanspacher, *Quantum Approaches to Consciousness*, w: *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. E.N. Zalta, 2011; S. Hameroff, *How quantum brain biology can rescue conscious free will*, “Frontiers in Integrative Neuroscience” 6 (2012), s. 93.

³⁶ Np. K.J. Friston, *Modalities, Modes, and Models in Functional Neuroimaging*, “Science” 326 (2009), s. 399-403; E. Mazerolle, R. D’Arcy, S. Beyea, *Detecting functional magnetic resonance imaging activation in white matter: Interhemispheric transfer across the corpus callosum*, “BMC Neuroscience” 9 (2008), no. 1, s. 84.

³⁷ R.O. Becker, *The direct current field: a primitive control and communication system related to growth processes*, w: *Proceedings of the XVI International Congress of Zoology*, 1963, s. 179-183; D. Battaglia i in., *Dynamic Effective Connectivity of Inter-Areal Brain Circuits*, “PLoS Comput. Biol.” 8 (2012), s.1002438.

³⁸ Zob. W. Sedlak, *Wstęp do elektromagnetycznej teorii życia*, „Roczniki Filozoficzne” 18 (1970), s. 101-126.

³⁹ Tenże, *Joga w świetle współczesnej biofizyki*, „Zeszyty Naukowe KUL” 15 (1972), s. 43-52.

⁴⁰ Tenże, *Możliwości holograficznego zapisu pamięci w układach biologicznych*, „Summariusm – Sprawozdania TN KUL” 1974.

wnętrzu⁴¹. W takim ujęciu podstawowe funkcje mózgu byłyby powiązane z tym, co rozgrywa się nie tyle na poziomie komórkowym, ile na poziomie submolekularnym – z procesami o charakterze kwantowomechanicznym.

Ujmując w szerszej perspektywie główne cechy ewolucji paradygmatów odnoszących się do struktury i funkcji mózgu, można wskazać, że identyfikowanie jednostek (pominąwszy ujęcia nadnaturalistyczne) rozpoczęło się od postulowania istnienia subtelnego i aktywnego substratu obdarzonego rozumnością. Kolejnymi znaczącymi fazami były: pneumatyczno-hydrauliczna, elektryczna, elektrochemiczno-przebieżnikowa, wreszcie obecna faza konektomowa. Czerpały one zazwyczaj inspirację z osiągnięć innych nauk oraz w dziedzinie techniki i technologii. Najwyraźniej to widać na przykładzie XVII-wiecznej koncepcji R. Descartes'a, a ostatnio – w badaniach nad mózgiem wspieranych sprzętowymi oraz programowymi technikami komputerowymi.

Kontynuując rozważania nad możliwym powiązaniem stanu życia ze stanem plazmy fizycznej, przed kilku laty⁴² autor niniejszego opracowania wysunął propozycję, by na mózg ludzki spojrzeć jako na makroskopowych rozmiarów zbiorowisko powstających i zanikających „konstelacji” jednostek plazmowych. Przedstawione niżej rozważania są próbą postawienia dalszego kroku w tym kierunku.

2. Nano(neuro)plazmonika

Przedstawiona wyżej nazwa ma trzy składowe. Pierwsza odnosi się do zakresu rozmiarów podstawowych jednostek traktowanych jako istotne dla rozpatrywanych mechanizmów. Są nimi, nanometrycznych rozmiarów⁴³, fragmenty biomateriału (lub też liniowy ich rozmiar), w jakim realizują się rozpatrywane procesy lub stany. Człon „neuro” wskazuje na typ biostruktur, w jakich mają się realizować rozpatrywane poniżej stany, mechanizmy i oddziaływania. Są nimi podjednostki tworzące

⁴¹ W. Sedlak, *Podstawy ewolucji świadomości*, „Kosmos A” 17 (1968), s. 161-169. Autor ten wskazuje, że pod tym względem mózg byłby podobny do kulistej plazmowej powłoki otaczającej Ziemię. Warto tu dodać, że ta zdolność odbijania realizuje się tylko w odniesieniu do fal o częstotliwości niższej od pewnej częstotliwości granicznej.

⁴² J. Zon, *Physical plasma switchability in the brain*, “Electromagnetic Biology and Medicine” 24 (2005), s. 273-282.

⁴³ Tj. od kilku do kilkudziesięciu nanometrów (miliardowych części metra). Grubość dwuwarstwy lipidowej, stanowiącej podstawowy element strukturalny błon biologicznych, wynosi ok. 5 nm. Rozmiar błony komórkowej (w tym neuronu), mierzonej równolegle do jej powierzchni, wynosi tysiące nm.

układ nerwowy, przede wszystkim mózg. Człon ostatni zaś wskazuje na plazmonikę – dziedzinę badań nad plazmonami⁴⁴ i ich praktycznymi zastosowaniami. Jest ona tutaj dziedziną źródłową dla proponowanego mechanizmu warunkującego funkcje mózgu.

Zwróciwszy uwagę na wibracjonistyczne ujęcie podstawowych funkcji nerwów i mózgu, można teraz przystąpić do próby zarysowania nowego sposobu spojrzenia na całość rozgrywających się w mózgu procesów, także w aspekcie podstawowej roli, jaką miałyby odgrywać oscylacje w składnikach układu nerwowego. Sprowadza się ona do wzięcia pod uwagę zaangażowania w jego podstawowe funkcje jednostek o rozmiarach nanometrycznych, którymi byłyby skupiska elektronów (lub dziur) wykonujące skolektywizowane drgania (oscylacje plazmowe). Takie spojrzenie – uwzględniające stan plazmowy – jest z jednej strony nawiązaniem do dawnych koncepcji „subtelnego ognia” jako podstawowego czynnika realizującego procesy życia i psychiki⁴⁵ oraz do poglądów XVIII-wiecznych wibracjonistów, z drugiej zaś, jak już wspomniano, pewną kontynuacją „Sedlakowego”⁴⁶ sposobu ujmowania życia i psychiki.

Zgodnie z takim ujęciem, istotną składową procesów podtrzymujących zarówno życie, jak i psychikę byłoby powstawanie i zanikanie jednostek plazmowych⁴⁷

⁴⁴ Plazmony – kwanty drgań plazmy fizycznej.

⁴⁵ J. Zon, *Jak można i dla jakich powodów warto uwspółcześnić stoicką koncepcję duszy jako ognia twórczego?*, w: *IV Konferencja z cyklu: „Nauka na przełomie dziejów: Nauka w poszukiwaniu duszy ludzkiej”*, Szczecin 2001, s. 66-93.

⁴⁶ Ks. prof. Sedlakowi najprawdopodobniej nie był znany, zorientowany teologicznie, nurt filozofii przyrody noszący miano „teologii elektrycznej”. Jej twórcy i propagatorzy: Friedrich Ch. Oetinger (1702-1782), Ludwig Fricker (1729-1766) oraz Prokop Divisch (1696-1765), istotę życia upatrywali w ogniu elektrycznym. Zob. E. Benz, *The Theology of Electricity: On the Encounter and Explanation of Theology and Science in the Seventeenth and Eighteenth Centuries*, Allison Park, PA.: Pickwick Publications 1989, s. 55 n. Jeśli się zgodzić z twierdzeniem, że plazmowemu stanowi skupienia można przypisać rolę odpowiednika pneumy i ognia twórczego w filozofii stoickiej (J. Zon, *Starostoicka doktryna pneumy a koncepcja bioplazmy. I. Własności pneumy i plazmy fizycznej w świecie „nieożywionym”*, „Roczniki Filozoficzne” 42 (1994), s. 35-64; tenże, *Doktryna pneumy a koncepcja bioplazmy. II. Własności i funkcje pneumy i plazmy fizycznej w świecie ożywionym*, „Roczniki Filozoficzne” 43 (1995), s. 99-125; tenże, *Jak można i dla jakich powodów warto uwspółcześnić stoicką koncepcję duszy jako ognia twórczego?*, w: *IV Konferencja z cyklu: „Nauka na przełomie dziejów: Nauka w poszukiwaniu duszy ludzkiej”*, Szczecin 2001, s. 66-93), a później subtelny płyn wypełniający nerwy i mięśnie, stwarza to szansę dla współczesnej reinterpretacji części poglądów „teologów elektrycznych”. To, co jest dla nich „ogniem elektrycznym”, byłoby więc plazmą fizyczną wypełniającą biostruktury (w tym także mózgowe) i wpływającą na bieg procesów w nich przebiegających.

⁴⁷ Taką jednostką byłby każdy fragment biostruktury, w której obrębie spełnione są warunki konieczne i wystarczające do istnienia stanu plazmowego. Wyznaczają je: odpowiednie relacje ilościowe pomiędzy koncentracją i średnią energią kinetyczną swobodnych nośników ładunku, masa efektywna tych nośników, przenikalność elektryczna ośrodka oraz częstość zderzeń tych nośników ze sobą i ich otoczeniem (np. J. Zon, *Plazma fizyczna*, s. 38 n.).

w określonych fragmentach mózgu, wskutek czego zmieniałyby się liczba jednostek należących do zestawu określonego typu, tworzyłyby się i zanikały ich specyficzne zestawy. Ze względu na tę zmienność będą one nazywane „dynamicznymi konstelacjami plazmowymi mózgu”⁴⁸. To powstawanie i zanikanie miałyby specyficzne charakterystyki przestrzenno-czasowe, ściśle powiązane z funkcjami mózgu. W takim ujęciu funkcje mózgu dokonywałyby się przy udziale procesów analogowych (zmieniających swą intensywność w sposób ciągły) i procesów dyskretnych (zanikanie lub powstawanie pojedynczych jednostek plazmowych oraz ich skupisk).

2.1. Plazmonika i plazmonowa nanotechnologia jako inspiracja dla nano(neuro)plazmoniki

W ostatnich latach wiele uwagi poświęca się strukturom nanorozmiarowym w nadziei, że uda się stworzyć nowe urządzenia, przewyższające dotychczasowe dokładnością, niezawodnością, oszczędnością zużycia energii czy też sprawnością zbierania, magazynowania i przetwarzania informacji oraz przekazywania sygnałów. Oczekuje się też na zupełnie nowe konstrukcje, w których wykorzystywać się będzie odkryte własności manifestujące się tylko w strukturach o skrajnie ograniczonych rozmiarach, takich jak skupiska mających nanometryczne rozmiary cząstek złota czy srebra. Okazuje się bowiem, że dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu tych cząstek względem siebie (na podkładce dielektrycznej czy też w koloidzie) mających różne rozmiary skupisk atomów tych metali można uzyskiwać ośrodki o zaplanowanych własnościach: mających zdolność do zmiany kierunków rozprzestrzeniania się⁴⁹ w tym ośrodku fal elektromagnetycznych, do emisji promieniowania o jednej częstotliwości charakterystycznej dla skupiska atomów (i jego otoczenia)⁵⁰ lub częstotliwości hybrydowych⁵¹ czy też ich pochłaniania⁵².

⁴⁸ Jeśli pojawi się nieco krótsze, ale dzięki temu wygodniejsze w użyciu, określenie „konstelacje plazmowe”, należy przez nie rozumieć zmieniające się jakościowo, liczebnie i pod względem lokalizacji zestawy jednostek plazmowych.

⁴⁹ Dzięki temu możliwe jest konstruowanie m.in. urządzeń służących do czynienia niewidzialnymi niektórych przedmiotów. Zob. np. J.B. Pendry i in., *Transformation optics and subwavelength control of light*. „Science” 337 (2012), s. 549-552.

⁵⁰ M.A. Noginov i in., *Demonstration of a spaser-based nanolaser*, „Nature” 460 (2009), s. 1110-1112; M. Stockman, *Nanoplasmonics: The physics behind the applications*, „Physics Today” 64 (2011), no. 2, s. 39-44.

⁵¹ P. Bharadwaj, B. Deutsch, L. Novotny, *Optical Antennas*, „Adv. Optics and Photonics” 1 (2009), s. 438-483.

⁵² L. Novotny, *From near-field optics to optical antennas*, „Physics Today” 2011, s. 47-52; L. Novotny, N. van Hulst, *Antennas for light*, „Nature Photonics” 5 (2011), s. 83-90.

Jakkolwiek istnieją bardzo znaczne różnice pomiędzy zbiorowiskami elektronów w nanometrycznych rozmiarów cząstkach metali, takich jak srebro czy złoto, a zbiorowiskami elektronów w bioukładach⁵³, to jednak można znaleźć pewną bardzo interesującą własność wspólną dla nich wszystkich. Jest nią zdolność do różnego typu oscylacji: prostych lub złożonych, liniowych lub nieliniowych, samowzbudnych lub wymuszanych oraz innych. W bioukładach mogą one powstawać „spontanicznie” (wskutek pobudzenia ruchem cieplnym), mogą także być skutkiem dostarczenia energii przez światło, chemiczne reakcje egzotermiczne, przekształcenie energii mechanicznej w elektryczną (zjawisko piezoelektryczne), a także inne mechanizmy.

Można zatem próbować spojrzeć na nanorozmiarowe fragmenty neuronów, zawierające⁵⁴ skupiska plazmy fizycznej, jako na jednostki, w których mogą się znajdować zespoły oddziałujących na siebie plazmowych oscylatorów. Skutkiem takiego oddziaływania będzie powstawanie oscylacji złożonych, „wygaszanie” niektórych typów oscylacji, generowanie chaosu lub zestawów oscylacji określanych mianem „chimer” itd. Ich charakterystyki (częstotliwości składowe, fazy, amplitudy) z jednej strony będą skutkiem tego, co dzieje się w poszczególnych oscylatorach wnoszących wkład w „uwspólnione” oscylacje, z drugiej zaś charakterystyki tych powstających ze złożenia oscylacji mogą mieć wpływ na całe zespoły oscylatorów w określonym fragmencie komórki. Mogłaby więc zachodzić koordynacja oddziaływań wewnątrz biostruktur, dokonująca się przy udziale skupisk plazmy, których cząstki składowe biorą udział we wspomnianych złożonych oscylacjach. Charakterystyczny czas potrzebny do zachodzenia takich skoordynowanych oddziaływań byłby bardzo krótki – rzędu jednego okresu oscylacji (10^{-13} - 10^{-12} s.).

2.2. Założenia modelu

Najbardziej ogólne i najmniej dyskusyjne dwa stwierdzenia odnoszą się do właściwości fizycznych struktur mózgu oraz do procesów w nim przebiegających. Pierwsze dotyczy wzajemnego powiązania pomiędzy właściwościami fizycznymi

⁵³ I jeszcze większe pomiędzy zbiorowiskami cząstek tych szlachetnych metali w teoretycznych układach modelowych lub układach doświadczalnych. Podstawowa różnica polega na różnicy koncentracji cząstek zdolnych do wykonywania oscylacji.

⁵⁴ Trzeba tu zauważyć, że jako założenie przyjęto tu powstawanie w bioukładach warunków prowadzących do pojawiania się skupisk mobilnych elektronów (lub dziur). Nie jest ono pozbawione podstaw, czemu autor poświęcał uwagę w wielu wcześniejszych opracowaniach; zob. np. *The living cell as a plasma physical system*, „Physiol. Chem. Phys.” 12 (1980), s. 357-364; *Plazma elektronowa w błonach biologicznych*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 1986, s. 95-417.

biostruktur a procesami życiowymi: procesy metaboliczne powodują zmiany właściwości fizycznych składników mózgu i na odwrót – zmiany własności fizycznych i procesy fizyczne wpływają na procesy metaboliczne⁵⁵, a za ich pośrednictwem także na inne czynności życiowe. Drugie odnosi się do kierunkowych i czasowych charakterystyk mózgu (rozpatrywanych od skali makro- aż do skali rozmiarów nanometrycznych). Jest on strukturą niejednorodną i anizotropową, ponadto bardzo zmienną w czasie.

Pozostałe założenia są bardziej szczegółowe i w znacznie większym stopniu niż powyższe – dyskusyjne. Są nimi:

- W molekularnych i supramolekularnych biostrukturach występują swobodne nośniki ładunku w postaci elektronów (lub „dziur” po elektronach); część z nich jest generowana (i wiązana) w trakcie procesów metabolicznych, część wskutek rozmaitego typu oddziaływań (elektrycznych, mechanicznych, elektromagnetycznych), a jeszcze inną część stanowią zdelokalizowane elektrony niewysyconych wiązań niektórych cząsteczek (pierścienie aromatyczne, wewnątrzcząsteczkowe układy wiązań sprzężonych) oraz ponadcząsteczkowe ścieżki powstające wskutek takiego układu cząsteczek (i fragmentów makromolekuł), który sprzyja przemieszczaniu się wspomnianych ładunków⁵⁶.
- Jak wyżej wskazano, wewnątrz mózgu jest strukturą niejednorodną, anizotropową i bardzo zmienną w czasie. Oznacza to, że w różnych skalach czasu i różnych jego miejscach zachodzą zmiany określonych własności, tempa i skali procesów. Szczególne znaczenie mają mieć tutaj zachodzące w pewnych zakresach zmiany czynników konstytutywnych dla plazmy fizycznej: przenikalności elektrycznej, ϵ_r , koncentracji mobilnych, naładowanych elektrycznie cząstek, n , ich temperatury (średniej energii kinetycznej), T oraz masy efektywnej mobilnych cząstek, m_e . Ścisłe powiązane ze stanem plazmowym skutki tych zmian zostaną omówione poniżej.

⁵⁵ I procesy wyższego rzędu wpływające na metabolizm.

⁵⁶ Rozpatrując problem bioplazmy, W. Sedlak pierwsze z nich uznał za podstawową składową bioplazmy metabolicznej, drugie – bioplazmy strukturalnej (*Dynamika bioplazmy i metabolizm*, „Kosmos A” 24 (1975), nr 3, s. 261-272). Dotychczas najwięcej uwagi rozważaniu możliwości występowania w bioukładach plazmy fizycznej, której podstawowe składniki stanowią elektrony wiązań niewysyconych, poświęcił M. Wnuk (*Istota procesów życiowych w świetle koncepcji elektromagnetycznej natury życia. Bioelektromagnetyczny model katalizy enzymatycznej wobec problematyki biosystemogenezy*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 1996, s. 91-146).

2.3. Powstawanie, trwanie i zanikanie domen plazmowych

We wcześniejszych pracach⁵⁷ rozpatrzono skutki zmieniających się w czasie⁵⁸ wielkości fizycznych mających decydujące znaczenie dla istnienia jednostek plazmy fizycznej i ich podstawowych charakterystyk. Wskazano tam, że określone skupisko zdolnych do przemieszczania się naładowanych elektrycznie cząstek⁵⁹ może stanowić albo zbiorowisko cząstek oddziałujących indywidualnie⁶⁰, albo skupisko cząstek oddziałujących kolektywnie⁶¹ za pośrednictwem pola elektrycznego. Cząstki te mogą stanowić skupiska plazmy klasycznej lub kwantowej⁶². Jeśli weźmie się pod uwagę, że zbiorowisko cząstek stanowiących plazmę może spełniać lub nie spełniać kryterium idealności⁶³, w grę wchodzi 5 możliwych stanów zbiorowiska cząstek (rys. 1). Mogą się one urzeczywistniać wewnątrz neuronów w różnych obszarach⁶⁴ o rozmiarach nanometrycznych i ponadnanometrycznych. Ponieważ wielkości fizyczne decydujące o stanie skupiska cząstek mogą mieć zróżnicowane wartości w poszczegól-

⁵⁷ J. Zon, *Plazma elektronowa w błonach biologicznych*; tenże, *Bioplazma i plazma fizyczna w układach żywych*.

⁵⁸ Jak już wcześniej zauważono, zmiany te są przyczynowo powiązane z innymi zmianami w biostrukturach lub w ich otoczeniu.

⁵⁹ Jeśli są nimi elektrony, to zachodzą dwie sytuacje: zachowują się one jak cząstki klasyczne lub cząstki podlegające prawom mechaniki kwantowej. Ta druga możliwość zachodzi wtedy, gdy zbiorowisko charakteryzuje się znaczną koncentracją lub nośniki ładunku mają małe masy efektywne. Stanowią ono wtedy zbiorowisko cząstek zwyrodniałych, to jest takich, których właściwości i zachowanie nie podlegają prawom fizyki klasycznej. Ich energię kinetyczną i inne właściwości można poprawnie wyznaczyć, stosując prawa mechaniki kwantowej.

⁶⁰ Cząstki oddziałują indywidualnie, głównie poprzez trwające bardzo krótko zderzenia.

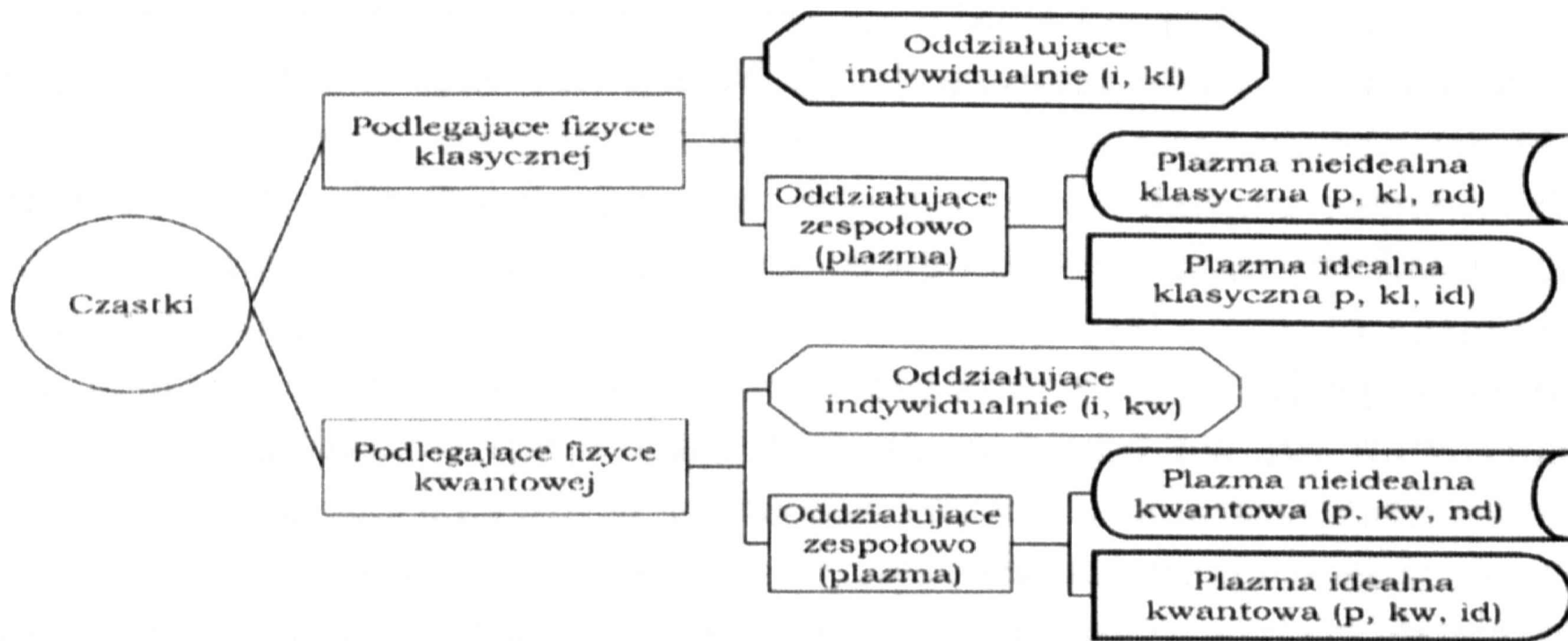
⁶¹ Oddziaływania te zachodzą w odcinkach czasu co najmniej równych trwaniu jednej oscylacji plazmowej, z siłą zależną od ich wzajemnej odległości oraz przenikalności elektrycznej ośrodka, w którym mogą się one przemieszczać.

⁶² Jeśli tzw. energia Fermiego cząstek jest mniejsza od ich temperatury klasycznej, są one cząstkami klasycznymi. Jeśli ten warunek nie jest zachowany – stanowią zbiorowisko cząstek kwantowych (zwyrodniałych).

⁶³ Idealna plazma różni się tym od plazmy nieidealnej, że w pierwszej z nich zdecydowaną przewagę mają oddziaływania pomiędzy naładowaną cząstką i równoważącym jej polem innych cząstek zawartych w kuli (w kole w układzie dwuwymiarowym i w odcinku w układzie jednowymiarowym) o promieniu równym promieniowi ekranowania, podczas gdy w plazmie nieidealnej nie realizuje się ta dalekosiężna równowaga: naładowane cząstki są tak blisko siebie, że pole określonej cząstki wytłumiane jest na odległości równej lub mniejszej promieniowi ekranowania; istotną rolę odgrywają zatem polowe oddziaływania tylko najbliższych sobie cząstek. V. Fortov, I. Iakubov, A. Khrapak, *Physics of Strongly Coupled Plasma. International Series of Monographs on Physics*, Oxford: Oxford University Press 2006, s. 1-16.

⁶⁴ Termin „domena plazmowa” odnoszony jest tu do fragmentu struktury, w którym cząstki stanowiące plazmę mogą poruszać się w jednym, dwu, a nawet we wszystkich trzech wymiarach przestrzeni.

nych domenach, trzeba liczyć się z tym, że mogą istnieć obok siebie jednostki plazmy jakiegoś typu oraz obszary zawierające cząstki oddziałujące indywidualnie⁶⁵.



Rys. 1. Typy zbiorowisk cząstek, w których powstawanie lub zanikanie stanu plazmowego oraz wzajemne oddziaływanie należy brać pod uwagę: są nimi: zbiorowisko klasyczne cząstek zachowujących się jako indywidualia oraz zbiorowiska konstytuujące idealną lub nieidealną plazmę klasyczną (dwa) lub kwantową (dwa).

Istotną rolę w dalszych rozważaniach odgrywa przytoczona wyżej teza o sprzężeniu pomiędzy stanem fizycznym biostruktur i zachodzącymi w nich procesami życiowymi. Bezpośrednio z niej wynika kolejne stwierdzenie⁶⁶, że także stan fizyczny biostruktur o rozmiarach nanometrycznych zmienia się w czasie. Skoro tak, to część skutków tych zmian (koncentracji mobilnych cząstek, ich średniej energii kinetycznej, przenikalności elektrycznej ośrodka, długości i kierunku drogi, po której cząstki mogą się przemieszczać) musi wpływać na zmiany stanu zbiorowisk cząstek w poszczególnych domenach substruktur neuronów. Na rys. 2 przedstawiono cztery podstawowe wielkości fizyczne, których relacje wartości decydują o tym, czy znajdujące się w określonych warunkach zbiorowisko nośników ładunku jest plazmą, czy też zbiorowiskiem indywidualnie oddziałujących cząstek.

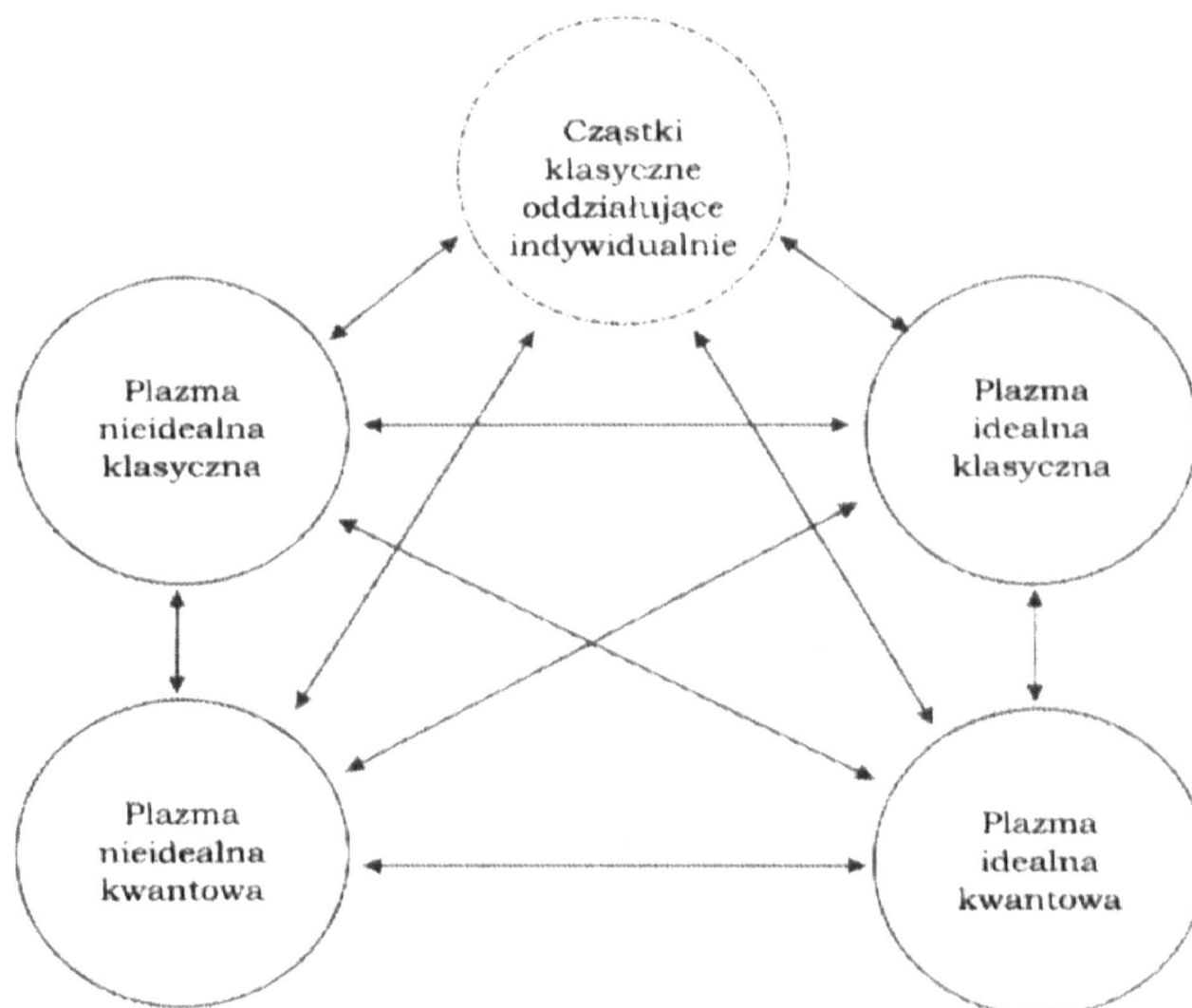
⁶⁵ Cząstki oddziałują indywidualnie, głównie poprzez trwające bardzo krótko zderzenia.

⁶⁶ Trzeba przyznać, że ma ono posmak truizmu. Zmienność ta – przynajmniej na poziomie makroskopowym – jest widoczna gołym okiem.



Rys. 2. Właściwości fizyczne ośrodka i zbiorowiska nośników ładunku decydujące o tym, czy stanowią one stan plazmowy⁶⁷

Można zatem wziąć pod uwagę wielką różnorodność możliwych dróg przemian stanu fizycznego poszczególnych fragmentów biostruktur (rys. 3).



Rys. 3. Schemat możliwych przemian stanu fizycznego określonego obszaru w obrębie biostruktur (tutaj mózgu).

⁶⁷ Uwagi odnoszące się do typu zmian prowadzących do przemian plazmy klasycznej w plazmę kwantową i vice versa przedstawiono w pracy J. Zona *Bioplazma i plazma fizyczna*, s. 207.

Określony obszar, w określonym czasie, znajduje się w jednym z uwzględnionych stanów. Może z niego odwracalnie przechodzić do innego, ale stan tego obszaru może się przekształcać po złożonych trajektoriach, np. w chwili t_1 może zawierać swobodne nośniki ładunku cząstki oddziałujące indywidualnie, w t_2 cząstki te mogą stanowić plazmę klasyczną idealną, w t_3 – plazmę kwantową idealną, by w t_4 znów stać się domeną z plazmą klasyczną.

Na rysunku uwzględniono 22 teoretycznie możliwe drogi bezpośrednich przemian stanu określonego fragmentu zawierającego zdolne do przemieszczania się naładowane elektrycznie cząstki. Górna część rys. 3 obrazuje stany skupisk cząstek podlegających prawom fizyki klasycznej, dolna – cząstek podlegających prawom fizyki kwantowej. Dokładniejsze fizyczne studium przedstawionego tu obrazu możliwych przemian, być może, wykluczy możliwość zachodzenia niektórych z tych przemian. Gdyby nawet tak było, wówczas i tak pozostanie ich znaczna liczba. Istotną sprawą jest tutaj wskazanie na możliwość urzeczywistniania się na poziomie „głęboko submórkowym” procesów znanych przede wszystkim z przyrody nieożywionej i sytuacji stworzonych w laboratoriach, które to procesy – same będąc uzależnione od przemian innego typu – mogą pełnić istotne funkcje życiowe.

Przenosząc na całość mózgu tę różnorodność fizycznego stanu skupisk naładowanych cząstek – istniejących w bardzo wąskim przedziale czasowym⁶⁸ – można ją metaforycznie przedstawić jako zbiorowisko konstelacji złożonych z ogromnej liczby nanorozmiarowych (ale, być może, także większych rozmiarów) jednostek, z których każda znajduje się przez pewien czas w jednym z sześciu wyliczonych powyżej stanów. Jeszcze bogatszy jednak staje się obraz przemian całościowego stanu mózgu, wynikający z różnego rodzaju przemian grup tych jednostek w określonych jego fragmentach (rys. 4).

Śledząc zmiany stanu skupisk w poszczególnych fragmentach, można dostrzec, że niektóre z nich się nie zmieniają (pola zacięniowane), inne zaś zmieniają swój stan. Zachowują się też pewne zespoły stanu jednostek. Kształty i rozmiary zarówno poszczególnych jednostek, jak i ich zespołów są zróżnicowane i mogą zmieniać się w czasie⁶⁹.

Tak może się przedstawiać nowy obraz sytuacji – uwzględniający submolekularny poziom struktur i oddziaływań – jeśli poświęci się uwagę zmieniającemu się w czasie i w powiązaniu z funkcjami mózgu przestrzenno-czasowemu rozkładowi stanu zbiorowisk nanorozmiarowych jednostek składowych.

⁶⁸ Byłaby to zatem „fotografia” nanoskopowego stanu mózgu, dokonana przy bardzo krótkim czasie ekspozycji.

⁶⁹ Jakkolwiek schemat ten bezpośrednio obrazuje sytuację w dwu wymiarach (odnosiłoby się to przede wszystkim do odpowiednio rozległych „płaszczyzn” błon biologicznych), można go uogólnić na struktury jednowymiarowe (np. wewnątrzmakrocząsteczkowe ścieżki przewodnictwa, być może także struktury tubularne i włókniste, takie jak cytoskielet), struktury trójwymiarowe (np. białka globularne) oraz rozmaitego typu zestawy struktur jedno-, dwu- i trójwymiarowych.

		A)			B)			
		t_0			t_1			
1		pl, kl, nd	pl, kl, id		pl, kl, id	i, kl	i, kl	1
2		i, kl	i, kl	pl, kl, id	i, kl	i, kl	pl, kl, id	2
3		i, kl	pl, kw, id	pl, kl, id		pl, kw, id	pl, kl, id	3
4		pl, kw, id	pl, kw, id		pl, kw, id	pl, kw, id	i, kl	4
5		pl, kw, nd	pl, kl, id		pl, kw, nd	pl, kl, nd	i, kw	5
6		pl, kw, nd	i, kl	pl, kl, id	pl, kw, nd	i, kl	pl, kl, nd	6
		a	b	c	a	b	c	

Rys. 4. Schemat możliwych przekształceń stanu fizycznego fragmentów w obrębie jakiejś biostruktury pomiędzy następującymi po sobie odcinkami czasu.

Oznaczenia własności zbiorowisk cząstek: i – idealne, nd – nieidealne, kl – klasyczne, kw – kwantowe, pl – plazma. Pola zacieniowane oznaczają obszary, w których stan skupiska nie uległ zmianie, pola puste – obszary, gdzie w rozpatrywanym momencie nie występują naładowane cząstki swobodne. W obszarach niezacieniowanych zaszły różnego typu (wskazane na rys. 3) przemiany stanu skupisk. Rozmiary i kształty poszczególnych jednostek mogą być różne.

Warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną okoliczność. Jest nią wspomniana już zmienność stanu poszczególnych jednostek oraz ich zbiorowisk. Można oczekiwać, że zmiany poszczególnych własności fizycznych decydujących o istnieniu⁷⁰ i charakterystykach plazmy poszczególnych domen nie dokonują się w tych samych skalach czasowych: jedne z nich mogą się dokonywać w ciągu nanosekund (ściśle zlokalizowane zmiany temperatury ośrodka, zachodzące np. na skutek pochłonięcia kwantu światła z zakresu podczerwieni lub wskutek zajścia reakcji lub procesu o charakterze egzotermicznym), inne w ciągu mikrosekund, a jeszcze inne – w okresach milisekundowych lub dłuższych⁷¹. Skutkiem tych zmian własności fizycznych konstytutywnych

⁷⁰ W odniesieniu do „obszarów”, w których stan plazmy pojawia się na pewien czas i zanika, można powiedzieć, że są one siedliskiem plazmy „chwilowej/przelotnej”, w odniesieniu zaś do miejsc, gdzie utrzymuje się ona przez długi czas – że są one siedliskiem plazmy „trwałej” (lub „długożyjącej”).

⁷¹ Aby przybliżyć obraz sytuacji, można wyobrazić sobie orkiestrę symfoniczną wykonującą utwór muzyczny. Jakkolwiek na jego brzmienie i tempo składają się zachodzące w rozmaitych (ale krótszych) skalach czasowych drgania powietrza wymuszone przez instrumenty i ich zespoły, to istotną rolę odgrywają także przerwy w ich aktywności. Temat charakterystycznych czasów zmian zachodzących w bioukładach podjął m.in. V. Ramabrahmam, *Nano-time intervals in bio-systems – Their relevance to nano-bio-science and nano-bio-technology. Paper presented at the 2nd National seminar on New Materials Research and Nanotechnology (NSNMRN2013), Stone House Hill, Ooty-643 002, the Nilagiris District, Tamilnadu, India 2013.*

dla plazmy muszą być zmiany stanu w obrębie populacji domen, ich geometrycznego rozkładu, sposobów wzajemnych oddziaływań⁷², a wskutek tego powinny zachodzić zmiany całościowego⁷³ stanu mózgu. Jednym ze skutków tych zmian – realizujących się na poziomie błon komórkowych, przy udziale jonów i nadmolekularnych struktur błonowych – byłyby zmiany „aktywności” elektrycznej i magnetycznej mózgu rejestrowane metodami elektroencefalografii i magnetoencefalografii. To więc, co – zgodnie z obecnie przyjmowanym paradygmatem – uważa się za przyczynę aktywności umysłowej, uczuć oraz woli, byłoby dalszym skutkiem tego, co rozgrywa się na jeszcze niższych poziomach organizacji mózgu, i to przy istotnym udziale struktur o rozmiarach nanometrycznych⁷⁴, w odcinkach czasu krótszych od milisekund. Najszybciej dokonującymi się zmianami byłyby – w proponowanym modelu – oscylacje plazmowe w poszczególnych domenach plazmowych.

Dla większej pełności obrazu przedstawioną tu sugestię, odnoszącą się do fizycznych stanów i zmian strukturalno-funkcjonalnych nanojednostek mózgu, należałoby poszerzyć o uwagi odnoszące się do ról życiowych, w jakie mogłyby być zaangażowane zmiany stanu konstelacji plazmowych. Chodziłoby tu przede wszystkim o funkcje o charakterze informacyjnym (zapamiętywanie, utrzymywanie „zapisu” i odtwarzanie tego, co zostało zapamiętane, oraz przetwarzanie danych) oraz – związane przede wszystkim z działaniem układu limbicznego mózgu – emocje i wyobraźnię⁷⁵. Wykracza to jednak znacznie poza ramy tego opracowania.

⁷² Jednym z typów oddziaływań pomiędzy plazmonami powierzchniowymi są spasersy (*spasers*) – nanoplazmowe odpowiedniki laserów. Zob. M.I. Stockman, *Spasers explained*, „Nature Photonics” 2 (2008), s. 327-329; tenże, *Spaser as Nanoscale Quantum Generator and Ultrafast Amplifier*, „J. Opt.” 12 (2010), s. 024004. Rolę odpowiedników nagromadzanych w laserach kwantów światła odgrywają tu drgania plazmy. Choć każda jednostka „plazmonośna” ma charakterystyczna dla siebie częstość oscylacji, to może być wzbudzana do drgań przez energię różnych postaci i o kwantach większych niż te, które odpowiadają częstości ich drgań własnych. Gdyby biospasersy urzeczywistniały się w mózgu, mogłyby stanowić istotny element fizycznego mechanizmu, np. pamięci. Określone informacje lub przeżycia przestrajająby charakterystyki oscylacyjne określonych grup (i liczby jednostek w ich obrębie) nanoskupisk plazmowych. Te przestrojone charakterystyki stanowiłyby „ślad” informacji lub przeżycia.

⁷³ Można zgłosić obiekcję, czy w takim ujęciu zmienia się obraz stanu mózgu jako zbiorowiska domen, czy też za tym obrazem stoją jakieś niedookreślone jeszcze powiązania przyczynowo-skutkowe. To drugie ujęcie jest właściwe.

⁷⁴ Ażeby uniknąć nieporozumień, warto tu podkreślić, że istotne procesy mózgowie nie rozgrywają się wyłącznie w skali struktur o rozmiarach nanoskopowych, lecz także w tej skali. Prócz tych, podobną rangę należy przypisać procesom dokonującym się w strukturach o skali mikro-, mezo- i nanoskopowych.

⁷⁵ Bardzo ciekawym szlakiem poszukiwań byłoby poszukiwanie powiązań pomiędzy „konstelacjami plazmowymi” w komórkach rozrodczych, które noszą w sobie zapis „doświadczenia rodowego” organizmów i które manifestują się jako zachowanie instynktowne.

2.4. Zaczątek paradygmatu neuroplazmonowego?

Przedstawione wyżej uwagi odnosiły się do procesów, jakie, być może, rozgrywają się w nanoromiarowych (a pośrednio: mikro- i mezorozmiarowych) jednostkach układu nerwowego, wobec których liniowe rozmiary struktur komórkowych są znaczne⁷⁶. Z tej proporcji rozmiarów wynika też proporcja pomiędzy liczbą nanorozmiarowych jednostek mieszczących się w tej mezorozmiarowej strukturze (przestrzennej, o liniowym rozmiarze L). Wynosi ona w przybliżeniu L^{-3} . Na przykład w błonie komórkowej neuronu⁷⁷ o powierzchni $100 \mu\text{m}^2$ i grubości 10 nm powinno się mieścić ok. 5×10^6 jednostek o charakterystycznym rozmiarze wynoszącym ok. 10 nm . Biorąc pod uwagę wspomnianą wcześniej dynamikę przemian sytuacji, można przyjąć, że pewną część zmian w tej ich liczbie stanowią przemiany do-stanu plazmowego i ze-stanu plazmowego. Jeśli się uwzględni fakt, że ludzki mózg zawiera ok. 170 mld komórek, to w jego działaniu może być zaangażowanych do 8×10^{17} wspomnianych wyżej domen o rozmiarach nanometrycznych. I gdyby przyjąć, że w danej chwili populacja jednostek „plazmonośnych” stanowi zaledwie jedną tysięczną część ogólnej liczby jednostek o rozmiarach nanometrycznych, to i tak liczba ich wyrażać się nieco mniejszą (ok. 10^{15}), ale przecież i tak bardzo wielką. Istotną nowość wynikającą z uwzględnienia tej sytuacji polega na tym, że w poszczególnych „obszarach” mózgu mogą się pojawiać, zanikać, zmieniać swoją liczebność i kompozycję zestawy tych jednostek („konstelacje”) znajdujących się w stanach wyróżnionych na rys. 3⁷⁸.

Zgodnie z obowiązującym obecnie paradygmatem, przede wszystkim procesy jonowe należą do podstawowych procesów determinujących działanie układu nerwowego. Są one obecnie uznawane za przyczynę skomplikowanych zmian stanu elektrycznego mózgu (akcji elektrycznej mózgu)⁷⁹. Te zaś są pochodną wytwarzanych

⁷⁶ Te ostatnie przewyższają je co najmniej kilkadziesiąt razy. Jeśli przyjąć, że jakaś nanostruktura ma długość 10 nm , a długość typowego mitochondrium wynosi ok. $1 \mu\text{m}$, to stosunek ten będzie się układał jak 1 do 100 . Jeżeli z kolei przyjąć, że typowy rozmiar komórki wynosi $10 \mu\text{m}$, to proporcja ta wzrośnie o jeden rząd wielkości.

⁷⁷ Korzysta się z pomiarów i obliczeń dokonanych w odniesieniu do objętości przypadającej na pojedynczy neuron fragmentu kory mózgowej. Zob. E. Courchesne i in., *Neuron Number and Size in Prefrontal Cortex of Children with Autism*, „JAMA: The Journal of the American Medical Association” 306 (2011), s. 2001-2010. Przyjmując walcowaty kształt tej komórki i średnicę równą $5 \mu\text{m}$, autor oszacował, że odpowiadająca podanej w pracy średniej objętości (ok. $1300 \mu\text{m}^3$) odpowiadałaby powierzchnia ok. $500 \mu\text{m}^2$.

⁷⁸ Podane wyżej liczbowe oceny należy traktować jako bardzo przybliżone. Mają one na celu jedynie wskazanie olbrzymiego „potencjału kombinacyjnego”, jaki może tkwić w omawianej wizji stanów mózgu ludzkiego realizujących się w rozmiarach nanometrycznych.

⁷⁹ Ona również dokonuje się przy udziale oscylacyjnych zmian elektrycznych mózgu, które grupuje się w charakterystyczne zespoły. Ich najczęściej badane i najlepiej opisane częstotliwości (i powiązane z nimi stany mózgu) leżą w zakresie od kilku do ok. 100 Hz . Jakkolwiek w mózgu występują także drgania

przez tzw. pompy jonowe transbłonowych gradientów potencjałów elektrycznych oraz stosunkowo szybkich zmian tych potencjałów, co jest spowodowane otwieraniem i zamykaniem kanałów jonowych określonych typów. Zgodnie jednak z proponowanym tu ujęciem, one z kolei byłyby uzależnione od zmian w stanie konstelacji plazmowych w błonach neuronów. Także transmisja impulsów nerwowych wzdłuż neuronów i poprzez synapsy w mózgu⁸⁰ byłaby wtórna względem procesów rozgrywających się przy udziale plazmonośnych jednostek o rozmiarach nanometrycznych.

W wyniku tak pogłębionego obrazu przyczynowego powiązania pomiędzy procesami w mózgu trzeba by przyjąć, że rejestrowana metodami elektroencefalografii aktywność elektryczna mózgu jest „mechanizmowo” odległym epifenomenem procesów rozgrywających się na poziomie nanostruktur mózgu. Być może, trzeba by też przyjąć, że mózgi jest dyskretno-analogowym układem hybrydowym⁸¹ działającym przy istotnym udziale procesów rozgrywającym się na wspomnianym poziomie biostruktur. Sprzężenie pomiędzy przetwarzaniem informacji w mózgu a emocjami mogłoby się dokonywać na przykład w taki sposób – przemiany fazowe nanojednostek wchodzących w skład neuronów powodują, że zmienia się liczba i rozkład przestrzenny jednostek znajdujących się w plazmowym stanie skupienia. „Siła” rezonansowego sprzężenia oddziaływań między nimi mogłaby urzeczywistniać ujawnianie się rozmaitych stanów emocjonalnych wpływających na przetwarzanie informacji⁸² oraz wymuszających reakcje bioukładu na działanie czynników zewnętrznych.

Trzeba by też przyjąć, że w toku procesów ewolucyjnych wykształciły się rozmaitego typu uzależnienia zachowania (i odczuwania stanów świata wewnętrznego) istot żywych od proporcji zachodzących pomiędzy udziałem procesów dyskretnych a udziałem procesów analogowych⁸³. Te ostatnie są podstawowym mechanizmem urzeczywistniania się uczuć.

elektryczne o niższych i wyższych częstotliwościach (E. Başar i in., *Oscillatory brain theory: A new trend in neuroscience*, IEEE: “Engineering in Medicine and Biology Magazine” 18 (1999), s. 56-66; E. Başar, *Brain oscillations in neuropsychiatric disease*, “Dialogues in Clinical Neuroscience” 15 (2013), s. 291-300) i są wypadkową ogromnej liczby oscylacji o nieliniowych charakterze, to jednak są one zazwyczaj „odfiltrowywane” przez aparaturę pomiarową. Zob. W. Klonowski, *Everything you wanted to ask about EEG but were afraid to get the right answer*. “Nonlinear Biomedical Physics” 3 (2009), no. 1, s. 2-5.

⁸⁰ Chodziłoby tu przede wszystkim o synapsy elektryczne i efatyczne oddziaływanie między neuronami.

⁸¹ T.H. Bullock i in., *The Neuron Doctrine, Redux*, “Science” 310 (2005), s. 791-793.

⁸² Przetwarzanie informacji odbywałoby się więc przy udziale emocji, a emocje stanowiłyby naturalną otoczkę przetwarzanych informacji. Przykładem takiego stanu rzeczy byłyby marzenia senne lub też niektóre wyobrażenia.

⁸³ R. Pies, *The anatomy of sorrow: a spiritual, phenomenological, and neurological perspective*, “Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine” 3 (2008), s. 17. Wydaje się, że większość stanowią ci, w których postępowaniu i wizji świata właśnie emocje odgrywają istotną rolę.

To klasyczne rozdzielenie funkcji mózgu na trzy podstawowe grupy ma istotne znaczenie dla filozoficznego tła rozważanego tu zagadnienia. Jeśli chodzi o podstawową funkcję poznawania, jaką jest postrzeganie, nie można go ujmować jako rejestrowania jedynie cech fizycznych składowych otoczenia (wielkość, kształt, barwa itp.). Bardziej istotne znaczenie ma identyfikowanie i kategoryzowanie rzeczy i stanów jako zagrażających lub sprzyjających przeżyciu bądź też użyteczności lub nieużyteczności w roli narzędzia: przede wszystkim emocje, a nie świadome rozpoznawanie cech fizycznych, determinują szybszą reakcję na znaczące dla przeżycia stany otoczenia.

Wydaje się, że obecne próby ujmowania mózgu w kategoriach funkcji umysłu, skupiające uwagę na przetwarzaniu w nim informacji (i różne próby mieszczące się w obrębie neurokonektomiki), nie wystarczają do wyjaśnienia mechanizmów powstawania i przekształcania się emocji oraz aktów wolitywnych. Jeszcze poważniejszym wyzwaniem jest stworzenie takiego modelu struktury i funkcji mózgu, w którym te trzy podstawowe kategorie funkcji byłyby zintegrowane, bo takie są one w rzeczywistym, normalnie funkcjonującym mózgu.

3. Uwagi końcowe

Przedstawiony powyżej sposób podejścia do strukturalnej i funkcjonalnej organizacji mózgu jest propozycją ukierunkowaną w stronę „nanoneuroplazmonowego paradygmatu” struktury i funkcji tego tak istotnego narządu. Tak jak przedstawiona wcześniej Kartezjusza koncepcja struktury i mechanizmów zarządzania funkcjami organizmu oraz koncepcje wibracjonistyczne, także zarysowana tutaj propozycja odwołuje się do przepływów, oscylacji i oddziaływań najbardziej subtelnych cząstek – elektronów i dziur poelektronowych. Podobnie jak tamta koncepcja, także ta stanowi próbę nawiązania do aktualnych badań i osiągnięć praktycznych, jakimi są obecnie nanonauki i nanotechnologia. Da się ją także powiązać z – mającymi teraz jedynie historyczne znaczenie – koncepcjami, w myśl których wszystkie biostruktury są w istocie oscylatorami elektrycznymi (np. koncepcja G. Lakhovskiego). Takie powiązanie byłoby jednak powierzchowne i fragmentaryczne. Z punktu widzenia paradygmatów odnoszących się do funkcji i struktury mózgu przedstawioną tu propozycję należałoby uznać za próbę nadania wibracjonizmowi współczesnej postaci, powiązanej z hipotezą o plazmie w biostrukturach.

Trzeba jednak przyznać, że przedstawiona tutaj perspektywa może sprawiać wrażenie próby tłumaczenia czegoś bardzo złożonego przez odwołanie się do czegoś

innego, równie albo jeszcze bardziej złożonego. Taki możliwy zarzut ma niebagatelną wagę. Można go jednak osłabić, zwracając uwagę na to, że wspomniane wyżej fizyczne stany i przemiany stanów domen, oddziaływania pomiędzy oscylującymi skupiskami naładowanych elektrycznie cząstek są mimo wszystko mniej złożone niż procesy psychiczne i świadomość, po drugie – fizyka i wyrastająca z niej biofizyka są dziedzinami dającymi szansę dokonania krytycznej oceny przedstawionego tu pomysłu.

Nawiązując do wyrażonego przez W.T. Fitcha⁸⁴ poglądu na temat nanointencjonalności (co prawda przedstawionego w innym niż tutaj kontekście), można wskazać, że realizujące się w komórkach nerwowych na ich submolekularnym poziomie organizacji i w nanorozmiarach przemiany fazowe oraz oddziaływania oscylatorów plazmowych mogłyby stanowić najpierwotniejsze i podstawowe jednostki intencjonalności – oddziaływania energetyczne, materiałowe i informacyjne służące samopodtrzymaniu istnienia bioukładu w zmieniających się okolicznościach, czasem zupełnie zaskakujących.

Na koniec należałoby usprawiedliwić sposób mówienia o zarysowanej propozycji jako o powstającym paradygmacie. To również może się wydawać zbyt pośpiesznym wydawaniem oceny, gdyż właściwą perspektywę i ocenę można przyjąć wtedy, kiedy ma się do czynienia z faktycznymi postępami wiedzy. To zaś można uczynić, korzystając z analizy tych postępów dokonywanej w świetle uhistorycznionej filozofii nauki. Usprawiedliwiając ten „nadmiarowy” sposób oceny przedstawionej tu propozycji, autor chciałby zwrócić uwagę na dwie okoliczności. Po pierwsze, artykuł stanowi składową tomu dedykowanego ks. profesorowi Włodzimierzowi Sedlakowi, który przed bez mała półwieczem podjął próbę ukazania mechanizmów funkcji mózgu i do niej często powracał, także w kontekście rozważań na temat bioplazmy i ewolucji życia⁸⁵. Autor próbuje podążać tą samą drogą, starając się uwspółcześnić, poszerzyć i pogłębić propozycje swojego Nauczyciela. Oczywiście, życzyłby sobie odwrotnego stosunku zwolenników i przeciwników do przedstawionej propozycji, niż było to dane Sedlakowi. Zależać to jednak będzie od atrakcyjności poznawczej i trafności zarysu przedstawionego obrazu.

Drugą okoliczność stanowi przekonanie autora, iż droga „w głąb” biostruktur nie jest jeszcze zakończona i że można „dopisać” do przedstawionego wyżej ciągu rozwoju paradygmatów, charakteryzującego się ujmowaniem coraz to niższych poziomów strukturalnych i funkcjonalnych oraz wzrastającego poziomu dostrzeganej

⁸⁴ W.T. Fitch, *Nano-intentionality: a defense of intrinsic intentionality*, „Biology and Philosophy” 23 (2008), s. 157-177.

⁸⁵ Czynił to, wygłaszając śmiało opinie, które zjednywały mu zwolenników i jeszcze liczniejszych przeciwników. Zob. J. Zon, *Zarzuty pseudonaukowości wobec Włodzimierza Sedlaka koncepcji bioplazmy*, „Roczniki Filozoficzne” 46 (1998), z. 3, s. 211-240.

złożoności kolejną, jeszcze bardziej subtelną rozmiarowo i energetycznie składową. W jej myśl można spojrzeć na mózg jako niezwykle dynamiczną już nie „konstelację”, lecz złożoną z nanojednostek „metagalaktykę”, w której – dzięki strukturze jej własnej czasoprzestrzeni oraz rozkładowi mas, ładunków i przepływów energii – rodzą się i trwają przez pewien czas „gwiazdy” i „galaktyki” jednostek plazmowych. Każda znaczniejsza zmiana ich charakterystyk i proporcji urzeczywistniałaby oddechy i uderzenia pulsu nanokosmosu konstytuującego każdego z nas; kosmosu, z którego najwspanialszymi wykwitami – świadomością i introspekcją – mamy stałą styczność, wciąż napotykaną na zagadki i tajemnice.

Literatura

- Anastassiou C.A., Perin R., Markram H., Koch Ch., *Ephaptic coupling of cortical neurons*, “Nature Neuroscience” 14 (2011), s. 217-223.
- Atmanspacher H., *Quantum Approaches to Consciousness*, w: *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. E.N. Zalta (2011).
- Başar E., Başar-Eroğlu C., Karakaş S., Schurmann M., *Oscillatory brain theory: A new trend in neuroscience*, IEEE: “Engineering in Medicine and Biology Magazine” 18 (1999), s. 56-66.
- Başar E., *Brain oscillations in neuropsychiatric disease*, “Dialogues in Clinical Neuroscience” 15 (2013), s. 291-300.
- Battaglia D., Witt A., Wolf F., Geisel T., *Dynamic effective connectivity of inter-areal brain circuits*, “PLoS Computational Biology” 8 (2012), e1002438.
- Beare J.I., *Greek theories of Elementary Cognition from Alcmaeon to Aristotle*, Oxford: Clarendon Press 1906.
- Becker R.O., *The direct current field: a primitive control and communication system related to growth processes*, “Proceedings of the XVI International Congress of Zoology” 1963, s. 179-183.
- Bennett M.V., Zukin R.S., *Electrical coupling and neuronal synchronization in the Mammalian brain*, “Neuron” 41 (2004), s. 495-511.
- Benz E., *The Theology of Electricity: On the Encounter and Explanation of Theology and Science in the Seventeenth and Eighteenth Centuries*, Allison Park, PA: Pickwick Publications 1989.
- Bernier F., *Abrégé de la Philosophie de Gassendi* (1684), przedruk: Paris: Librairie Artheme Fayard 1992.
- Bharadwaj P., Deutsch B., Novotny L., *Optical antennas*, “Advances in Optics and Photonics” 1 (2009), s. 438-483
- Bullock T.H., Bennett M.V.L., Johnston D. i in., *The neuron doctrine, Redux*, “Science” 310 (2005), s. 791-793.
- Bunson M., *Encyclopedia of ancient Egypt*, New York: Facts on File 2002.

- Courchesne E., Mouton P.R., Calhoun M.E. i in., *Neuron number and size in prefrontal cortex of children with autism*, JAMA: "The Journal of the American Medical Association" 306 (2011), s. 2001-2010.
- Crile G.W., Farley A., *The Phenomena of Life: A radio-electric Interpretation*, New York: W.W. Norton 1936.
- Crivellato E., Ribatti D., *Soul, mind, brain: Greek philosophy and the birth of neuroscience*, "Brain Research Bulletin" 71 (2007), s. 327-336.
- DeFelipe J., *From the connectome to the synaptome: an epic love story*, "Science" 330 (2010), s. 1198-1201.
- Descartes R., *Namiętności duszy*, Warszawa: PWN 1986.
- Descartes R., *Człowiek. Opis ciała ludzkiego*, Warszawa: PWN 1989.
- Fitch W.T., *Nano-intentionality: a defense of intrinsic intentionality*, "Biology and Philosophy" 23 (2008), s. 157-177.
- Fortov V., Iakubov I., Khrapak A., *Physics of Strongly Coupled Plasma. International Series of Monographs on Physics*, Oxford: Oxford University Press 2006.
- Friston K.J., *Modalities, modes, and models in functional neuroimaging*, "Science" 326 (2009), s. 399-403.
- Gross C.G., *Aristotle on the brain*, "The Neuroscientist" 1 (1995), s. 245-250.
- Hameroff S., *How quantum brain biology can rescue conscious free will*, "Frontiers in Integrative Neuroscience" 6 (2012), s. 93.
- Herculano-Houzel S., *The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain*, "Frontiers in Human Neuroscience" 3 (2009), s. 1-12.
- Herculano-Houzel S., *The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost*, "Proceedings of the National Academie of Sciences USA" 109 (2012), s. 10661-10668.
- Herodot, *Dzieje*, Warszawa: Czytelnik 1959.
- Hokkyo N., *A Plasma model of brain dynamics*, "Progress of Theoretical Physics" 48 (1972), s. 1191-1195.
- Hu H., Wu M., *Nonlocal effects of chemical substances on the brain produced through quantum entanglement*, "Progress in Physics" 2006, s. 20-26.
- Hu H., Wu M., *Prespacetime model of elementary particles, Four Forces & Consciousness*, "Pre-spacetime Journal" 1 (2010), s. 77-146.
- Jodkowski K., *Milczące funkcjonowanie paradygmatu*, „Studia Filozoficzne” 1981, s. 53-65.
- Jodkowski K., *Pojęcie paradygmatu a wspólnotowy charakter nauki w ujęciu Thomasa S. Kuhna*, „Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia, Sec. I Philosophia-Sociologia” 8 (1983), s. 41-56.
- Jodkowski K., *Wspólnoty uczonych, paradygmaty i rewolucje naukowe*, w: *Realizm – racjonalność – relatywizm*, red. J. Pomorski i in., Lublin: Wydawnictwo UMCS 1990.
- Klonowski W., *Everything you wanted to ask about EEG but were afraid to get the right answer*, "Nonlinear Biomed Physics" 3 (2009), no.1, s. 2-5.
- Kuhn T., *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, Warszawa: PIW 1985.
- Lichtman J.W., Sanes J.R., *Ome sweet ome: what can the genome tell us about the connectome?*, "Current Opinion in Neurobiology" 18 (2008), s. 346-353.
- Mavromatos N.E., *Quantum coherence in (brain) microtubules and efficient energy and information transport*, "Journal of Physics: Conference Series" 329 (2011).

- Mazerolle E., D'Arcy R., Beyea S., *Detecting functional magnetic resonance imaging activation in white matter: Interhemispheric transfer across the corpus callosum*, "BMC Neuroscience" 9 (2008), no. 1, s. 84.
- Newton I., *Opticks; or, A treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*, 3rd ed., London: William and John Innys 1721.
- Newton I., *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, Kraków: Copernicus Center Press 2011.
- Noginov M.A., Zhu G., Belgrave A.M. i in., *Demonstration of a spaser-based nanolaser*, "Nature" 460 (2009), s. 1110-1112.
- Novotny L., *From near-field optics to optical antennas*, "Physics Today" 2011.
- Novotny L., Hulst N. Van, *Antennas for light*, "Nature Photonics" 5 (2011), s. 83-90.
- Nowiński C., *Bioelektronika i filozofia*, „Studia Filozoficzne” 1978, s. 103-110.
- Pies R., *The anatomy of sorrow: a spiritual, phenomenological, and neurological perspective*, "Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine" 3 (2008), s. 17.
- Planck M., *Eight lectures on theoretical physics, delivered at Columbia University in 1909*, New York: Columbia University Press 1915.
- Ramabrahmam V., *Nano-time intervals in bio-systems – their relevance to nano-bio-science and nano-bio-technology. Paper presented at the 2nd National seminar on New Materials Research and Nanotechnology (NSNMRN 2013)*, Stone House Hill, Ooty-643 002, the Nilagiris District, Tamilnadu, India 2013.
- Riccardi L.M., Umezawa H., *Brain and physics of many-body problems*, "Kybernetics" 4 (1967), s. 44-48.
- Sedlak W., *Podstawy ewolucji świadomości*, „Kosmos A” 17 (1968), s. 161-169 [przedruk w: W. Sedlak, *Bioelektronika*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1979, s. 344-356].
- Sedlak W., *Biofizyczne podstawy świadomości*, „Roczniki Filozoficzne” 17 (1969), s. 125-155 [przedruk w: W. Sedlak, *Inną drogą*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1988, s. 203-234].
- Sedlak W., *Wstęp do elektromagnetycznej teorii życia*, „Roczniki Filozoficzne” 18 (1970), s. 101-126 [przedruk w: W. Sedlak, *Bioelektronika*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1979, s. 113-141].
- Sedlak W., *Joga w świetle współczesnej biofizyki*, „Zeszyty Naukowe KUL” 15, s. 43-52 [przedruk w: W. Sedlak, *Bioelektronika*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1979, s. 396-410].
- Sedlak W., *Wpływ świadomości na somę człowieka w bioelektronicznym kontekście*, „Wychowanie Fizyczne i Sport” 17 (1973), s. 69-77.
- Sedlak W., *Możliwości holograficznego zapisu pamięci w układach biologicznych*, „Summarium – Sprawozdania TN KUL” 1974, s. 201-204 [przedruk w: W. Sedlak, *Bioelektronika*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1979, s. 411-417].
- Sedlak W., *Natura ludzkiej świadomości w świetle bioelektroniki*, „Roczniki Filozoficzne” 31 (1983), s. 83-91 [przedruk w: W. Sedlak, *Inną drogą*, Warszawa: Instytut Wydawniczy PAX 1988, s. 234-243].
- Smith C.U.M., Frixione E., Finger S., Clower W., *The Animal Spirit Doctrine and the Origins of Neurophysiology*, Oxford: Oxford University Press 2012.
- Stockman M., *Nanoplasmonics: The physics behind the applications*, "Physics Today" 2011, s. 39-44.
- Stockman M.I., *Spasers explained*, "Nature Photonics" 2 (2008), s. 327-329.
- Stockman M.I., *Spaser as nanoscale quantum generator and ultrafast amplifier*, "Journal of Optics" 12 (2010), 024004.

- Su C-Y., Menuz K., Reisert J., Carlson J.R., *Non-synaptic inhibition between grouped neurons in an olfactory circuit*, "Nature" 492 (2012), s. 66-71.
- Von Staden H., *Herophilus. The art of medicine in early Alexandria: Edition, translation, and essays*, Cambridge: Cambridge University Press 1989.
- Wallace W., *The vibrating nerve impulse in Newton, Willis and Gassendi: First steps in a mechanical theory of communication*, "Brain and Cognition" 51 (2003), s. 66-94.
- Wnuk M., *Istota procesów życiowych w świetle koncepcji elektromagnetycznej natury życia. Bioelektromagnetyczny model katalizy enzymatycznej wobec problematyki biosystemogenezy*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 1996.
- Wolicki K., *Nauka i duchy* (2), „Odra” 14 (1974), s. 92-98.
- Willis T., *Cerebri anatome*, 1664,
- Zon J., *Plazma elektronowa w błonach biologicznych*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 1986.
- Zon J., *Starostoicka doktryna pneумы a koncepcja bioplazmy. I. Własności pneумы i plazmy fizycznej w świecie „nieożywionym”*, „Roczniki Filozoficzne” 42 (1994), s. 35-64.
- Zon J., *Doktryna pneумы a koncepcja bioplazmy. II. Własności i funkcje pneумы i plazmy fizycznej w świecie ożywionym*, „Roczniki Filozoficzne” 43 (1995), 99-125.
- Zon, J., *Zarzuty pseudonaukowości wobec Włodzimierza Sedlaka koncepcji bioplazmy*, „Roczniki Filozoficzne” 46 (1998), z. 3, s. 211-240.
- Zon J., *Bioplazma i plazma fizyczna w układach żywych. Studium przyrodnicze i filozoficzne*, Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL 2000.
- Zon J., *Jak można i dla jakich powodów warto uwspółcześnić stoicką koncepcję duszy jako ognia twórczego?*, w: *IV Konferencja z cyklu: „Nauka na przełomie dziejów: Nauka w poszukiwaniu duszy ludzkiej”*, Szczecin 2001.
- Zon J., *Physical plasma switchability in the brain*, "Electromagnetic Biology and Medicine" 24 (2005), s. 273-282.
- Zon J.R., *The living cell as a plasma physical system*, "Physiological Chemistry and Physics" 12 (1980), s. 357-364.

**Nanoneuroplasmonics: Toward a modernization
of the vibrationst paradigm of the states of the brain
and mechanisms of its function**

Abstract

As was earlier suggested (2005), in the brain may occur sets of mobile charge carriers which may undergo phase transitions between the plasma state (classical or quantum) and the state in which they interact individually. This article, referring to prof. Włodzimierz Sedlak's remarks on the brain and consciousness, presents an extension the above mentioned hypothesis. The brain is considered a vast collection of nanometer-size units (from few to several tens of them) which, as a result of the changes of the properties of the atomic lattice, the concentra-

tion mobile charge carriers and their temperature, undergo the above mentioned transitions. In the result various dynamical sets of these units may be created. The sets of those of them that in a given moment are in the plasma state are called dynamic plasma constellations of the brain. As the heuristic means, the results of nanoplasmonics (belonging to the area of the biology inspired by physics and technology) have been used here.

If the plasmons and these constellations are the real dynamical constituents of the brain, a broad perspective may be opened, e. g. in the attempts at elucidation of the mechanisms of the function of the brain various types of oscillator interactions between separate nano-units of plasma may be taken into consideration.

In the plan of the philosophical reflexion on the progress of the knowledge of the brain, an outline of the evolution of the paradigms of the structure and function of the brain was presented. Its beginning phase (in substantial measure philosophical) marks the Stoic concept of the rational, active and continuous substrate (pneuma). Next the pneumato-hydraulic and vibrationist concepts (of the XVII and XVIIIth centuries), electrical and electrochemical (of the XIXth and XXth centuries) are mentioned, and – finally – the connectomic one (end of the XX and beginning of XXI centuries). All of them originated and developed in the context of the progress made in other sciences, as: anatomy, histology, cytology, biochemistry, computer sciences, etc.). The concept proposed by R. Descartes and the contemporary computer-assisted study of the brain are exemplary cases of such inspiring influence. Another features of this paradigmatic evolution are: paying attention to the still smaller units of the organization of the brain, elucidation of growing complexity of connections and dependencies between the various levels of structural and functional organization of that organ. The approach presented here is essentially related to the physics of the solid state, nanosciences and nanotechnologies. The smallest units underlying the brain's functions considered here are the electrons and holes. The interplay between them is supposed to give rise - at least – to some higher-order functions that supervene on them.

Słowa kluczowe: nanoneuroplazmonika, wibracjonizm, plazmonika, mózg, przemiany fazowe, plazmon, konstelacje plazmowe, paradygmat, heurystyka, Sedlak Włodzimierz, bioelektronika, mechanizmy

Key words: nanoneuroplasmonics, vibrationism, plasmonics, brain, phase transitions, plasmon, plasma constellations, paradigm, heuristics, Sedlak Włodzimierz, bioelectronics, mechanisms