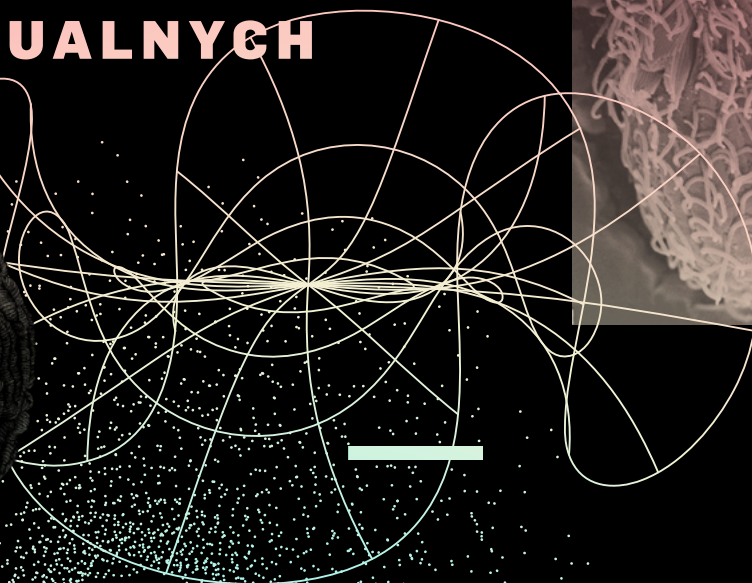
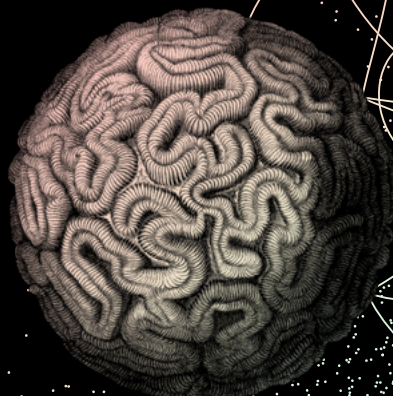
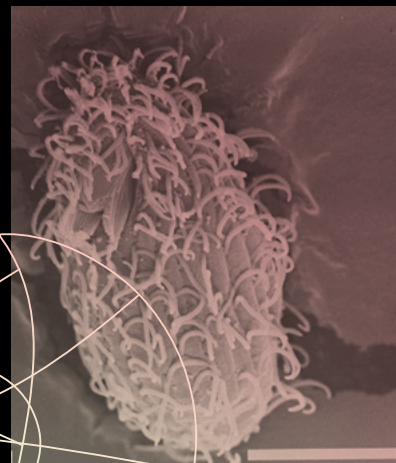
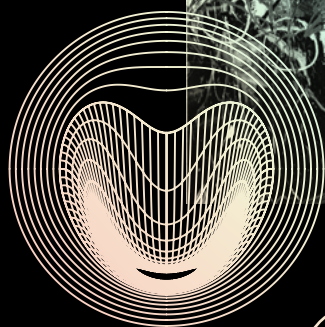
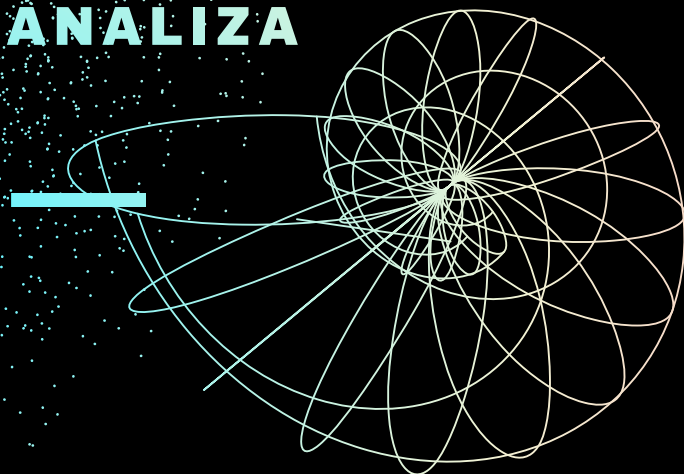
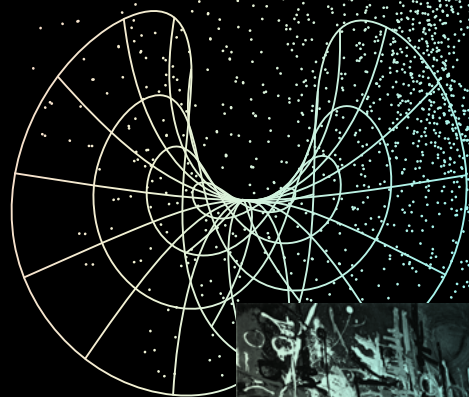


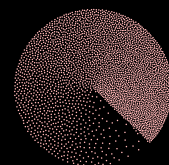
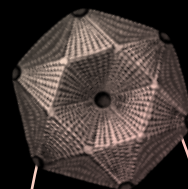
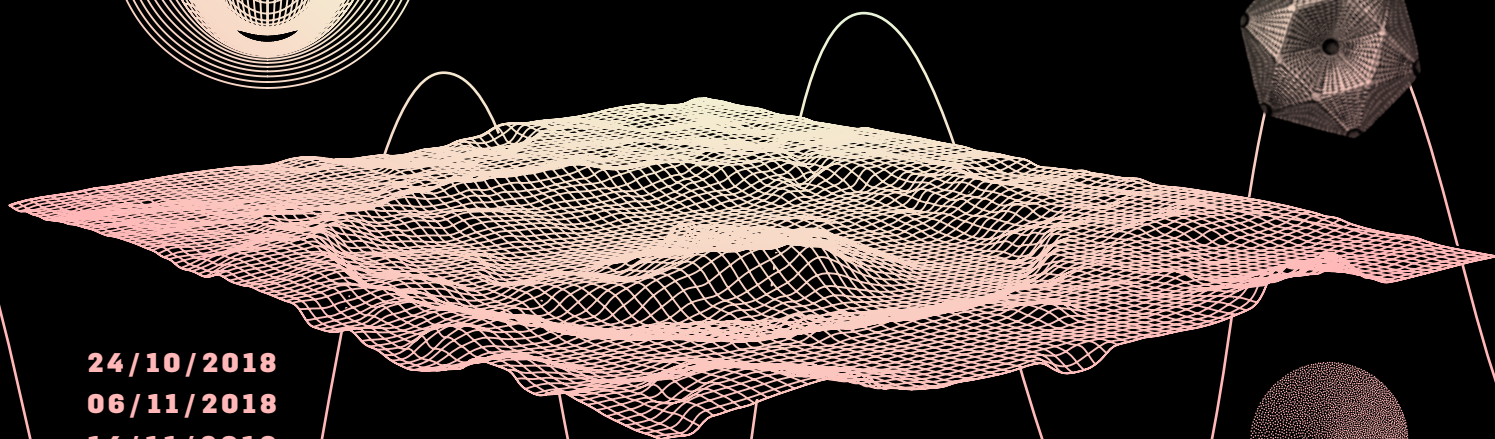
WPLYW WSPÓŁCZESNEJ NAUKI NA ROZWÓJ SZTUK WIZUALNYCH



ANALIZA



**MOŻLIWOŚCI
ABSTRAKCYJNEGO
OBRAZU**



24/10/2018
06/11/2018
14/11/2018
21/11/2018



SPIS TREŚCI

MONIKA MURAWSKA [2]
Wstęp

KAROLINA ŻYNIWICZ [6]
Nie sztuka i nie nauka.
Art&science jako strategia liminalna
(strategia bycia „pomiędzy”)

STACH SZABŁOWSKI [16]
Naukowe dowody na istnienie sztuki

ADAM SZEWCZYK [32]
Obrazowanie biologiczne:
inspiracje niewidzialnym światem?

ŁUKASZ TURSKI [52]
Nauka i sztuka:
wzajemna miłość do geometrii

PIOTR PŁOSZAJSKI [69]
Sztuczna inteligencja czy narodziny
nowej cywilizacji twórców?

Wstęp

MONIKA MURAWSKA

Niniejsza publikacja zatytułowana nieco ogólnie *Wpływ współczesnej nauki na rozwój sztuk wizualnych – analiza – możliwości abstrakcyjnego obrazu* jest wynikiem działań związanych z zadaniem badawczym prowadzonym pod kierunkiem Anny Panek na Wydziale Sztuki Mediów Akademii Sztuk Pięknych w Warszawie – zadaniem, które miało na celu przemyślenie złożonego i intrygującego, zwłaszcza w erze postcyfrowej, w jakiej się obecnie znajdujemy, związku między sztuką a nauką. Publikacja ta jest także wynikiem niezwykle owocnej współpracy wykładowców Wydziału Sztuki Mediów (Witolda Krassowskiego i Moniki Murawskiej) i znakomitych specjalistów z różnych dziedzin z innych jednostek badawczych. Postanowiliśmy bowiem zadać to często ostatnio stawiane pytanie o relację między sztuką a nauką, wybranym przez nas badaczom i pozwolić im przedstawić wybrany problem z własnego punktu widzenia, nie pretendując jednak do wyczerpania tematu i sprawdzając, jak przedstawiciele różnych dziedzin od biologii doświadczalnej po bio art, spróbują się z nim uporać. Chodziło nam o próbę skonfrontowania się ze współczesnością, która narzuca cywilizacyjne zmiany i związana jest z zawrotnym rozwojem nowych technologii oraz nauk ścisłych, cyfryzacją i robotyzacją. Chodziło nam także o odpowiedź na ważne dla nas pytanie o kształt sztuki dzisiaj i kierunki, w których zmierza, o jej nieuniknione uwikłanie w struktury społeczne i przemiany cywilizacyjne. Integralną częścią projektu były wykłady zaproszonych gości, które odbyły się na Wydziale Sztuki Mediów i zostały następnie spisane.

Pytania, które zadaliśmy dotyczą tego w jaki sposób sztuki wizualne współgrają z nauką, a nawet od niej zależą. Naukę rozumiemy tu bardzo szeroko, jako swoistą metodę badawczą, właściwą zarówno naukom humanistycznym, jak i ścisłym. Oczywiście już Wilhelm Dilthey pisał o oddzieleniu od siebie tych dwóch światów. Nauki przyrodnicze dążą według niego do poznania zjawisk, a nauki humanistyczne do ich rozumienia,

czyli przeżywania. Jak pisze Dilthey: „Metoda nauk humanistycznych polega na rozumieniu i tłumaczeniu (*deuten*). Łączą się tu wszystkie jej funkcje. Zawarte są tu wszystkie prawdy nauk humanistycznych. Rozumienie w każdym swoim momencie odkrywa pewien świat” [1]. Dlatego metodologia obu nauk musi być inna, co nie znaczy jednak, że nie mogą one na siebie wpływać. Sztuka wchodzi w relacje zarówno z naukami humanistycznymi, jak i ścisłymi. Humanisci badają jej związki z polem społecznym, tworząc pojęcia, takie jak estetyka relacyjna czy sztuka partycypacyjna, komentują i interpretują, natomiast nauki ścisłe często dostarczają jej nowych narzędzi, ale także przedmiotów zainteresowania.

1 W. Dilthey, *Rozumienie w: Klasyczne teorie socjologiczne. Wybór tekstów*, red. P. Śpiewak, PWN, Warszawa 2006, s. 97.

Ostatecznie zaproszeni przez nas do współpracy goście skoncentrowali się głównie na sztuce i naukach ścisłych. Dotyczy to nie tylko zaproszonych przez nas znakomitych profesorów i przedstawicieli nauk ścisłych: Adama Szewczyka, Łukasza Turskiego oraz Piotra Płoszajskiego, ale też krytyka sztuki – Stacha Szałowskiego, a także artystki i teoretyczki sztuki – Karoliny Żyniewicz.

Warto podkreślić, że już francuski filozof Maurice Merleau-Ponty, pisząc o malarstwie Paula Cézanne’a, podkreślał związek sztuki z nauką. Między poznaniem naukowym a sztuką, która zanurzona jest, zdaniem filozofa, w widzenie metafizyczne, w odczuwanie Bytu, nie może być wrogości i rywalizacji, ale współtętnienie. Podobnie rzecz ma się, jak uważa Merleau-Ponty, z filozofią. Nauka bez filozofii nie wiedziałaby o czym mówi, a filozofia bez metodycznego badania odkrywanych także przez naukę zjawisk docierałaby tylko do ustaleń formalnych [2], chaotycznych. Co więcej, nauka i sztuka zawsze były ze sobą powiązane, bowiem rozwój społeczeństw wpływał na kształt samej sztuki, czego sztandarowym przykładem jest zawsze wymieniany w tym kontekście Leonardo da Vinci. W jaki sposób jednak postanowiliśmy podejść do tematu relacji między sztuką a nauką? I który z wymienionych tu dwóch członów uznaliśmy za ważniejszy? Czy mówiliśmy o relacji sztuki z nauką czy nauki ze sztuką?

2 J. Migasiński, *Metafizyka i malarstwo w: Sztuka i filozofia*, tom. 7, 1993, s. 56.

Zacznijmy od tego, że udało nam się zaprezentować szeroki zakres tematów i każdy z gości położył nacisk na wybrany przez siebie człon relacji sztuka-nauka. Karolina Żyniewicz omówiła swoje podejście i wyniki

pracy badawczej na temat zjawiska, jakim jest art&science, ujmując ten fenomen jako liminalny, graniczny, wymykający się standardowym podziałom i ustaleniom. Znakomicie opisała problemy, z jakimi boryka się artysta pracujący w laboratorium, próbując nie utracić swojej tożsamości, ucząc się bycia naukowcem. Jak bowiem pozostać artystą, a jednocześnie zbliżyć się do metodologii, jaką posługują się naukowcy? W jaki sposób zaprezentować wyniki swojej długofalowej pracy, by ujawnić w nich także sam proces powstawania prac, zaangażowanie, specyfikę pracy z mikroskopem i próbkami? Jest to o tyle ciekawe, że do zjawiska, jakim jest Art and Science odwołuje się też w swoim tekście Adam Szewczyk, ujmując je jednak nieco inaczej i prezentując wyniki własnych badań (biologicznych) oraz projektów (z artystami), które są niezwykłym owocem współpracy artystów plastyków z pracownikami Instytutu Nenckiego PAN. Obrazy dostępne dzięki rozwiniętej technologii i mikroskopom elektronowym zaprezentowane zostały artystom, co pozwoliło im stworzyć własne prace, zawierające w sobie fragment mikrokosmosu; prace mimetyczne i abstrakcyjne jednocześnie. Warto podkreślić, że różnicę w podejściu do wybranego zagadnienia uwypukla odmienna pisownia, jaką posłużyli się, z jednej strony Karolina Żyniewicz – art&science, a z drugiej, Adam Szewczyk – Art and Science. Żyniewicz podkreślała powiązanie dwóch terminów, natomiast Szewczyk uwypuklił, być może mimowolnie, ich rozłączność.

Stach Szabłowski wprowadził nas w nieco inny świat, wskazując punkty wspólne między artystą a naukowcem. Idąc pod prąd ustaleń Diltheya, ujawnił w jaki sposób zmysłowo niedostępny świat nauki bliski jest awangardowym twórcom abstrakcji, wskazując na nieliniowy charakter związków, jakie łączą ze sobą sztukę i naukę.

Z kolei Łukasz Turski, z perspektywy fizyka, zaprezentował niezwykle fenomen przenikania się wiedzy wynikającej z odkryć naukowych, gdzie geometrie nieeuklidesowe okazują się wpływać na wyobraźnię twórców wszystkich dziedzin sztuki po dziś dzień. Wychodząc od logiki parakonsystentnej, która dopuszcza istnienie sprzeczności po odkrycia nowych materiałów i wizualizacje parkietażu Penrose'a, sztuka czerpie garściami z obszarów odstanianych przez naukowców.

Piotr Płoszajski zarysował natomiast niezwykle i fascynującą wizję nie tyle przyszłości, co teraźniejszości, w której sieci neuronowe czynią z człowieka interfejs – pośrednika między maszynami; zaprezentował świat, w którym obrazy malarskie sprzedawane na renomowanych aukcjach sztuki tworzone są przez algorytmy. W działaniach tego typu nie chodzi już jednak, jak chciał tego jeszcze Nicolas Schöffer, o zastąpienie wytwarzania dzieł wytwarzaniem samego tworzenia i o używanie nowych technologii w pracach artystów, czemu poświęcona była wystawa *Artists and Robots*, którą można było obejrzeć od 5 kwietnia do 9 lipca 2018 w Grand Palais w Paryżu [3]. Tam artyści programowali maszyny wytwarzające dzieła. Nie chodzi tu już nawet o „obrazy na wolności”, o których pisze Ryszard Kluszczyński, przybliżając problemy estetyki wirtualności oraz wykorzystania biotechnologii w sztuce [4].

Chodzi o miejsce, jakie zajmuje dziś w świecie artysta. O pytanie: czy rynek, kultura masowa i nowe technologie są jego sprzymierzeńcem czy też stają się jego wrogiem? Sztuka zanurzona jest bowiem w świecie, który nauka przekształca prawdopodobnie szybciej niż kiedykolwiek, pchając go w trudnym do określenia kierunku. To najważniejsze być może pytanie, z którym musimy się zmierzyć, bowiem od odpowiedzi na nie zależy droga, jaką dalej podążymy, a więc wybory, jakich dokonamy. Nie tylko my-artyści, ale my-ludzie. Niezależnie jednak od tego, jaka będzie odpowiedź, droga okaże się prawdopodobnie fascynująca. Bowiem taka jest nasza przyszłość. Dobrze byłoby jednak pamiętać, jak pisał już dawno temu Jean-François Lyotard, że „w naukowo-technicznym świecie jesteśmy jak Guliwerowie, raz zbyt duzi, innym razem za mali, ale nigdy na skalę właściwą” [5]. Chodzi więc ostatecznie o to, by w świecie rozwijających się technologii znaleźć (i być na) właściwą skalę.

3 *Artists and Robots*, red. L. B. Dorléac, J. Neutres, Grans Palais. Galeries nationales, Réunion des musées, Paris 2017.

4 R. W. Kluszczyński, *Światy możliwe – światy wirtualne – światy sztuki. Fragmenty teorii doświadczenia rzeczywistości wirtualnej* w: *Estetyka wirtualności*, red. M. Ostrowicki, Universitas, Kraków 2005.

5 J.-F. Lyotard, *Postmodernizm dla dzieci. Korespondencja 1982–1985*, tłum. J. Migański, Aletheia, Warszawa 1998, s. 106.

Nie sztuka i nie nauka. Art&science jako strategia liminalna (strategia bycia „pomiędzy”)

KAROLINA ŻYNIOWICZ

Artystka, absolwentka Wydziału Sztuk Wizualnych Akademii Sztuk Pięknych im. Wł. Strzebińskiego w Łodzi, badaczka, doktorantka Transdyscyplinarnych Studiów Doktoranckich „Natura-Kultura” na Wydziale Artes Liberales Uniwersytetu Warszawskiego. Realizując projekty artystyczne w laboratoriach biologicznych, prowadzi jednocześnie obserwacje etnograficzne, próbując usytuować swoje badania w kontekście nurtu Science and Technology Studies (STS) oraz poddać analizie społeczny wymiar art&science.

karolinazyniewicz.com

Na poziomie filozoficznym, jeśli owoce badań hybrydycznych nie są ściśle nauką, inżynierią lub sztuką, to trzeba zastanowić się nad epistemologicznym i ontologicznym ich statusem. Czym właściwie są? Jaką nową wiedzę wytwarzają lub umożliwiają? Jaka jest ich funkcja w świecie? [1]

Postanowiłam rozpocząć moją wypowiedź powyższym cytatem, gdyż stawia on dokładnie te pytania, które sama codziennie sobie stawiam, starając się uprawiać praktykę liminalną, jaką jest art&science, którą bardzo trudno jest opisać, ponieważ brak sprecyzowanego statusu jest jej cechą charakterystyczną. Właściwie nawet dla osoby praktykującej art&science, opisanie tego zjawiska nie jest proste. Niemniej podejmowanie prób autorefleksji wydaje mi się kluczowe, jak zresztą wielu osobom, które obrały intencjonalnie tę niejednoznaczną strategię poznawczą. Dokładnie jako strategię poznawczą będę się starała tutaj art&science opisać, odróżniając art&science od sztuki inspirowanej nauką.

W próbach opisania art&science nie bez znaczenia wydają mi się pewne drobne kwestie językowe, które mogą, i jak z moich doświadczeń wynika, znacznie wpływać na rozumienie tego zjawiska w Polsce. Angielskie określenie art&science traktuje się właściwie, jak jedno słowo, podczas gdy polskie tłumaczenie: sztuka i nauka, w dość wyraźny sposób, sugeruje jednak odrębność obu obszarów. Należy podkreślić, że nie chodzi jedynie o ich spotkanie, chodzi raczej o wypracowanie czegoś „pomiędzy”, z wykorzystaniem metodologii obu stron.

Transdyscyplinarność to nie jest proces, który przebiega automatycznie po połączeniu ludzi z różnych dziedzin. Wymaga on składnika, który można by nazwać „transcendencją”. [2]

Bezspornie art&science jest formą transdyscyplinarności i faktycznie wymaga zaistnienia pewnego nie do końca definiowalnego pierwiastka. W dalszej części tekstu będę wspominać o znaczeniu relacji, w których ta pochodząca z cytatu „transcendencja” w jakimś sensie ma znaczenie. Tutaj chciałabym jedynie wspomnieć o pewnym błędnym rozumieniu transdyscyplinarności (z którym spotkałam się między innymi w recenzji jednego z moich wniosków grantowych). Transdyscyplinarność nie wymaga, od osób ją praktykujących, bycia ekspertem w każdej z dziedzin, po

1 E. A. Shanken, *Artist in industry and the academy: Collaborative research, interdisciplinary scholarship, and the interpretation of hybrid forms*, w: *Artists – in – labs. Processes of inquiry*, Springer, Wien New York 2006, s. 13.

„POMIĘDZY” CZYLI GDZIE?

2 *The Routledge – companion to research in arts*, red. M. Biggs, H. Karlson, Routledge Taylor&Francis Group London and New York 2011.

którą sięgają. Wymaga ona jednak niewątpliwie nieustannego uczenia się i poszukiwania połączeń między elementami pozornie bardzo oddalonymi. To jest właśnie owo budowanie obszaru „pomiędzy”.

Na początku tego tekstu użyłam określenia „praktyka liminalna”. Od jakiegoś czasu liminalność jest dla mnie kluczem do wyjaśniania charakteru art&science. Nie wiem, czy jest ona rozwiązaniem najlepszym i ostatecznym, ale na ten moment nie znajduję lepszego. Liminalność wiąże się oczywiście z byciem w obszarze „pomiędzy”. Arnold van Gennep w swej teorii trójdzielnej struktury rytuału wspominał o istnieniu trzech istotnych etapów. Jest to oczywiście trudny moment wykroczenia poza to, co znane i bezpieczne w stronę tego, co nowe i kuszące, ale zarazem nierozpoznane i napawające obawą. Pierwszą fazą przejścia rytuału, w rozumieniu van Gennepa jest faza pre-liminalna. Jest to właśnie owo wyjście poza strefę komfortu, dotychczasowej grupy, czy środowiska. Jednostka lub grupa jednostek zmierza ku nowemu otoczeniu, sytuacji, która jest możliwa w tzw. fazie post-liminalnej, jednak pomiędzy owymi fazami, znajduje się faza liminalna – moment usytuowania między starym a nowym. Jest to trudny czas pozostawania bez określonego statusu. Jednak zdecydowanie krótszy w porównaniu z obiema krańcowymi fazami. Przejście rytuału może dotyczyć jednostki lub grupy. W tym drugim przypadku, między jednostkami wykształca się specyficzny rodzaj więzi, zwanej *communitas*. O tym, co ta więź oznacza w przypadku art&science, wspomnę nieco później. Tutaj chciałabym jedynie podkreślić, iż w moim mniemaniu, art&science jest intencjonalnym pozostawaniem w fazie liminalnej. Osoby praktykujące w tym obszarze nie porzucają całkowicie obszaru sztuki (najczęściej są po studiach artystycznych), ale też nie przechodzą całkowicie do obszaru nauki. Można by rzec, iż jest to intencjonalne pozostawanie w kryzysie, bez oczekiwania jego rozwiązania. Dlatego nie sytuowałabym art&science jako nowego ruchu w sztuce, chodzi tu bowiem o coś więcej niż tylko sztukę. Ten rodzaj praktyk musiał dla siebie wykształcić nowy rodzaj pola, gdyż w klasycznym polu sztuki (w ujęciu Bourdieu) nie ma szans się zmieścić.

ZADOMOWIENIE W LIMINALNOŚCI

3 P. Bourdieu, J. D. L. Wauquant, *Zaproszenie do socjologii refleksyjnej*, tłum. A. Sawisz, Oficyna Naukowa, Warszawa 2001.

Wspominałam już powyżej o znaczeniu relacji. W przypadku art&science, chodzi o wielopoziomowe relacje, z czynnikami zarówno ludzkimi, jak i nieludzkimi. Jednak zwłaszcza w odniesieniu do relacji międzyludzkich możemy mówić o znaczeniu wzajemnego szacunku i otwartości. Mimo iż nie jest tajemnicą, iż status społeczny nauki i sztuki jest nieco inny, bardzo wiele zależy od indywidualnego nastawienia wszystkich jednostek zaangażowanych w realizację projektów art&science. Prawdą jest jednak, że to raczej artyści zgłaszają się do naukowców proponując projekty, nie odwrotnie.

Naturalnie, każda dyscyplina naukowa ma aspekt kreatywny, ale popularyzacja interesów nauki nie może być zadaniem sztuki. Jeśli sztuka zostanie w ten sposób zinstrumentalizowana przez naukę, jej potencjał zostanie znacząco zredukowany, a nawet zniszczony. Sztuka nie może być jedynie ilustracją, a artyści nie mogą zgadzać się na postulat, by nią była. Sztuka musi mieć szansę istnieć osobno, ponieważ jej znaczenie powstaje w dialogu z publicznością, a jej ekspresja jest często niejednoznaczna. Konieczność utrzymania tej niejednoznaczności w dialogu pomiędzy sztuką a nauką sprawia, iż dialog ten jest bardzo wymagający. Może się on udać tylko wtedy, gdy wszyscy uczestnicy odłożą na chwilę swoje bezpośrednie interesy, ponieważ zarówno artyści, jak i naukowcy, mają nadzieję, że ich spotkanie przyniesie solidną i namacalną korzyść. „Korzystne rozczarowanie” nie jest koniecznie złym wynikiem. [4]

4 D. Landwehr, *Bacteria, Robots and Network w: Artists – in – labs. Networking in the Margins*, red. J. Scott, Springer, Wien New York 2011.

W powyższym cytacie zawartych jest kilka bardzo istotnych dla art&science kwestii. Po pierwsze nie jest to „laurka” wystawiana nauce, ilustrująca ją w nieco inny sposób niż robi to ona sama. Jest to trudne, gdyż często naukowcy, mniej lub bardziej tego od artystów oczekują. Wynika to, w znacznej mierze, z tego, iż reprezentują oni najczęściej bardzo powszechne rozumienie sztuki, oparte na przywiązaniu do określonej formy wizualnej. To, co jest istotne, w przypadku działań z pogranicza, to pokazanie, że nie ma żadnych powodów, by nie wykorzystać elementów wizualnych i języka komunikacji nauki w realizacji projektów artystycznych. Właściwie użycie określenia „projekt artystyczny” wydaje się tu być niezasadne. Oznaczałoby to bowiem przeniesienie elementów nauki w obszar sztuki, podczas gdy, podkreślę to jeszcze raz, chodzi o szukanie obszaru pomiędzy. Należy jednak podkreślić i mogę to potwierdzić

własnym doświadczeniem, iż znalezienie balansu jest bardzo trudne. W pierwszych miesiącach pracy w laboratoriach naukowych u wielu artystów (odsyłam tu do publikacji po programie rezydencjalnym *Artists – in – labs*) pojawia się swoista zazdrość wobec nauki, chęć stania się integralną częścią zespołu badawczego, uzupełnienia wiedzy. W tym czasie bardzo łatwo jest negocjować własne artystyczne zaplecze. Potrzeba czasu, by zrozumieć, jak korzystać z obu metodologii, do których ma się teraz dostęp: artystycznej i naukowej.

Jeśli chodzi o wspomnianą przez Dominika Lanwehra w cytowanym fragmencie, konieczność odłożenia innych czynności przez obie strony na rzecz realizacji wspólnego projektu, jest to chyba najtrudniejszy aspekt art&science. Naukowcy pracują we własnym rytmie, realizując granty czy stypendia. Kiedy pojawia się w ich otoczeniu artysta/ka, który proponuje projekt, najczęściej prosi on/ona o umożliwienie jego realizacji, wraz z pomocą merytoryczną. Zatem naukowcy, którzy godzą się na taką pomoc, godzą się właściwie na dodatkowy obowiązek. Po mojej prezentacji, dotyczącej między innymi tego problemu, na konferencji *Hybrid Labs* (Aalto University, Espoo, Finlandia 2018), usłyszałam od jednej z osób obecnych na sali: *It is obvious artists are bitches in laboratories!* (*To oczywiste, że artyści są „sukami” w laboratoriach*). W tych nie do końca eleganckich słowach osoba ta zwróciła uwagę na kluczowe kwestie. Co artyści realizujący projekty w laboratoriach mogą dać naukowcom w zamian za ich pomoc i najczęściej udostępnienie zaplecza materiałowego? Jest to bardzo znaczące pytanie, gdyż wykonanie projektu jest sukcesem raczej jedynie dla artysty. Mam tu na myśli możliwość prezentacji projektu oraz wpisania go sobie na listę osiągnięć. Naukowcy mają najczęściej jedynie jakąś osobistą satysfakcję poznawczą, ale jest ona mało namacalna. Bardzo trudno jest wymyśleć taki projekt, który dawałby naukowcom, zaangażowanym w jego realizację, możliwość opublikowania artykułu w ich branżowych czasopismach. Zatem nie da się nie zauważyć, że to raczej artyści decydują się na przejście do strefy „pomiędzy”, naukowcy pozostają zwykle „u siebie”.

Czym miałyby być owe „korzystne rozczarowanie”? To określenie, choć wygląda na oksymoron, jest bardzo użyteczne. Chodzi bowiem o nieoczekiwane rezultaty i otwartość na ich zaakceptowanie i wykorzystanie.

Tym, co łączy metodologie sztuki i nauki jest eksperyment. Budowanie sieci relacji w myśl realizacji projektu art&science jest próbą, która nie zawsze prowadzi do oczywistego sukcesu, ale zawsze pozwala wszystkim uczestnikom relacji nauczyć się czegoś nowego o sobie.

Wydawałoby się, że w stosunku do sztuki nie powinno się używać terminu metodologia, bo przeczy on jakby przyrodzonej sztuce wolności. Jednak każdy, kto odbył edukację na Akademii Sztuk Pięknych, byłby pewnie w stanie wymienić etapy przygotowania rzeźby, czy matrycy do grafiki warsztatowej. To są właśnie metody, którymi artysta będzie się mógł później dowolnie posługiwać w swojej pracy.

Większość rzeźbiarzy i malarzy stosuje metody, które należą do trzech kategorii: (1) asamblażu, (2) eliminacji, (3) konceptualizacji. Jednakże, bliższe przyjrzenie się metodologiom artystycznym pozwala zobaczyć pewną ich korelację z metodologiami naukowymi. Pierwsza kategoria, asamblażu, byłaby nazwana przez badaczy sztucznej inteligencji, podejściem „bottom-up”, ponieważ obejmuje ona proces akumulacji, analizowania zachowań, flokowania, kompilacji i wytwarzania. Drugi proces, eliminacji, redukcji (np. rzeźbienie), jest bardzo podobny do niektórych procesów w biotechnologii. Śledząc procedurę zbierania informacji, widzimy, iż obejmuje ona napięcie, podział, klasyfikację, kodyfikację i znakowanie. W ten sposób można również porównać proces pracy w zakresie badań nad nanotechnologią i proces edycji video. Trzecia metodologia sztuki jest konceptualna i zastanawia się nad procesem wyobrażania i idei, postulowaniem i supozycją, wrażaniem i wymysłem. Kiedy Max Planck twierdził, że naukowiec musi pracować, używając „w zasadzie artystycznej wyobraźni”, być może odnosił się do tych trzech metodologii sztuki. [5]

Powyższy cytat tłumaczyłby również, czemu dla większości artystów nie jest specjalnym problemem nauczenie się czynności laboratoryjnych. Właściwie wydawałoby się, że do pewnego etapu artyści i naukowcy działają dokładnie tak samo. Jest jakiś pomysł/projekt, szuka się możliwości jego realizacji, wykonuje kolejne kroki, by zebrać materiał do późniejszej obróbki. Jednak drogi obu stron na jakimś etapie się rozchodzą. Trudno właściwie uchwycić ten moment. Być może pomocnym wyjaśnieniem byłaby przynależność do dwóch różnych pól. Każde z tych

SIOSTRZANE METODOLOGIE

5 J. Scott, *Introduction w: Artists – in – labs. Processes of inquiry*, Springer, Wien NewYork 2006, s. 33.

pól ma własną charakterystykę i ciągłość. Dlatego zebrane dane liczbowe, czy schematy, co innego będą znaczyły w polu nauki i w polu sztuki. Stąd też pewnie wynika trudność z odbiorem art&science, należałoby wykształcić całkiem nowe pole, a to potrwa. Poza tym nie ma pewności, czy ten kulturowy eksperyment się powiedzie na tyle, by zasłużyć na strukturyzację.

Mick Wilson [6] w swojej pracy doktorskiej zauważył, iż rozpowszechnienie się rozumienia sztuki jako procesu badawczego miało związek ze zmianami w systemie edukacji (System Boloński) oraz wprowadzeniem trzeciego poziomu kształcenia wyższego na uczelniach artystycznych. Potrzebne stało się wtedy znalezienie sposobu na dopasowanie sztuki do wymogów akademickich. Nadal można spotkać się z wątpliwością, czy artyście potrzebny jest doktorat, jednak w momencie, kiedy angażuje on metodologie innych obszarów, jak humanistyka czy nauki ścisłe, wątpliwość ta traci jakby na znaczeniu. Art based research, który jest niejako zrośnięty z art&science, wymaga też wykorzystania innych środków wyrazu. Często takim środkiem są tekst/opis czy prezentacja konferencyjna. Nadal nie są to środki przekazu, których ludzie oczekują w galeriach. Często zdarzało mi się słyszeć na salach wystawienniczych narzekanie, że jest za dużo tekstu względem tego, co da się jedynie oglądać. Zatem nadal, po tym, jak świat sztuki zaakceptował sztukę konceptualną, czy też krytyczną, zdaniem wielu osób, sztuka powinna być do oglądania.

Ciekawy problem z odbiorem generuje jeden z odłamów art&science, czyli bioart (biological art). Ponieważ jest to sztuka wykorzystująca metodologie pracy laboratoryjnej oraz pracę z żywymi bytami, pojawiał się wielokrotnie problem prezentacji projektów poza laboratorium. *GFP Bunny* Edwardo Kaca nigdy nie był prezentowany sam w sobie, jedynie w formie dokumentacji, przygotowanie wystawy grupy SymbioticA wymaga faktycznego przeniesienia części aparatury laboratoryjnej do galerii, gdyż ich projekty dotyczą hodowli tkankowych. Nie muszę chyba dodawać, że jest to niekiedy karkołomne wyzwanie dla instytucji. Sama spotkałam się z problem niemożliwości zaprezentowania produktu finalnego mojego projektu *The Last Supper*, czyli alkoholu wyprodukowanego na drożdżach modyfikowanych moim genem. Projektów art&science

ŻYWA SZTUKA /
ART BASED
RESEARCH

6 M. Wilson, *Engaging performative contradiction: introducing the rhetorics of practice and method to artist researchers w: Practicing Art/Science, Experiments in an Emerging Field*, Routledge Taylor&Francis Group, London and New York 2019.

wyprodukowanych w laboratoriach naukowych dotyczą często te same regulacje, które dotyczą projektów naukowych. Zatem np. konieczne jest zdobycie zgody na pracę z organizmami transgenicznymi, a potem na ich wyprowadzenie poza laboratorium. Trudno byłoby wymagać stworzenia osobnych przepisów dotyczących jedynie art&science, choć niewątpliwie byłoby to interesujące. Czasami sztuka pozwala ominąć pewne obostrzenia, ale nie zawsze jest to możliwe. Może to wyglądać inaczej w różnych krajach. Jak zatem przygotować dotychczasowych widzów sztuki do odbioru projektów art&science, które nie wykraczają poza obszar nauki? Jakich używać translacji, by te projekty móc przynieść w warunki galeryjne? Czy w ogóle należałoby stosować takie zabiegi? Są to bardzo istotne pytania, na które odpowiedzi szukają przedstawiciele art&science niezależnie od wieku i zaawansowania w pracy.

Gdy artyści wkroczyli do laboratoriów naukowych, automatycznie zaczęli przekształcać i mediować obraz ścisłych i obiektywnych nauk. Ze swego rodzaju „szamańską nieostrością” przekształcili artefakty naukowe w empiryczne realia i interpretacje. Innymi słowy, zaprezentowali naukę w inny sposób. Jak zasugerował David Bohm, „reprezentacja” jest w rzeczywistości najodpowiedniejszym terminem dla tej transformacji, oznacza „zaprezentowanie na nowo”. W moim przekonaniu interdyscyplinarne dialogi wymagają nowego poziomu głębokiej refleksji i powinniśmy zaryzykować zadanie ważnych pytań, które wykraczają poza granice obiektywizmu naukowego. [7]

O ile nie zgodzę się w powyższym cytacie ze zdaniem o wykorzystaniu artefaktów, znaczenie artefaktów w nauce i sztuce zasługiwałoby na osobny tekst, o tyle podkreślenie znaczenia reprezentacji wydaje mi się bardzo istotne. Karen Knorr Cetina [8] opisując kultury epistemiczne, czyli kultury, w których wytwarzana i przechowywana jest wiedza, zwróciła uwagę na fakt, iż w laboratoriach nie pracuje się z rzeczami samymi w sobie, lecz i ich reprezentacjami, obrazami czy też dźwiękowymi śladami. Praktyka laboratoryjna powoduje oderwanie obiektów od ich naturalnego położenia i osadzenie w nowym polu zjawisk, definiowanym przez warunki społeczne [9]. Bruno Latour zwrócił z kolei uwagę na zmianę skali:

REPREZENTACJE REPREZANTACJI

7 R. Stettler, *Perception – Translation – Transformation* w: *Artists – in – labs. Processes of inquiry*, Springer, Wien New York 2006.

8 C. K. Knorr, *Epistemic cultures. How the sciences make knowledge*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London 1999, s. 27.

9 Ibidem

Naukowiec postuluje się modelami o zmodyfikowanej skali, a mnożąc błędy w swoim laboratorium, pozostaje w ukryciu przed kontrolującymi oczyma publiczności. Może próbować tyle razy, ile sobie życzy, i przedstawić swoje wyniki dopiero wtedy, gdy popełnił wszystkie niezbędne błędy, dzięki którym uzyskał „pewność”. [10]

Owa „pewność” jest tutaj znacząca, gdyż sygnalizuje rodzaj zbliżenia do prawdy. Chociaż obraz nauki jako drogi obiektywnego podążania ku prawdzie został już zdekonstruowany, jednak podobnie jak w przypadku sztuki współczesnej, ta dekonstrukcja nie przeniknęła do całości społeczeństwa w takim samym stopniu. Zatem jeśli nauka opiera się na reprezentacjach, a art&science ma być reprezentacją owych reprezentacji, mamy tu swoisty trzeci poziom złożoności. Może to wpływać na społeczne wartościowanie. Nauka wydaje się bliżej sedna sprawy.

Pod względem metodologii, odpowiedzialność każdego oddanego naukowca jest podobna do odpowiedzialności każdego zaangażowanego artysty. Obie dziedziny wymagają obsesyjnej fascynacji i komunikacji z odpowiednimi grupami, ale dostęp do społeczeństwa jest inną kwestią. [11]

W tekście tym, poza własnymi doświadczeniami wynikającymi z pracy w obszarze liminalnym, wykorzystałam też w znacznej mierze fragmenty obu części publikacji po programie *Artists – in – labs* pod redakcją Jill Scott, publikacji, która sama jest bytem liminalnym. Publikacja ta wydaje mi się niezwykle ważna, ponieważ jest próbą spojrzenia na art&science od strony socjologicznej oraz analizy zjawiska z punktu widzenia tych, którzy w nim realnie uczestniczą.

(...) raporty artystów zawarte w tej książce są częścią większej „narracyjnej etnografii” o tym, jak artyści spędzali czas w różnych laboratoriach. Nasza obserwacja, jako zespołu badawczego, wynikała z przyjęcia socjologicznego punktu widzenia. Próbowaliśmy obserwować scenę społeczną i w miarę możliwości staraliśmy się nie ingerować w sytuację. [12]

Na świecie istnieje aktualnie dość spora grupa osób działających w obszarze art&science, które można spotkać cyklicznie podczas konferencji, takich jak: *Taboo, Transgression, Transcendance in art&science,*

10 B. Latour, *Dajcie mi laboratorium a poruszę świat*, tłum. K. Arbiszewski; Ł. Afeltowicz „Teksty drugie” ½, 2009, s. 188.

11 J. Scott Jill, *Introduction*, op. cit., s. 34.

COMMUNITAS – WSPÓLNOTA BYTÓW

12 J. Scott, *Suggested Transdisciplinary Discourses for more Art_Sci Collaboration w: Artists – in – labs. Processes of inquiry*, Springer, Wien New York 2006, s. 6.

FEMeeting. Women in Art, Science and Technology, czy Hybrid Labs. Poza tym dość prężnie działają różne organizacje i kolektywy, jak *Bioartsociety* w Helsinkach, *Waag Society* w Amsterdamie, *Trust Me I Am An Artist* (międzynarodowo), nie wspominając o miejscu, które jest wręcz Mekką, czyli laboratorium *SymbioticA* w Perth w Australii. Dodatkowo jest kilka galerii, które mają duże znaczenie dla funkcjonowania art&science, jak *Art Laboratory Berlin*, *Kapelica Gallery* w Ljubljanie, czy *Art Kontejner* w Zagrzebiu. Najważniejszą zaś chyba na świecie wystawą art&science, połączoną z całym cyklem wydarzeń towarzyszących jest *Ars Electronica* organizowana co roku w austriackim Linz. Bardzo ważną rolę pełnią programy rezydencjalne, pozwalające nie tylko realizować projekty w bardzo różnym otoczeniu, ale też budujące dynamikę środowiska. Warto też wspomnieć o istnieniu czasopisma branżowego *Leonardo ISAST* (*Leonardo/The International Society for the Arts, Sciences and Technology*), które obejmuje również swym patronatem różnego typu wydarzenia. Wszystko to, co wymieniałam, pozwala budować rodzaj więzi pozwalających wytrwać w postawie liminalności. Zdecydowanie łatwiej wytrwać w byciu „pomiędzy”, mając świadomość, że nie jest się tam samemu.

Akceptujemy, że osoby takie jak Leonardo da Vinci, poprzez syntezę sztuki i nauki, doprowadziły do zmian w treści i metodologii przyszłej nauki i technologii (...) jesteśmy obecnie w nowym renesansie, gdzie takie przypadki zaczynają się powtarzać. [13]

NIC NOWEGO

13 R. F. Malina, *Leonardo*, 39, 1 2006, s. 180.

Biorąc pod uwagę dynamikę rozwoju technologii oraz wysuwający się na czoło wszystkich innych dyskurs o AI (sztucznej inteligencji), możemy uznać, że faktycznie współczesność to swoisty nowy renesans, z naciskiem na „nowy”, gdyż oparty na nowych wersjach wszystkiego. Nauka wydaje się radzić sobie całkiem dobrze, przynajmniej w mniemaniu jej samej, ale sztuka musi dla siebie poszukać miejsca w nowej rzeczywistości, być może musi ponownie wykroczyć poza siebie samą. Art&science niewątpliwie jest próbą takiego przekroczenia, które jest jednocześnie rodzajem wykroczenia, którego pole sztuki może nie wybaczyć. Jednak myślę, że warto ponosić ryzyko, nawet za cenę utraty statusu artysty, na rzecz znalezienia całkiem nowych kategorii.

Naukowe dowody na istnienie sztuki



STACH SZABŁOWSKI

Kurator, krytyk sztuki i publicysta. Absolwent Instytutu Historii Sztuki UW, przez wiele lat związany ze Centrum Sztuki Współczesnej Zamek Ujazdowski. Autor projektów kuratorskich i producent kilkadziesiątu wystaw i projektów artystycznych realizowanych w Polsce i za granicą. Redaktor wydawnictw o sztuce i autor licznych tekstów. Publikuje w katalogach wystaw, książkach o sztuce a także w periodykach specjalistycznych i prasie głównego nurtu. Współpracuje m.in. z Dwutygodnikiem.com, miesięcznikiem Zwierciadło, Magazynem Szum, Przekrojem i tygodnikiem Wprost.

Sztuka i nauka są tym samym – przynajmniej na najbardziej ogólnym poziomie, na którym obie dziedziny jawi się jako systemy organizacji i komunikowania ludzkiej wiedzy o świecie. Jednocześnie trudno byłoby upiera si, że sztuka i nauka zajmuj równorzędne pozycje we współczesnej globalnej kulturze Zachodu (i znacznej części świata, która przyjęła, lub której narzucono wytworzony w kręgu cywilizacji europejskiej model nowoczesności). Nauka jest obecnie najsilniejszym paradygmatem poznawczym społeczeństw, które przeszły przez próg nowoczesności. Jest także paradygmatem najbardziej sprawczym; w oparciu o wiedz naukową tworzy się technologie, które dosłownie, w sensie fizycznym, zmieniają świat; nauka jest źródłem realnej władzy. Kumulatywny charakter nowoczesnej wiedzy naukowej sprawia, że jej sprawczość rośnie w postępie geometrycznym.

A sztuka? Ona również uległa wielu przemianom od czasu, w którym na progu nowoczesności nauka zaczęła zdobywa dominującą pozycj jako dyskurs organizujący filozofij, etyk, wyobrani, a nawet czas i przestrzeń zmodernizowanych społeczeństw.

W jakim stopniu jednak przemiany artystyczne podzaj tym samym szlakiem, którym biegnie rozwój współczesnej nauki? Innymi słowami, czy współczesna sztuka i nauka nalez do tego samego poznawczego paradygmatu?

Nie ma prostej odpowiedzi na to pytanie; relacje sztuki i nauki nie dają się zamknc w metaforze dwoch stron tego samego medalu. Przypominają raczej rozległy pejzaż, w którym ścieżki obydwu dziedzin biegn równolegle, by czasem się skrzyowa, a kiedy indziej radykalnie si rozejc. Stan i sposób organizacji pozaartystycznej wiedzy o świecie wywiera na sztuk ogromny wlyw, ale jego świadectwami niekoniecznie musz być manifestacje artystyczne reprezentujące światopogląd naukowy czy praktyki twórcze uzgodnione na poziomie aksjologicznym z tym światopoglądem. Przyjrzyjmy się nieoczywistemu charakterowi relacji tych dwoch dziedzin na przykładzie dwoch epizodów z historii malarstwa abstrakcyjnego, poniekąd sztandarowego produktu sztuki modernistycznej, towarzyszącej nowoczesnemu, modelowanemu przez myślenie naukowe światu.

Na poczatek rzucmy okiem na pewien malarski performance. Jego autorem jest Georges Mathieu; spojrzmy na niego, kiedy 2 kwietnia 1959 roku, wychodzi na scene wiedeńskiego Fleischmarkt Theater [1]. U stop artysty rozposciera sie plотно, szerokie na sześć i wysokie na dwa i pół metra. Setki widzów w napięciu obserwują Mathieu, który tworzy na jego powierzchni obraz, pracuje w transie, odprawia malarski rytuał. W pewnym momencie asystenci pomagają mu podnieść leżący na scenie ogromny blejtram do pionu; artysta maluje dalej, jakby toczył bitwę. Jej rezultat, monumentalne dzieło, jedno z najważniejszych w dorobku francuskiego abstrakcjonisty, jest gotowe w niespełna godzinę. Mathieu nazwie tę pracę *Hommage au Connétable de Bourbon, auteur du sac de Rome* [2]. Na przekór elokwentnemu tytułowi obraz niczego nie przedstawia; w każdym razie artysta liczy na to, że udało mu się namalować dzieło całkowicie wolne od jakichkolwiek związków z rzeczywistością istniejącą poza kadrem obrazu.

1 Zapis filmowy malaeskiego performance'u Mathieu we Fleischmarkt Theater, został opublikowany przez archiwum artysty: [link](#) (dostęp: 25.11.2018).

2 Tytuł *Hommage au Connétable de Bourbon, auteur du sac de Rome*, odnosi się do epizodu z renesansowej historii – splądrowania Rzymu przez wojska francuskie w XVI wieku. Mathieu, zafascynowany historią, lubił nadawać swoim obrazom tytuły przywołujące spektakularne zdarzenia z przeszłości, zwłaszcza bitwy. Podkreślał jednak, że samych obrazów nie należy postrzegać jako ilustracji przywołanych epizodów historycznych.

3 Cyt. Za: Bernard Marcadé, *Pretentious? Moi?*, w: Tate Etc., nr. 18, London 2010.

Abstrakcja liryczna, tasyzm, informel, action painting – krytycy szukali różnych określeń dla malarstwa, które powstawało po obu stronach Atlantyku na przełomie lat 40. i 50. XX wieku. W Stanach nazwano je abstrakcyjnym ekspresjonizmem. Ikoną nurtu jest Jackson Pollock. W zbiorową świadomość głęboko wrył się obraz tego artysty, „dziecka Dzikiego Zachodu”, który niczym indiański szaman tańczy po rozciągniętych na podłodze płótnach, leje farby prosto z tub i puszek, sypie piach, tłuczone szkło, a nawet martwe pszczoły. Georges Mathieu podobne eksperymenty rozpoczął tuż po II wojnie światowej, wyprzedzając o kilka lat amerykańskiego gwiazdora nowej sztuki. [il. 1] W połowie lat 50. artyści z grupy Gutai, czołowej formacji japońskiej awangardy, wymieniali tych dwóch jednym tchem jako źródło swej inspiracji. „Cenimy wysoko prace Pollocka i Mathieu – pisali Japończycy w swym manifestie – Dzieła tych dwóch wyzwalaają krzyk samej materii!” [3].

Mathieu, z wykształcenia prawnik i anglista, był malarzem samoukiem. Nie potrzebował nauk Akademii; przeciwnie, w świetle dyskursu, który rozwijał wokół swojej sztuki, formalne wykształcenie mogło się jawić raczej jako przeszkoda, niż drogowskaz artystycznych poszukiwań. Ich przedmiotem była twórczość pomyślana jako zerwanie z tradycją artystyczną. Oczywiście nie była to pierwsza próba pomyślenia sztuki od



nowa, jaką podjęto w XX wieku. Dokonująca się w pierwszych dwóch dekadach tego stulecia rewolucja modernistyczna, polegała na przeorientowaniu sztuki z przeszłości w przyszłość. Koncept studiowania, kontynuowania i przewyższania historycznych modeli twórczości wypracowanych przez poprzedników (zwłaszcza tych odkrywanych w starożytnych zasobach świata klasycznego), był fundamentem artystycznego paradygmatu sztuki Zachodu epoki nowożytnej. U progu XX wieku powszechne stawało się odczucie, że ten legitymizowany historią, ale anachroniczny paradygmat jest coraz bardziej nieadekwatny wobec społecznych i technologicznych procesów oraz postępu naukowego – czynników transformujących rzeczywistość w tempie nieznanym wcześniej w historii kultury. Alegorią potrzeby stworzenia nowej sztuki do opisu nowego świata, jest futurystyczny postulat spalenia muzeów i przechowywanego w nich dziedzictwa przeszłości – spuścizny, która przestała być postrzegana jako zasób, z którego można czerpać przy fundowaniu nowych praktyk artystycznych, lecz raczej jako balast, utrudniający artystą wypłynięcie na powierzchnię cywilizacyjnej teraźniejszości [4]. Praktyczną formą realizacji pragnienia ustanowienia sztuki na nowo, był międzynarodowy ruch awangardowy. Artyści z pokolenia Mathieu w znacznym stopniu zrywali jednak również z tym polemicznym wobec tradycji dyskursem. Mowa tu o twórcach, którzy w połowie lat 40. zadają

▲ IL. 1

Georges Mathieu maluje na dachu domu handlowego Daimaru. Osaka, Japonia, 1937.

4 C. Baumgarth, *Futuryzm*, Warszawa 1978.

pytanie o sens i kształt sztuki, znajdując się w głębokim cieniu obozów śmierci, Holocaustu, niewystawionych zbrodni i barbarzyństwa II wojny światowej. Ten cień pada również na awangardę. W tle dyskursu artystycznego przelotu lat 40. i 50. czai się zwątpienie w kulturę zachodu, w postęp, nowoczesność, cywilizację, rozum – wartości i pojęcia, które w latach wojny stanęły na krawędzi kompromitacji.

U progu zimnej wojny emblematem postępu stał się grzyb atomowy nad Hiroshimą; rozszczepienie atomu, największe osiągnięcie nauki połowy XX wieku, niosło realną perspektywę zagłady ludzkości. Jeżeli cywilizacja nowoczesna ze swoją nauką, ale również postępową sztuką, zbankrutowała moralnie, należało zastąpić ją tym, co Michel Tapié, teoretyk, kurator i promotor nowych form artystycznych, nazywał *un art autre* – „sztuką inną” [5]. Pod tym szyldem mieściły się różne nurty w swej istocie antyartystycznych i antyestetycznych form nie geometrycznej abstrakcji, która bujnie rozwija się w latach 40. i 50.: tasyzm, informel, abstrakcja liryczna, malarstwo materii, arte povera. „Sztuka inna” miała przy tym być również *sztuką innych*. Tapié i zgadzający się z nim artyści, tacy jak Jean Dubuffet, postulowali dowartościowanie twórczości dzieci, umysłowo chorych, szaleńców, amatorów, autorów sztuki prymitywnej. Wtórowali im abstrakcyjni ekspresjoniści z drugiej strony Atlantyku, podkreślając, że abstrakcjonizm ekspresyjny – amerykańska formuła intuicyjnej, performatywnej, niegeometrycznej abstrakcji – więcej zawdzięcza sztuce rdzennych mieszkańców kontynentu, niż całej tradycji europejskiego malarstwa razem wziętej.

5 M. Tapié, *Un art autre où il s'agit de nouveaux dévidages du réel*, Paryż 1952.

Georges Mathieu od 1947 rozpoczął publikowanie manifestów i tekstów teoretycznych, w których formułował – w imieniu całej generacji – założenia swojej metody twórczej, współbrzmiejącej z równoległym rozwijanym dyskursem Tapié. Malarz wyróżnił cztery podstawowe parametry sztuki uwolnionej zarówno z tradycyjnych kanonów, jak i modernistycznych formuł stworzonych przed II wojną światową [6]. Po pierwsze postulował, aby malować obrazy możliwie jak najszybciej. Pracę należało zaczynać i kończyć w ciągu jednej sesji; szalone tempo miało ustrzec malarza przed zastanawianiem się nad obrazem i zapobiec wmiśzaniu się świadomości artysty w proces twórczy. Po drugie obraz miał być wolny o kształtów istniejących przed rozpoczęciem malowania, sztuka winna

6 G. Mathieu, *Au dela du Tachisme*, Paryż 1963.

być całkowicie wolna od jakichkolwiek referencji do pozaartystycznej rzeczywistości. Po trzecie, gesty artysty nie powinny być zaplanowane: malarstwo, jak podkreślał Mathieu, *nie jest* procesem poznawczym. Po czwarte wreszcie, artysta powinien pracować w ekstatycznym stanie umysłu, rodzaju transu. [il. 2]

Sens programu Mathieu można streścić jako projekt wykluczenia rozumu i świadomości z procesu twórczego. Obrazu – jako rezultatu tego procesu – nie da się w żaden sposób zrationalizować. Jest to rezultat na wskroś oryginalny i *par excellence* niepowtarzalny.

Trudno wyobrazić sobie wyraźniejszą antytezę nowoczesnego paradygmatu naukowego niż liryczna abstrakcja w ujęciu malarzy z lat 40. i 50., takich jak Mathieu. Jednym z fundamentalnych procesów nieodzownych, aby wiedza mogła zostać uznana według nowoczesnych kryteriów za naukową, jest replikacja – a więc możliwość powtórzenia każdego badania (procesu poznawczego) w celu jego krytycznej weryfikacji. Innym istotnym parametrem nauki jest intersubiektywizm produkowanej przez nią wiedzy. Nowoczesna nauka jest precyzyjnym systemem formułowania teorii, stawiania na ich bazie hipotez, a następnie eksperymentalnego sprawdzania ich prawdziwości. Zasadniczą rolę odgrywa w tej dziedzinie rozumowanie indukcyjne. Ten paradygmat, wsparty przez nowoczesne instytucje naukowe i kolektywną praktykę permanentnej krytyki i doskonalenia (a więc precyzowania, obiektywizowania i replikowania) wiedzy, zaowocował systemem bezkonkurencyjnym, jeżeli chodzi teoretyczną i praktyczną efektywność. Nauka posiada największą spośród sposobów, w jaki konceptualizujemy wiedzę moc eksplanacyjną (a więc nie tylko zdolność wyjaśniania co się dzieje, ale również w jaki sposób się dzieje i dlaczego). Z tą mocą idzie w parze inna – czyli wysoka moc prognostyczna: na bazie teorii naukowych, dokładniej niż w oparciu o inne sposoby organizacji wiedzy, możemy przewidzieć co się zdarzy. I wreszcie moc heurystyczna: wiedza naukowa to system zaprogramowany na tworzenie jeszcze większej ilości wiedzy; w tym systemie każda zweryfikowana hipoteza zmienia się w element teorii, na bazie której stawiać można nowe hipotezy. W rezultacie wiedza naukowa ma ekstremalnie kumulatywny charakter i bezprecedensową zdolność do wpływania – za pośrednictwem technologii – na fizyczną rzeczywistość.



◀ IL. 2

Georges Mathieu, *Bitwa pod Hakatą*, Tokyo 1957.

Patrząc na sztukę zachodnią powstającą przed rewolucją naukową nie trudno dostrzec, że generalnie mieści się ona w dominującym ówczesnie paradygmacie poznawczym. Aż do zarania nowoczesności znaczna część sztuki ma charakter religijny i reprezentuje obraz świata nakreślony uprzednio na bazie religijnych procedur poznania, a więc takich, które są mieszanką, w różnych proporcjach, wiedzy spekulatywnej i mistycznej. Z kolei przednowoczesny realizm, wsparty jest o tzw. wiedzę potoczną. W odróżnieniu od wiedzy spekulatywnej i mistycznej (których tezy przyjmowane są bez empirycznej weryfikacji), wiedza potoczna, podobnie jak naukowa, opiera się na obserwacji i ma intersubiektywny charakter. W przeciwieństwie do wiedzy naukowej, potoczna nie wspiera się jednak na bazie krytycznie potwierdzonych teorii. Owocem intersubiektywnej i opartej na obserwacji wiedzy potocznej jest więc na przykład przekonanie, że ziemia jest płaska, a słońce krąży dookoła niej. To przekonanie, zgodne z obserwacją każdego, kto chodzi po ziemi w blasku wędrującego po niebie słońca, skorygować można dopiero w oparciu o metodę naukową w nowoczesnym rozumieniu.



Jest rzeczą uderzającą jak zbliżone bywają do siebie wizerunki artysty i naukowca produkowane przez nowoczesną popkulturę. Spójrzmy chociażby na oblicze doktora Rotwanga z *Metropolis* Fritza Langa [il. 3 po prawej] i zestawmy je z imażem Salvadora Dali [il. 3 po lewej], który po II wojnie światowej wykreował się na popularna ikonę modernistycznego artysty. Ujrzymy te same ekscentryczne fryzury, przede wszystkim jednak uwagę zwracają podobne maniackie spojrzenia wytrzeszczonych oczu obydwu postaci. Taki wzrok jest emblematycznym symptomem szaleństwa; „szalony naukowiec” i „szalony artysta” to dwie archetypiczne postaci współczesnej kultury. W tej perspektywie obydwie figury wpisują się w jeden wspólny archetyp: postać szamana. Wielu współczesnych artystów, by wymienić Josepha Beuysa czy Pawła Althamera, odwołuje się do niej bezpośrednio. W tradycyjnej wspólnotce szaman jest tym, który dysponuje wiedzą o głębszej, prawdziwej (metafizycznej) istocie rzeczywistości i ma akces do wymiarów bytu niedostępnych dla reszty społeczności (np. do świata duchów, zmarłych, przodków). Wejście w posiadanie tej wiedzy wymaga specjalnych predyspozycji; szaman jest odmieńcem, szaleńcem, nie mieści się w społecznej normie. Artysty i naukowcy jako ci, którzy objaśniają swoim społecznościom świat, przekraczają w swoich dyskursach potoczną wiedzę i potoczne doświadczenie rzeczywistości, w porządku nowoczesnym rzeczywistości pełnią funkcję w pewnym stopniu analogiczną do tej, którą we wspólnotce

▲ IL. 3

Po prawej: Rotwanga z *Metropolis* Fritza Langa, po lewej: Salvador Dali.

pierwotnej odgrywał szaman. Podobieństwo stereotypowych figur „szalonego naukowca” i „szalonego artysty” jako jednostek nie mieszczących się w normie, podkreśla pokrewieństwo reprezentowanych przez te postaci dziedzin. Pytanie jednak, czy nie jest to podobieństwo zwodnicze – innymi słowy w jakim stopniu te figury, przy swoim zewnętrznym podobieństwie, należą do tego samego poznawczego paradygmatu?

Georges Mathieu, podobnie jak wielu reprezentantów „sztuki innej” świetnie wpisuje się w rolę szamana. Od połowy lat 50. artysta chętnie malował publicznie na scenach teatrów i przed telewizyjnymi kamerami, przy akompaniamencie muzyki eksperymentalnej. W zapisie tworzenia *Hommage au Connétable de Bourbon, auteur du sac de Rome* wydaje się pogrążony w transie: momentami nieruchomieje, wpatrując się w płótno, by za chwilę dosłownie rzucić się na nie z niezwykłą gwałtownością. Kuca, skacze, skrada się, jest szybki, maluje w gorączkowym tempie. Sam chętnie porównywał akt twórczy do rytuału, ucieleśnia popularne wyobrażenie o „artyście szalonym”. Jednocześnie jednak jest antytezą szalonego naukowca; jego koncepcja twórczości nie tyle nie mieści się w naukowym paradygmacie poznawczym, ile opiera się na założeniach przeciwstawnych naukowemu światopoglądowi. Abstrakcja liryczna, ze swoim antyracjonalizmem to skrajny, ale znamieny przykład rozchodzenia się nowoczesnej sztuki z nowoczesną *episteme*. Gdyby twórca bizantyjskich mozaik albo gotyckiego ołtarza na podobną skalę rozszedł się ze współczesnym mu, opartym na teologii, wyobrażeniem o świecie, zostałby zapewne uznany za heretyka.

Przypadek abstrakcji jest o tyle ciekawy, że w momencie swych narodzin i w pierwszych dekadach rozwoju, uchodziła ona za synonim artystycznej nowoczesności, najnowszy „wynalazek” sztuki, w którym można było wiedzieć odpowiednik aktualnych osiągnięć naukowych. W podobnym miejscu na osiach linearnego rozwoju sztuki abstrakcję umieszczała modernistyczna historiografia. W ewolucyjnej teorii sztuki tracą na znaczeniu niezmiennie idealistyczne hipostazy, takie na przykład jak abstrakcyjne piękno (nie jest ważne czy jego pochodzenie jest kosmiczne, boskie, czy też wywiedzione ze zmitologizowanej sztuki klasycznej). Punktem odniesienia staje się postęp, proces rozwoju, w którym każdy następny porządek formalny sztuki jest bardziej zaawansowany

od poprzedniego. Taka wizja procesów artystycznych, zainspirowana kumulatywnym i progresywnym charakterem wiedzy naukowej, dobrze „rymuje” się z nowoczesną *episteme*. W rzeczywistości jednak problem relacji sztuki i nauki wydaje się o wiele bardziej złoŹony, a obraz relacji tych dwóch dziedzin – bardziej niejednoznaczny. Ową niejednoznacznoŹ Źwietnie ilustruje nie tylko przypadek „lirycznej” czy „ekspresyjnej” abstrakcji, lecz rŹwnieŹ kwestia jej pionierskich form z pierwszych dwóch dekad XX wieku.

W roku 2012 Museum of Modern Art w Nowym Jorku zorganizowało głoŹnŹ wystawę *Inventing abstraction: 1910–1925*; projekt przedstawiajŹcy dzieje „wynajdowania” modernistycznej, zachodniej sztuki nieprzedstawiajŹcej. WŹród bohaterŹw tej historii zabrakło Hilmy af Klint, szwedzkiej malarki, ktŹra od swej Źmierci w latach czterdziestych XX wieku pozostawała w cieniu zapomnienia. Nie na dŹugo jednak. JuŹ rok pŹóźniej Moderna Museet w Sztokholmie otworzyło retrospektywę artystki, ktŹra okazała się najliczniej odwiedzana wystawŹ w caŹłej historii instytucji. Wraz z „odkryciem” af Klint trzeba byŹo dokonać rewizji dziejŹw nowoczesnej sztuki abstrakcyjnej, a takŹe skorygować przyjęte dotŹd w historii daty krystalizowania się tej inwencji, wskazane w tytule nowojorskiej wystawy. [il. 5]

W latach 1911–1913 z malarstwem caŹkowicie nieprzedstawiajŹcym zaać eksperymentować Wassily Kandinsky. W roku 1913 doŹaczył Kazimierz Malewicz ze swoim *Czarnym kwadratem*. Jeszcze pŹóźniej decydujŹcy krok w stronę abstrakcji wykonał Piet Mondrian, ktŹry w 1917 roku opublikował swój sŹynny esej *De Nieuwe Beelding in de schilderkunst*, tekst zaŹoŹycielski dla neoplastycyzmu [7]. Tym trzem tradycyjnie przypisywano „ojcostwo” abstrakcji jako jednej z kluczowych idei, na ktŹrych ufundowana jest nowoczesna sztuka. Tymczasem Hilma af Klint malowanie caŹkowicie abstrakcyjnych obrazŹw rozpoczęła w roku 1906, bezdyskusyjnie wyprzedzajŹc w ten sposŹb „wynaŹcŹw” abstrakcji. [il. 6, 7]

7 *The New Art – The New Life: The Collected Writings of Piet Mondrian*, red. Harry Holtzman i Martin S. James, Documents of 20th-Century Art.



◀ IL. 5
Hilma af Klint, 1907 r.

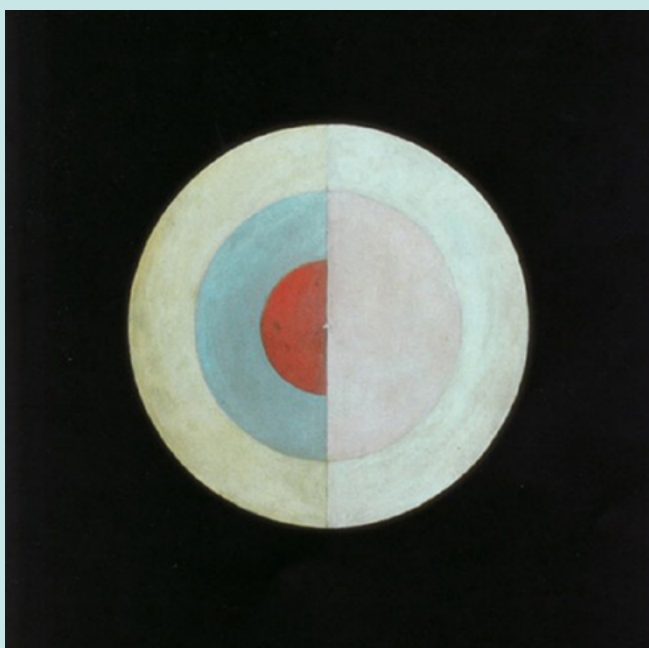
Czy oznacza to, że datę „wynalezienia” abstrakcji należy przesunąć i przypisać ją komu innemu? Koncept malarstwa abstrakcyjnego jako inwencji modernistycznych, europejskich artystów i artystek jest – oczywiście – problematyczny sam w sobie. Za przykład tej „problematyczności” niech posłużą polemiki z twórcami wspomnianej nowojorskiej wystawy *Inventing abstraction: 1910–1925* prowadzone na gruncie krytyki postkolonialnej. Przypisywanie modernistom „wynalazku” abstrakcji jest w tym świetle aktem kolonizacji pojęcia przez kulturę zachodnią, która ignoruje rozmaite formy sztuki abstrakcyjnej rozwijane od wieków poza Europą,

od Afryki, przez obydwie Ameryki, po Azję [8]. Wielu badaczy zwraca również uwagę na przedmodernistyczne dzieje abstrakcji na gruncie samej sztuki zachodniej – eksperymenty ze sztuką nieprzedstawiającą, które nie zostały włączone w narrację nowoczesności; w Polsce badania nad „abstrakcją przed abstrakcją” w niezwykle interesujący sposób zajmuje się chociażby Jakub Woynarowski [9]. W tej chwili zostawmy jednak rewizjonistyczną dyskusję, na ile „wynalezienie abstrakcji” na gruncie modernizmu początku XX wieku stanowiło wyważenie otwartych drzwi albo zawłaszczanie przez awangardę sposobu obrazowania, który pozostawał zawsze obecny w sztuce pojmowanej szerzej niż opisywane w ewolucyjnych, liniowych kategoriach zjawisko rozgrywające się w polu zinstytucjonalizowanej, profesjonalizowanej twórczości świata zachodniego. Z Hilną af Klint i jej tytułem do „opatentowania” abstrakcji niczym naukowego wynalazku jest inny problem. Pierwszeństwo, tak istotne w posługującym się pojęciem oryginalności jako kryterium wartościowania dyskursie modernistycznym, bez wątplenia należy do szwedzkiej artystki. Problem polega na tym, że ona sama utrzymywała, iż abstrakcyjny zwrot, którego dokonała około roku 1906, nastąpił z inspiracji duchów. Powstaje zatem pytanie, czy propozycja artystyczna sformułowana według samej autorki pod dyktando sił nadprzyrodzonych (a więc w sposób jawnie kłócący się z dominującym zarówno w czasach af Klint, jak i obecnie naukowym paradygmatem poznawczym), „liczy się” jako „prawdziwa” sztuka nowoczesna i może być zaliczona do głównego nurtu jej historii?

W 2013 roku, tym samym, który przyniósł przelomową wystawę af Klint w Moderna Museet, mieliśmy okazję oglądać jej prace w „Pałacu encyklopedycznym” – wystawie przewodniej 55. Biennale Sztuki w Wenecji. Jej kurator, Massimiliano Gioni, zgromadził w „Pałacu...” outsiderów i outsiderki, artystów i artystki, którzy z różnych powodów znaleźli się poza historią i teraźniejszością sztuki. Życiorysy twórców były tu co najmniej równie ciekawe, co ich artystyczne praktyki. Nie brakowało wśród nich osób na różne sposoby odbiegających od psychicznej normy, a także artystów, którzy oparli swoją twórczość na rozmaitych „nienormalnych” filozofiach i poznawczych paradygmatach. Wśród tych ostatnich ważne miejsce zajmowała ezoteryka, różnorodne formy nauk tajemnych, gnozy, słowem odmiany wiedzy spekulatywnej. Hilma af Klint bez wątplenia

8 Za przykład takiej krytyki modernistycznej, zachodniej historii abstrakcji niech posłuży tu artykuł G. Rogera Densona *Colonizing Abstraction: MoMA's Inventing Abstraction Show Denies Its Ancient Global Origins*, *The Huffingtonpost*, 2013, [link](#) (dostęp: 25.11.2018).

9 Patrz: Zofia Rojek. *Spiskowa historia awangardy. Rozmowa z Jakubem Woynarowskim*, *Obieg*, 2014, [link](#) (dostęp: 25.11.2018).



należy do tego obszaru. Jednocześnie jej dorobek trudno „wcisnąć” do końca i w całości w kategorię „outsider art”. Urodzona w 1862 roku af Klint nie była amatorką ani artystką naiwną. Ukończyła z wyróżnieniem Akademię Sztuk Pięknych w Sztokholmie i pełniła funkcję sekretarza stowarzyszenia szwedzkich artystek, była profesjonalną malarką, która z powodzeniem rozwijała może nie spektakularną ale stabilną karierę pejzażystki i portrecistki. Z równym zapałem pogłębiała swoje zainteresowanie ezoteryką i spirytyzmem. Uczestniczyła w szwedzkim odłamie międzynarodowego ruchu teozoficznego Heleny Bławatskiej. W 1908 roku poznała Rudolfa Steinera i odnalazła się w propagowanej przez austriackiego mistyka myśli antropozoficznej; w latach 20. XX wieku odwiedzała Goetheanum – świątynię antropozoficzną, którą Steiner wybudował w Szwajcarii. Uchodziła za utalentowane medium, od lat 80. uczestniczyła w tej roli w seansach spirytystycznych. Szczególnie istotne były seanse, które odbywała w ramach „Piątki” (de Fem), grupy spirytystycznej, którą tworzyła z czterema innymi artystkami dzielącymi jej determinację w zgłębianiu ezoteryki i wiedzy tajemnej. To właśnie podczas tych spotkań Hilma af Klint miała wejść w kontakt z istotą imieniem Amaliel i innymi „Wysokimi Mistrzami” (High Masters), którzy polecieli jej namalować serię obrazów „dla świątyni”, – choć artystka nigdy nie dowiedziała się gdzie i kiedy owa świątynia miałaby powstać. Zgodnie ze wskazówkami ezoterycznych istot, prace miały obrazować

▲ IL. 6
Hilma af Klint, 1915 r.

astralny wymiar i nieśmiertelne aspekty człowieczeństwa [10]. Artystka twierdziła, że nie tyle tworzyła te obrazy, ile służyła jako medium, za pośrednictwem którego były one tworzone. W 1915 roku więź z „Wysokimi Mistrzami” urwała się. Nie oznaczało to bynajmniej końca praktyki artystycznej Hilmy af Klint, ani jej poszukiwań w dziedzinie malarstwa nieprzedstawiającego. Niemniej jednak z chwilą ustania mistycznego kontaktu z „Wysokimi Mistrzami” jej opus magnum – liczące 193 pionierskich, geometrycznych abstrakcji cykl – było zamknięte.

Hilma af Klint zmarła w 1944 roku – tym samym, w którym na zapalenie płuc odszedł jeden z najbardziej wpływowych kodyfikatorów modernistycznej abstrakcji, Piet Mondrian. W odróżnieniu od *oeuvre* holenderskiego awangardzisty, jej dorobek pozostawał nieznan; co więcej, w testamencie artystka zadysponowała, aby kluczowych abstrakcyjnych inwencji z lat 1906–1916 nie upubliczniać przez dwadzieścia lat po jej śmierci. W latach 70. spadkobiercy artystki próbowali zainteresować spuścizną af Klint Moderna Museet, któremu zaoferowali „Obrazy dla świątyni” w darze. Instytucja odrzuciła wówczas tę propozycję; nieznaną artystka, w dodatku kobieta, i co gorsza, otwarcie przyznająca się do ezoterycznych inspiracji nie wpisywała się obowiązującą wówczas świadomość historyczną. W następnej dekadzie jej prace zostały pokazane na wystawie *The Spiritual in Art: Abstract Painting 1890–1985*, zorganizowanej w Los Angeles County Museum of Art [11]. Projekt dotyczył nie tyle przemilczanego, ile wyciszanego w historiografii duchowego aspektu modernizmu. Zainteresowanie naukami tajemnymi i występowanie w seansach spirytystycznych w roli medium nie budowało wiarygodności takiej malarki jak Hilma af Klint jako „prawdziwej” (i opierającej się na racjonalnych przesłankach) artystki nowoczesnej; w rezultacie na ostateczne wpisanie szwedzkiej pionierki do grona prekursorów abstrakcji trzeba było czekać aż do drugiej dekady XXI wieku, kiedy to rewizja oceny jej dorobku stała się możliwa w ramach zwrotu feministycznego w historii sztuki. Tak się jednak składa, że ezoteryczne inspiracje af Klint były nie tyle wyjątkowe, ile właśnie typowe dla twórców malarstwa abstrakcyjnego z pierwszych dwóch dekad XX wieku. Zarówno Kandinsky, jak i Malewicz również należeli w swoim czasie do kręgów teozoficznych, a Piet Mondrian zaliczał się do entuzjastów Steinerowskiej antropozofii. Malarze nie ukrywali ścisłej relacji swoich poszukiwań

10 Doskonały wgląd w ezoteryczną metodę twórczą artystki dają jej notatki zebrane w publikacji: Hilma af Klint: *Notes and Methods*, red. Christine Burgin, Chicago University Press, 2018.

11 M. Tuchman, *The Spiritual in Art: Abstract Painting 1890–1985*, Los Angeles 1986.

duchowych z koncepcjami sztuki abstrakcyjnej, która miała obrazować rzeczywistość na głębszym poziomie, niż jej widzialne pozory będące przedmiotem zainteresowania malarzy figuratywnych.

Nadużyciem byłoby postawienie tezy, że sztuka modernistyczna – towarzysząca i „obsługująca” wizualnie cywilizację nowoczesną zdominowaną przez naukowy paradygmat poznawczy i tworzone na jego bazie technologie – wywodzi się z paranaukowej (czy wręcz przeczącej metodzie naukowej) wiedzy spekulatywnej i inspiracji ezoterycznej. Z drugiej strony, trudno ignorować antyracjonalne i nie mieszczące się w światopoglądzie naukowym tropy obecne w różnych momentach artystycznych przełomów, utożsamianych z rozwojem sztuki. Narodziny abstrakcji, która w historii uchodzi za ekspresję modernizacji artystycznej formy, a także performatywny, intuicyjny zwrot w malarstwie nieprzedstawiającym po II wojnie światowej służą tu za dwa przykłady ilustrujące nie tyle brak związków sztuki z naukową *episteme*, ile wskazują na nielinio-wość, a nawet paradoksalny charakter, który związki te mogą przybierać. Moment narodzin abstrakcji jako nowoczesnej formy artystycznej wydaje się w tym kontekście szczególnie znamienity. Ezoteryczne fascynacje Hilmy af Klint, czy „ojców” abstrakcji, nie były niczym wyjątkowym ani nawet szczególnie ekstrawaganckim w generacji artystów i szerzej, ludzi kultury, działających w II połowie XIX wieku i pierwszych dekadach następnego stulecia. Zainteresowanie światem niewidzialnym (oraz obrazowanie go w formie abstrakcji) zbiega się w czasie w lawinę odkryć naukowych przynoszących wiedzę na temat „niewidzialnych” wymiarów świata fizycznego. W 1895 Wilhelm Roentgen odkrywa promienie X, w 1897 Guglielmo Marconi opatentowuje aparat do przesyłania i odbioru fal radiowych, w 1898 Joseph Thompson opisuje własności elektronu i tworzy matematyczny model atomu. Przykłady można mnożyć, wiedza naukowa wypełnia zbiorową wyobraźnię świadomością istnienia fal, oddziaływań i procesów przebiegających daleko poniżej (w skali mikro) lub powyżej (w skali makro) ludzkiej percepcji i potocznego doświadczenia. Ezoteryczna wiara w wymiary rzeczywistości, do których nie ma bezpośredniego zmysłowego dostępu była raczej specyficznym, spekulatywnym odbiciem obrazu rzeczywistości kreślonego przez naukę, niż reakcyjnym zaprzeczeniem tego obrazu. Ezoteryczna inwencja abstrakcji – podobnie zresztą jak *praxis* powojennych abstrakcjonistów,

skonstruowana tak, by z procesu twórczego wyłączyć racjonalne myślenie, możliwość tworzenia założeń oraz ich potwierdzania – to zaledwie epizody w niezwykle złożonych i różnorodnych relacjach sztuki i nauki. Nie wynika z nich reguła opisująca naturę tych relacji, ale epizody te dostarczają interesujących – bo dotycznych newralgicznych momentów w rozwoju nowoczesnego dyskursu artystycznego – wskazówek naprowadzających na obszary, w których może realizować się wzajemne oddziaływanie obu dziedzin. Terytoria te zaś są o wiele rozleglejsze niż bezpośrednio odbicie naukowego światopoglądu i wiedzy w sztukach wizualnych, które najbardziej efektywne są w obrazowaniu świadomości współczesnego człowieka poddanej ciśnieniu naukowej *episteme*.

Obrazowanie biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem?



ADAM SZEWCZYK

Polski naukowiec, profesor nauk biologicznych, pracownik naukowy i wieloletni dyrektor Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marczego Nenckiego PAN w Warszawie. W Instytucie Nenckiego kieruje Pracownią Wewnątrzkomórkowych Kanałów Jonowych. Aktualnie prowadzone badania dotyczą funkcji, właściwości biofizycznych i farmakologii mitochondrialnych kanałów potasowych.

W przedstawionej pracy zostały opisane trzy wątki dotyczące obrazowania w naukach biologicznych oraz ich wykorzystania jako inspiracji sztuk wizualnych. Przez obrazowanie biologiczne należy rozumieć zespół różnych technologii mikroskopowych wykorzystywanych w naukach biologicznych. Tytułowy „niewidzialny świat” to mikroskopowe obrazy systemów biologicznych niedostępne dla „nieuzbrojonego” oka.

WPROWADZENIE

Pierwsza część pracy przedstawi krótką historię obrazowania w naukach biologicznych. Kontekst historyczny pozwoli zrozumieć pogląd, że współczesne obrazowanie biologiczne jest czymś wyjątkowym i w ostatnich latach niebywale wpłynęło na rozumienie funkcjonowania organizmów żywych na różnym stopniu organizacji.

Druga część artykułu będzie opisem wybranych prac współcześnie wykonywanych w laboratoriach biologów z wykorzystaniem technik obrazowania. Opis ten, z racji hermetycznego języka, którym posługuje się współczesna biologia, będzie dość ogólny. To będzie trochę trudniejsza część pracy, ale może być ona interesująca dla czytelnika, ponieważ nie będzie ona raportem z literatury naukowej, ale zostaną przedstawione doświadczenia wykonywane obecnie w Instytucie Biologii Doświadczalnej PAN im. M. Nenckiego w Warszawie.

Trzecia część pracy będzie relacją z projektów typu Art & Science, które od roku są realizowane w Instytucie Nenckiego PAN wspólnie z wydziałami sztuki uczelni wyższych m.in. Wydziałem Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego. W przedstawionych projektach naukowo-artystycznych obrazowanie biologiczne pełni kluczową rolę. Dodatkowo opisane zostaną plany wspólnych działań biologów z Instytutu Nenckiego PAN z malarzami/grafikami w najbliższej przyszłości.

Od zawsze tworzenie obrazu, czy też oglądanie i analiza obrazu, były w biologii bardzo ważne dla prowadzonych badań naukowych. Nauki np. chemiczne, nie wymagają takiej dbałości o obraz, bo to, co w reakcji chemicznej jest najważniejsze zapisujemy np. symbolami literowymi, wzorami czy wykresami. Wykresy, których jest dużo w publikacjach chemików, trudno uznać za obrazy o wyrafinowanej estetyce. W naukach biologicznych wydaje się, że sytuacja jest zupełnie inna. Obraz jest nie

**KRÓTKA HISTORIA
OBRAZOWANIA
W NAUKACH
BIOLOGICZNYCH**

tylko interesującą i ładną ilustracją systemów biologicznych, ale może być analizowany zgodnie z zasadami warsztatu naukowego. A wykorzystanie technik mikroskopowych pozwala zobaczyć coś, co pozostaje niewidzialne dla „nieuzbrojonego” w wyrafinowaną aparaturę – oka.

Przedstawiony zostanie w niniejszej pracy opis sposobów obrazowania biologicznego, za które wręczono w 2014 roku Nagrodę Nobla. Wyróżniona została trójka badaczy: Eric Betzig z Howard Hughes Medical Institute, William E. Moerner z Uniwersytetu Stanforda oraz Stefan W. Hell z Instytutu Maxa Plancka w Getyndze. Komitet Noblowski napisał w uzasadnieniu przyznania nagrody: „Dzięki ich osiągnięciom mikroskop optyczny może zajrzeć w nanoświat. Mikroskopia stała się nanoskopią”. W pracy przedstawiona zostanie także technika obrazowania żywego mózgu pozwalająca obserwować jego funkcjonowanie [1]. Są to techniki, które stały się niezwykle popularne we współczesnej nauce, a jednocześnie są wykorzystywane w Instytucie Nenckiego PAN.

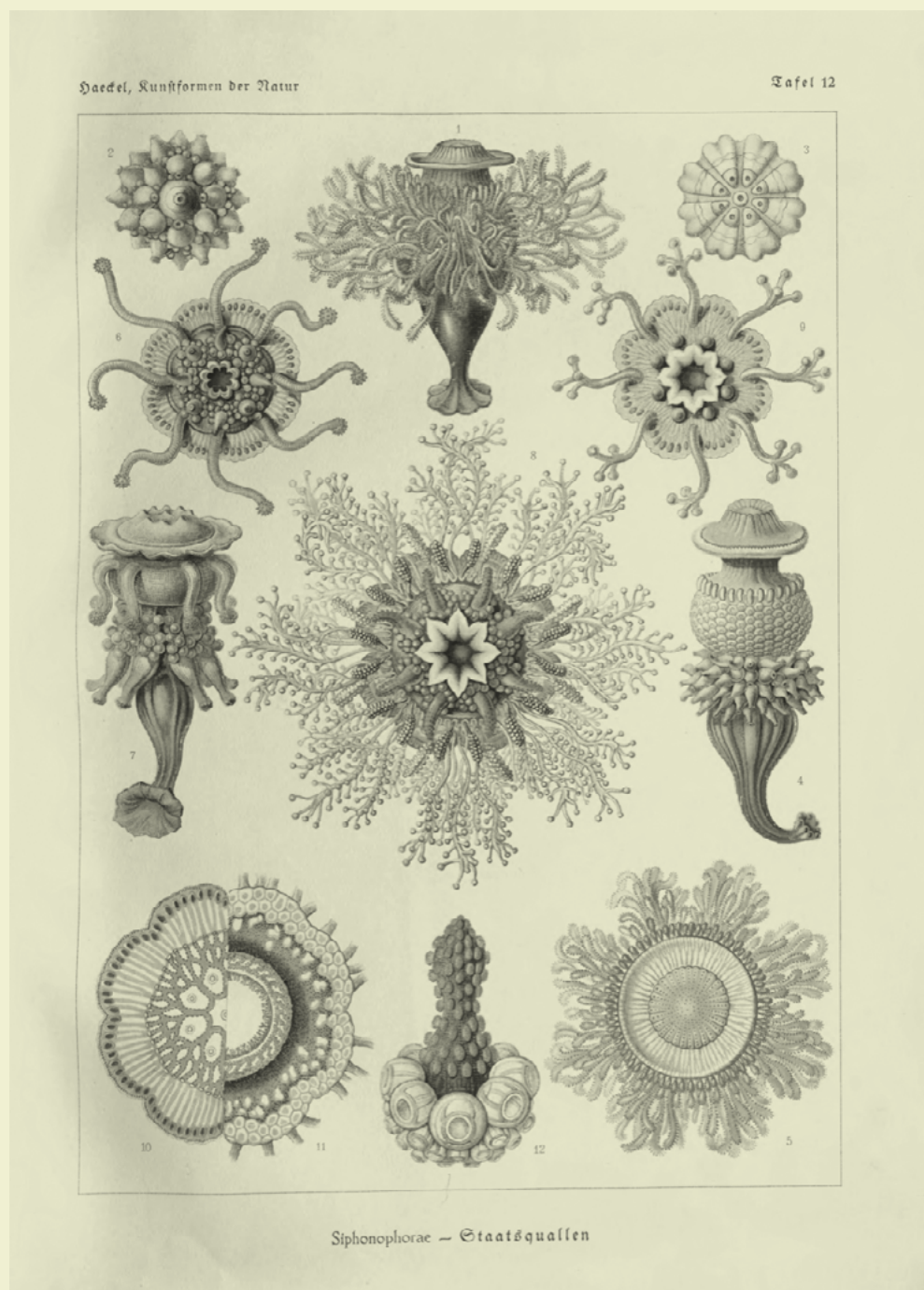
Zacniemy jednak od pokazania roli obrazu w biologii, który można zobaczyć bez aparatury. Jako przykład przedstawiona zostanie ilustracja opublikowana przez Ernesta Haeckela (1834–1919) w książce *Kunstformen der Natur* (1924) przedstawiająca proste organizmy morskie.

Ernest Haeckel, zwolennik darwinizmu, był niemieckim biologiem, filozofem i podróżnikiem. Były to czasy, kiedy teoria Darwina musiała się jeszcze przebijać do świadomości społecznej. Ernest Haeckel wprowadził do współczesnej nauki m.in. termin ekologia, badał proste zwierzęta morskie. Uważa się, że jego teorie przyczyniły się do postępu biologii ewolucyjnej. Książka, która jest omawiana, została wydana sto lat temu, ale jest często wznawiana (tytuł wydania w języku angielskim to *Art Forms of Nature*), bo obrazy w niej zawarte okazały się niezwykle inspirujące. Ilustracje w tej książce są nie tylko piękne, ale pełne różnych szczegółów budowy organizmów [il. 1]. To są ilustracje makroskopowe tzn. powstały dzięki obserwacjom tzw. „gołym” okiem, bez wykorzystania mikroskopu.

Makroskopowa obserwacja świata przyrody towarzyszyła nam od setek lat. Jednak w pewnym momencie pojawia się nowe narzędzie umożliwiające zobaczenie organizmów dotychczas niewidzialnych. Tym urządzeniem

1 P. Pomorski, *Nagroda Nobla z chemii za rok 2014: za „Opracowanie metod super-rozdzielczych w mikroskopii fluorescencyjnej”, Eric Betzig, William Moerner i Stefan Hell w: „Kosmos”, 64, 2014, s. 203–209.*

był mikroskop. Pierwsze proste mikroskopy zostają stworzone na przełomie XVI i XVII wieku. Historia nauk biologicznych, wymienia przede wszystkim trzy osoby, które wiążą się z początkiem mikroskopii. Prawdopodobnie pomysł, żeby wykorzystać soczewki szklane do powiększania obrazu, ma swój początek w obserwacji, że kropla wody, która spadła na jakiś obiekt, może powiększać to, co się znajduje pod nią. Pierwszą



◀ IL. 1

Ilustracja z książki Ernsta Haeckela (1834–1919) *Kunstformen der Natur* (1899) przedstawiająca proste organizmy morskie (Biblioteka Instytutu Nenckiego PAN).

osobę, którą warto w tym kontekście przytoczyć, to Zacharias Janssen (1580–1632), holenderski optyk, który stworzył urządzenie, które przypomina współczesny mikroskop. Urządzenie to składało się z dwóch soczewek i pozwalało powiększać oglądane obiekty. Kolejna osoba, która jest bardziej znana w historii powstania mikroskopu, to Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) – też Holender. Nazywa się go ojcem mikrobiologii; jego mikroskop nie przypomina współczesnego mikroskopu, ale pozwalał uzyskać znaczące powiększenie obserwowanych obiektów. Leeuwenhoek umieszczał w swoim mikroskopie np. pchłę lub kroplę wody. To był pierwszy przykład, gdzie wykorzystanie narzędzia pozwalało zobaczyć świat do tej pory niewidzialny. Trzecią osobą ważną w początkowym etapie rozwoju mikroskopu jest Robert Hooke (1635–1703), angielski przyrodnik, który zbudował mikroskop przypominający już współczesny sprzęt mikroskopowy. W tym urządzeniu jest miejsce na próbkę i pionowe elementy, gdzie znajdują się soczewki i źródło światła. Robert Hooke, wykorzystując swój aparat, wykazał, że korek, którym się korkuje butelki, składa się z komórek. To była jedna z pierwszych obserwacji, sugerująca, że świat ożywiony zbudowany jest z komórek. Tak wyglądał początek mikroskopii przelotem XVI i XVII wieku.

Warto tu wspomnieć o interesującej historii z końca XIX wieku. Stanisław Wyspiański (1869–1907), pod koniec XIX wieku pragnął w Zakładzie Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego przeprowadzić studia głowy orła i innych ptaków drapieżnych, co było mu potrzebne do realizacji tworzonych wtedy witraży. Prawdopodobnie za umożliwienie wykonania w/w studiów, w ramach podziękowania został posadzony przed mikroskopem i wykonał obrazy dzielącej się komórki: „komórka w podwojeniu” [il. 2]. Prawdopodobnie jest to pierwszy przykład w historii polskiej nauki tak silnych interakcji świata sztuki i nauki. Szczegóły tej interesującej historii można przeczytać w artykule Czesława Jury [2].

Drugi typ mikroskopu, który jest ważny w historii obrazowania niewidocznego świata, to powszechnie znana mikroskopia elektronowa. Warto zauważyć, że mikroskopia elektronowa pojawiła się już w latach 30. XX wieku. Nie wnikając w techniczne szczegóły, w mikroskopii elektronowej, zamiast oświetlać obiekt światłem, oświetla się go wiązką elektronów. Zastąpienie światła elektronami pozwala uzyskać obrazy o ogromnym

2 C. Jura, „Komórka w podwojeniu” – mało znany szkic Wyspiańskiego w: *Post. Biol. Kom.* 35, 2008, s. 413–416.

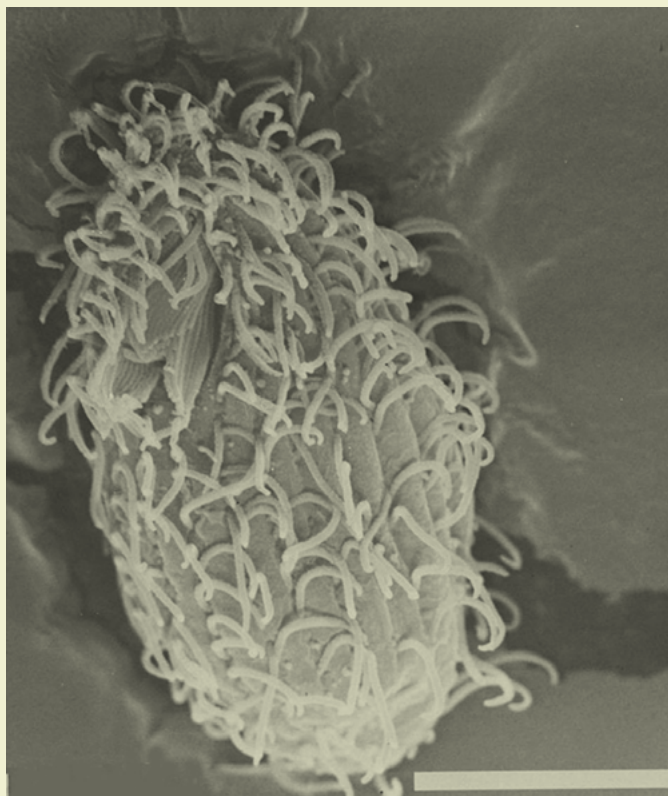


▲ IL. 2

Praca Stanisława Wyspiańskiego „Komórka w podwojeniu” (Własność Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie).

▶ IL. 3

Obraz z mikroskopu skaningowego. *Tetrahymena thermophila* – orzęsek śluzkowy – modelowy organizm wykorzystywany do badań struktury i funkcji rzęsek. (Źródło: Instytut Nenckiego PAN)



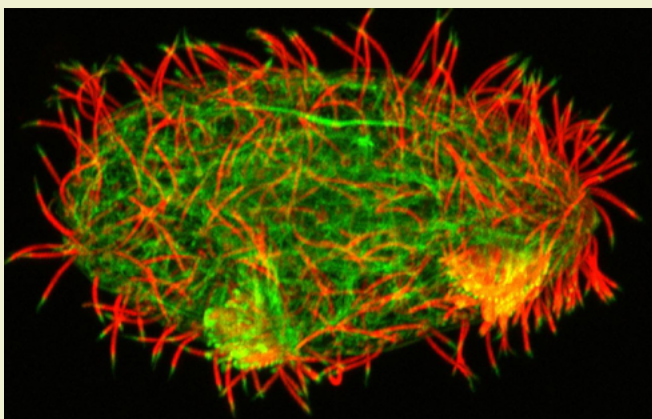
powiększeniu. W mikroskopie elektronowym można obserwować także relatywnie duże obiekty np. fragmenty mrówki czy bardzo małe organizmy [il. 3]. Obrazowana w mikroskopie elektronowym mrówka wygląda zupełnie inaczej niż mrówka, którą możemy zobaczyć gołym okiem. Mikroskopia elektronowa powiększa obiekt dziesiątki tysięcy razy. Nie tylko obiekty biologiczne mogą być obserwowane w takim powiększeniu w mikroskopie elektronowym. Mikroskop elektronowy może obserwować np. elektroniczny układ scalony w komputerze. Dopiero wtedy można zobaczyć, jak dużo tranzystorów mieści się na małej powierzchni!

Współczesne obrazowanie biologiczne na poziomie komórkowym opiera się głównie na mikroskopii fluorescencyjnej wysokiej rozdzielczości. Natomiast fundamentem obrazowania organów, w szczególności mózgu, jest zjawisko rezonansu magnetycznego, które pozwala „zajrzeć” do mózgu i ocenić sposób jego funkcjonowania.

Mikroskopia fluorescencyjna polega na wykorzystaniu zjawiska fluorescencji różnych substancji. Pewne barwniki oświetlone (wzbudzone) np. światłem ultrafioletowym, zaczynają „świecić” same z siebie [il. 4]. Zjawisko fluorescencji łatwo można zaobserwować na banknocie. Jeżeli banknot oświetli się lampą ultrafioletową, to widać „świecący” inny obraz. Na takiej zasadzie działają substancje chemiczne wykorzystywane w mikroskopii fluorescencyjnej. Do znakowania próbek biologicznych wykorzystuje się dużo różnych substancji: wzbudzanych różnymi długościami światła i fluoryzującymi różnymi kolorami. Samo zjawisko fluorescencji wykorzystywane w laboratoriach naukowych jest także obecne w świecie przyrody. Można tu podać przykład obrazów meduzy oświetlonej światłem niebieskim, która dzięki zjawisku fluorescencji, świeci na zielono. Za to zjawisko odpowiedzialne jest określone białko: GFP, które jest powszechnie wykorzystywane w badaniach naukowych. Białko GFP jest bardzo dobrym znacznikiem innych białek obecnych w komórce. Można je także wykorzystać do badania np. kwasowości różnych przestrzeni komórki. Wykorzystując fluoryzujące na zielono białko GFP meduzy, można stworzyć szczura transgenicznego, który po oświetleniu światłem niebieskim, jest cały zielony [3].

3 P. Pomorski, *Mikroskopowe metody badania cytoszkieletu* w: „Kosmos”, 67, 2018, s. 219–232.

Tak zwana wysokorozdzielcza mikroskopia fluorescencyjna (ang. *super resolution fluorescence microscopy*) została nagrodzona Nagrodą Nobla z 2014 roku (Pomorski, 2014). Rozwój mikroskopii, proces trwający kilkaset lat, to przykład ogromnej siły tkwiącej w badaniach podstawowych, które pozornie wydają się nieprzydatne do żadnych zastosowań i są tylko intelektualną zabawą, która niczemu nie służy.



◀ IL. 4

Tetrahymena thermophila – orzęsek środkowodny. Obraz z mikroskopu konfokalnego – komórka wyznakowana przeciwciałami skierowanymi przeciwko tubulinie. Dobrze widoczne rzęski – struktury zbudowane na bazie mikrotubul oraz sieć mikrotubul korteksowych. (Źródło: Instytut Nenckiego PAN)

Przedstawione zdjęcia pokazują sprzęt mikroskopowy z Instytutu Nenckiego PAN. Dzięki finansowaniu projektów naukowych z Unii Europejskiej w Instytucie Nenckiego PAN stworzono prawdopodobnie najlepsze krajowe laboratorium mikroskopii fluorescencyjnej. Współczesne mikroskopy optyczne zdecydowanie różnią się od tych z sprzed kilkuset lat. Część optyczna mikroskopu, gdzie znajdują się soczewki, stanowi prawdopodobnie najmniejszy fragment współczesnej aparatury [il. 5]. Każdy terazniejszy mikroskop to olbrzymia część komputerowa, która dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu pozwala sterować urządzeniem i analizować otrzymane obrazy. Dodatkowo, mikroskopy o wysokiej rozdzielczości zwykle są wyposażone w kilka laserów służących oświetlaniu badanych próbek biologicznych światłem o określonej długości fali.

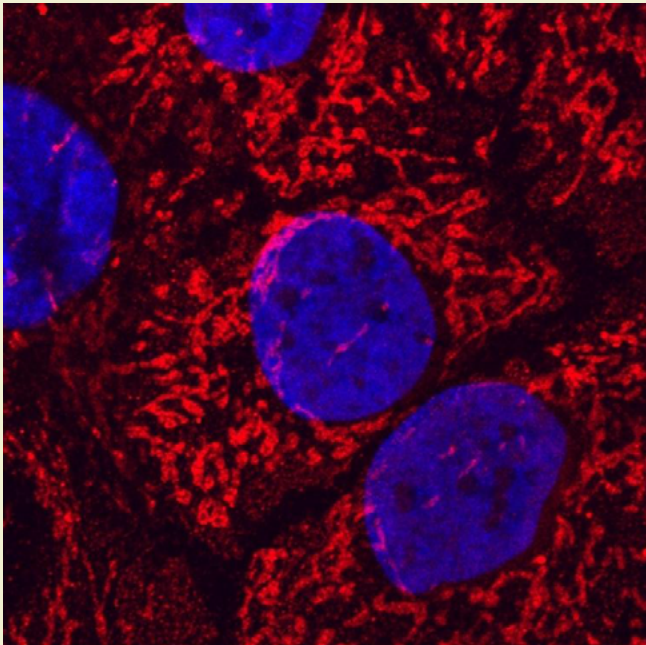
Na kolejnym zdjęciu przedstawiono inny przykład mikroskopu wysokiej rozdzielczości, gdzie mamy oczywiście część optyczną, ale obok niej jest też olbrzymia komora, która pozwala przeprowadzać badania w określonej temperaturze oraz w określonej atmosferze [il. 6].

► **IL. 5**
Mikroskop konfokalny
w Instytucie Nenckiego
PAN. (Źródło: Instytut
Nenckiego PAN)



◀ **IL. 6**
Mikroskop wykorzystujący
komorę do badań przyży-
ciowych. (Źródło: Instytut
Nenckiego PAN)

Teraz o obrazach otrzymywanych przy pomocy mikroskopii wysokiej rozdzielczości. Przedstawiają one pojedyncze komórki: jest w niej jądro komórkowe i różne struktury wewnątrzkomórkowe, które można wyznaczać różnymi barwnikami. Na kolejnym obrazie przedstawiającym komórkę mamy dwa jądra, czyli prawdopodobnie moment, kiedy komórka się dzieli, a czerwone niewielkie obiekty, które widzimy, to mitochondria, które bardziej szczegółowo zostaną przedstawione w dalszej części tekstu [il. 7]. Obrazy mikroskopowe są nośnikiem informacji naukowej, ale prawdopodobnie nie ma osoby, która nie powiedziała by, że są one jednocześnie piękne, że są niezwykłe, nie tylko przez barwę, ale przez strukturę, którą ukazują. Podobnie prezentują się inne rodzaje komórek np. neurony mózgu; dowolne fragmenty tych komórek mogą być też wyznakowane w mikroskopii fluorescencyjnej.



◀ IL. 7

Mitochondria (wyznakowane na czerwono) w keratynocytach ludzkiej skóry. Kolorem niebieskim wybarwiono jądra komórkowe. (Źródło: Instytut Nenckiego PAN)

Obiekty, które mogą być prezentowane w mikroskopii to także tzw. cytoszkielet komórki, czyli białka, które sprawiają, że komórka ma określony kształt. Wyróżniamy tu różne białka, jedno białko zabarwione na kolor czerwony, drugie na zielony i jądro komórkowe jest wybarwione na niebiesko. Czasami znakowania fluorescencyjne przypominają płótna Claude'a Moneta. Wydaje się, że mikroskopia wysokiej rozdzielczości i obraz, jaki powstał z wykorzystaniem aparatury naukowej, przypomina namalowany obraz.

Wykorzystanie technologii cyfrowej pozwala także tworzyć obrazy trójwymiarowe badanych komórek. Oznacza to, że nie tylko możemy badać dwuwymiarowy, „płaski” obraz komórki, ale stworzyć przestrzenny obraz białek i struktur komórki. Ciekawym zjawiskiem okazują się też badania z wykorzystaniem mikroskopu, pokazujące dynamiczne zmiany różnych parametrów biochemicznych w komórce. To właśnie dzięki mikroskopii fluorescencyjnej możemy także zobaczyć żywą, ulegającą dynamicznym zmianom komórkę. Przykładem są komórki mięśnia sercowego, w których nagle pojawiają się dynamiczne zmiany stężenia jonów wapniowych [4]. Zmiana koloru komórki, obserwowana w mikroskopie oznacza, że stężenie jonów wapniowych gwałtownie wzrosło.

4 P. Pomorski, *Zobaczyć sygnał – metody obrazowania zmian stężenia jonów wapnia w komórce* w: *Post. Biochem.*, 58, 2012, s. 465–473.

Na zakończenie tej części bardzo krótko o innej technice obrazowania biologicznego, a mianowicie o rezonansie magnetycznym [il. 8]. Pozwala ona zobaczyć strukturę mózgu wewnątrz czaszki. Dodatkowo, takie badania są realizowane w Instytucie Nenckiego PAN, można wykonywać badania tzw. funkcjonalnym rezonansem magnetycznym. Pozwala to identyfikować miejsca w mózgu, które są w danym momencie prowadzonych badań aktywne, aktywne funkcjonalnie! Niezwykłość tej techniki, polega na tym, że pozwala obserwować aktywność mózgu w czasie rzeczywistym człowieka uczestniczącego w badaniach. Trudno przecenić wartość techniki funkcjonalnego rezonansu magnetycznego w poznaniu skomplikowanych funkcji ludzkiego mózgu.

W tej części pracy przedstawimy wykorzystanie technik mikroskopowych w badaniach biofizycznych wykonywanych w Pracowni Wewnątrzkomórkowych Kanałów Jonowych Instytutu Nenckiego PAN. Będziemy tu używali terminu mitochondria [il. 9]. Konieczna będzie mała powtórka z lekcji biologii ze szkoły średniej. W tej części będzie także mowa o potasie i troszkę o substancjach zawartych w grejpfrucie. Pojawią się także pojęcia ze świata elektryczności: napięcie i prąd. Na końcu tej historii będzie o pewnych tzw. produktach rynkowych będących wynikiem prac w laboratorium biologicznym z wykorzystaniem technik obrazowania [5]. To, co łączy tę część artykułu z tematem głównym to oczywiście mikroskopia fluorescencyjna badanych komórek.

Powtórkę z biologii rozpoczniemy od krótkiego opisu budowy komórki. Komórki organizmów są różnie zbudowane, ale można opisać pewne stałe elementy komórki. Pierwszym jest błona komórkowa, która oddziela wewnątrz komórki od tego, co jest na zewnątrz. W obrazach mikroskopowych wyraźnie widać we wnętrzu komórki jądro komórkowe. To tam jest zlokalizowany materiał genetyczny komórki – DNA. Dodatkowo można we wnętrzu komórki wyróżnić różne skupiska błon biologicznych [6]. Jednym z nich, przyjmujący kształt podłużnych, małych fasolek są mitochondria. To jest nasz główny obiekt badawczy. Kiedy „przekroimy” mitochondrion – obiekt w kształcie fasolki – okaże się, że składa się z dwóch błon: zewnętrznej i wewnętrznej, silnie pofałdowanej błony. Obie błony pełnią określone funkcje biologiczne. Szczególnie wewnętrzna błona mitochondrialna jest istotna dla prawidłowego

OBRAZOWANIE W BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ

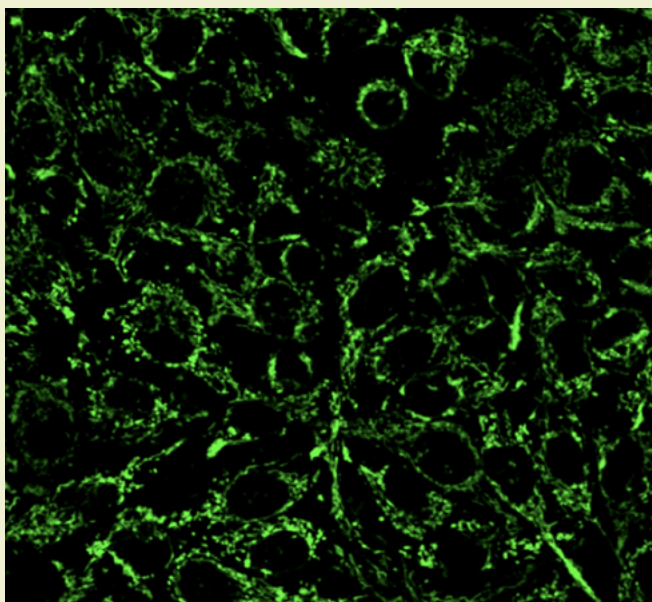
5 A. Szewczyk, P. Bednarczyk, J. Jędraszko, R. P. Kampa, P. Koprowski, M. Krajewska, S. Kucman, B. Kulawiak, M. Laskowski, D. Rotko, A. Sęk, A. Walewska, M. Żochowska, A. Wrzosek, *Mitochondrial potassium channels: an overview*, 64, 2018, s. 196–212.

6 K. Dołowy, A. Szewczyk, S. Piłkuła, *Błony biologiczne*, Wydawnictwo Naukowe Śląsk, Katowice, Warszawa 2003.



◀ IL. 8

Badanie za pomocą skanera magnetycznego rezonansu jądrowego w Pracowni Obrazowania Mózgu Centrum Neurobiologii Instytutu Nenckiego PAN. (Źródło: Instytut Nenckiego PAN, Grzegorz Krzyżewski)



◀ IL. 9

Obraz komórek śródbłonna w mikroskopie konfokalnym. Mitochondria wyznakowano MitoTracker Green. (Źródło: Antoni Wrzosek, Instytut Nenckiego PAN)

funkcjonowania tych organelli. W mikroskopie elektronowym można obserwować zarówno mitochondrialną błonę zewnętrzną i wewnętrzną. Własności mitochondriów (elektrycznie ujemnie naładowanie wnętrza mitochondriów) pozwala wyznakować mitochondria różnymi znacznikami fluorescencyjnymi. Przykład takiego wyznakowania na czerwono mitochondriów w komórce: niebieskie jest jądro komórkowe i obiekty, które je otaczają; to są właśnie mitochondria. Mitochondria wyglądają różnie w różnych komórkach. Podstawową funkcją mitochondriów w komórce jest coś, co można porównać do pracy elektrowni dostarczającej energii. Mitochondria dostarczają energii potrzebnej do skurczu mięśnia sercowego, funkcjonowania mózgu i wszystkich innych procesów zachodzących w organizmie. Nie wnikając w biochemiczne szczegóły, dostarczanie energii przez mitochondria polega na syntezie substancji nazywanej ATP. Mitochondria pełnią także wiele innych funkcji w komórce, o których nie będziemy tu wspominać.

Mitochondrium jest nie tylko pożytecznym elementem komórki, ale potrafi też tworzyć tzw. wolne rodniki. Nadmiar wolnych rodników może niszczyć różne składniki komórek. To, co badamy w naszym laboratorium, to powiązanie transportu jonów potasowych przez błonę mitochondrialną z syntezą wolnych rodników [7]. Okazuje się, że wykorzystując w/w zjawisko oraz pewne substancje chemiczne, możemy ochraniać np. serce przed skutkami zawału czy mózg przed uszkodzeniem wynikającym z niedotlenienia.

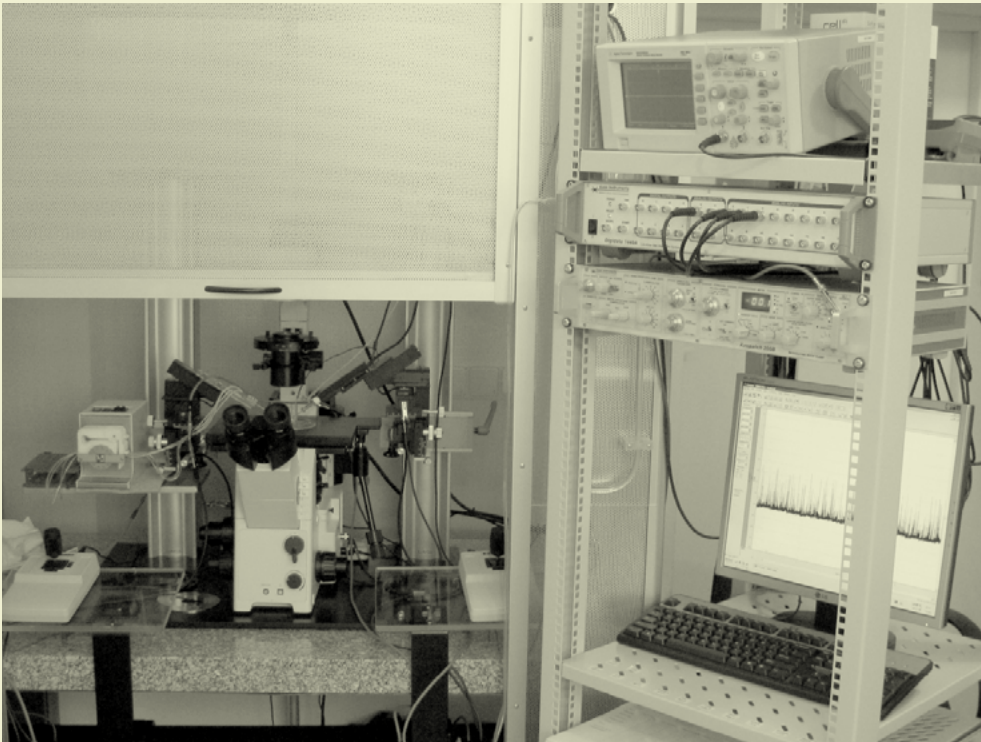
Krytyczną sprawą w naszych badaniach jest metoda, którą się postępujemy. Metoda polega na badaniu przepływu jonów potasowych przez różnego rodzaju błony biologiczne. Jak ważna jest metoda w badaniach naukowych, co wiadomo już od czasów Kartezjusza, pokaże historia ze świata sztuki. Kilka lat temu w Centrum Sztuki Współczesnej na Zamku Ujazdowskim była wystawa sztuki współczesnej, na której pokazana została praca Janka Simona. Będąc w pewnym dalekim kraju, Janek Simon zauważył, że miejscową walutę wymieniano, postępując się kalkulatorem, który fałszywie obliczał wynik tzn. dwa dodać dwa dawało trzy, a chodziło o to, aby oszukać klienta. Janek Simon był zachwycony takim kalkulatorem i postanowił zrobić projekt domku letniskowego, wykorzystując właśnie taki fałszywy kalkulator. Używając tak niedobrej

7 B. Augustynek, A. Wrzosek, P. Koprowski, A. Kietbasa, P. Bednarczyk, A. Łukasiak, K. Dołowy, A. Szewczyk, *Czego nie wiemy o mitochondrialnych kanałach potasowych?* w: *Post. Biochem.*, 62, 2016, s. 189–198.

metody, otrzymał obraz domu-potworka: wszystko było krzywe i pokręcone. Na pewno, domu, wykorzystując taki wadliwy kalkulator, nie można zbudować! Ta historia pokazuje jak ważna jest wykorzystywana metoda badań, aby uzyskać wiarygodne wyniki przeprowadzanych doświadczeń.

Metoda, której używamy w badaniach ruchu jonów potasu w mitochondriach, to technika *patch-clamp* [il. 10]. Umożliwia ona pomiar przepływu potasu przez jedno białko zlokalizowane w błonie biologicznej! Jest to technika, która spełnia prawo Arthura C. Clarke'a (1917–2008) mówiące, iż każda wystarczająco zaawansowana technologia jest nieodróżnialna od magii. To jest urządzenie, które pozwala nam mierzyć prądy, które są związane z ruchem jonów potasowych przez wewnętrzną błonę mitochondrialną. Urządzenie składa się z tzw. klatki Faradaya, która sprawia, że wewnątrz klatki aparatura badawcza nie doświadcza zakłóceń elektrycznych. Płyta granitowa (z ulicy św. Wincentego w Warszawie), sprawia, że mikroskop na niej umieszczony jest odporny na mechaniczne drżenia. I wreszcie jest olbrzymia część elektroniczna, która pozwala mierzyć prądy o niewielkich wartościach. Na końcu doświadczenia otrzymujemy rejestrację (w czasie) zmian bardzo małych prądów i to jest dla nas informacja pozwalająca analizować badane zjawiska. Podsumowując, wiarygodna metoda przeprowadzenia badań pozwala uzyskać wiarygodne wyniki naukowe.

Kilka lat temu odkryliśmy, że podobne białka (które są obiektem naszych badań) są w mitochondriach ziemniaka i mitochondriach neuronów w mózgu. Byliśmy tak zachwyceni tym odkryciem, że postanowiliśmy przygotować tzw. *press release* i z pomocą dziennikarza przygotowaliśmy komunikat prasowy. To, co się później działo pokazuje jednak, jak trzeba uważać przekazując informacje naukowe do prasy. Nasz komunikat prasowy był bardzo dobrze napisany, ale prawdopodobnie nie był dostatecznie atrakcyjny, jeśli chodzi o tytuł i wstęp. Pobierany był ze strony internetowej Instytutu Nenckiego PAN, po czym różne serwisy zaczęły dokonywać zmian tytułów np. „Polskie odkrycie – mózg człowieka jest jak ziemniak”. Nasza próżność, została ukarana i przez kilka następných dni obserwowanie losów tego komunikatu prasowego w Internecie nie było przyjemne.



◀ IL. 10

Zestaw eksperymentalny służący badaniom białek kanałowych metodą *patch-clamp*. Na zdjęciu widoczny m.in. mikroskop, klatka Faradaya oraz rejestracyjny zestaw komputerowy. (Źródło: Instytut Nenckiego PAN)

Przeprowadzone badania doprowadziły nas do ciekawych konkluzji o tym jak w mitochondriach komórek skóry ruch jonów potasowych jest modulowany z różnymi substancjami, które są obecne w owocach. Głównie zajęliśmy się substancją, która nazywa się naringeniną. Gorzki smak grejfruta jest spowodowany właśnie flawonoidem – naringeniną. Okazało się, że może mieć ona pewne właściwości dobroczynne, jeżeli chodzi o komórki skóry. Otrzymaliśmy grant z firmą kosmetyczną Dr Irena Eris z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Po raz pierwszy, w stuletniej historii Instytutu Nenckiego, od paru miesięcy w aptekach można znaleźć dermokosmetyki, które powstały dzięki współpracy firmy Dr Irena Eris i Instytutu Nenckiego Polskiej Akademii Nauk. To jest przykład jak tzw. *useless science*, czyli nauki podstawowe (wykorzystujące techniki obrazowania biologicznego), mogą doprowadzić do czegoś, co z punktu widzenia firmy, przemysłu i rynku okazuje się przydatne.

Na zakończenie kilka informacji o projektach typu Art & Science, które od roku realizujemy w Instytucie Nenckiego PAN razem z Wydziałem Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego. W pierwszym projekcie tego typu był też zaangażowany Wydział Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego z Olsztyna. Pojęcie Art & Science, czyli ogólnie rozumiane oddziaływania środowisk naukowych i artystycznych, jest znane od wielu lat. Natomiast w ostatnich latach nabiera jeszcze innego, nowego znaczenia. Nie chodzi już tylko o wykorzystanie pewnej powierzchni informacji naukowej do stworzenia pewnego dzieła, ale o głębsze interakcje między tymi obszarami ludzkiej aktywności. Jeżeli zajrzemy do prestiżowych amerykańskich czasopism naukowych, to zobaczymy, że powstają artykuły dotyczące projektów Art & Science, które są bardzo nasycone wyrafinowanym aparatem matematycznym, z wykorzystaniem pojęć termodynamiki.

OD NAUKI DO
SZTUKI: PROJEKTY
ART & SCIENCE
W INSTYTUCIE
NENCKIEGO PAN

To, co nas przekonało, aby realizować projekty Art & Science to ogromna „wizualność” współczesnej biologii. Byliśmy ciekawi jak pokazanie obrazów biologicznych (mikroskopowych) może inspirować artystów, których obszarem działania są sztuki wizualne. Warto wspomnieć także o innych inspiracjach naszych działań. W jednym z prestiżowych czasopism amerykańskich. W jednym z prestiżowych czasopism amerykańskich autorzy artykułu mówią wprost: „Zapomnijcie o aparatach fotograficznych, zapomnijcie o cyfrowej fotografii; studentów medycyny i biologii powinno się uczyć ręcznego rysowania”. Dlaczego ręcznego rysowania? Okazuje się, że fotografia cyfrowa pokazuje wszystko, co można zobaczyć: rzeczy istotne i nieistotne. Można powiedzieć: pokazuje nadmiar informacji. Natomiast umiejętność rysowania, pewnie nawet to, co robił Stanisław Wyspiański, pozwala nie tyle zmienić tę obserwowaną rzeczywistość, ale usunąć elementy nieistotne. Wreszcie kolejny argument; coraz więcej czasopism naukowych wymaga od nas chemików, fizyków, biochemików, aby do artykułów naukowych dodawać tzw. *graphical abstract*, czyli graficzny abstrakt opisanych w artykule wyników. Przygotowanie dobrego graficznego abstraktu jest dla naukowca także wyzwaniem natury estetycznej. To też jest argument przemawiający za tym, by dwa środowiska zbliżały się do siebie.

Projekty Art & Science zaczęliśmy w Instytucie Nenckiego we wrześniu 2017 roku. Pierwszy projekt, wiązał się z faktem, że w Instytucie Nenckiego PAN priorytetem jest m.in. obrazowanie biologiczne z wykorzystaniem różnych technik mikroskopowych. Po dyskusjach z Markiem Olszyńskim, prodziekanem Wydziału Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego, o temacie możliwych spotkań artystów z naukowcami zaproponowaliśmy tytuł, który pozwalał wpisać działalność naukową Instytutu Nenckiego PAN w tak niezwykłą aktywność, jak wspólne działanie z artystami malarzami. Tak narodził się pierwszy projekt „Obrazowanie biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem”.

W tym projekcie brało udział wielu artystów. Głównie z Uniwersytetu Rzeszowskiego, ale także Anna Drońska i Marek Szczęsny z Wydziału Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W projekcie brali udział także studenci z obu wydziałów. Spotkaliśmy się w cudownym miejscu, który Instytut Nenckiego PAN odzyskał trzy lata temu, w Stacji Badawczej (znanej wcześniej jako Stacja Hydrobiologiczna) Instytutu Nenckiego w Mikołajkach. Rozpoczęliśmy spotkanie od wykładów, które pokazywały różne aspekty wizualne współczesnej biologii. Doktorant Instytutu Nenckiego PAN Łukasz Bożycki opowiadał o tajemnicach kreatywnej fotografii przyrody. Wykład Jolanty Ejsmont-Karabin dotyczył wodnych organizmów – wrotków, których nie można zobaczyć bez pomocy mikroskopu. W stacji naukowej w Mikołajkach są też laboratoria biologiczne, w których Tomek Janecki, kierownik Stacji, pokazywał próbki wody z Jeziora Mikołajskiego. Była możliwość zobaczenia różnych wodnych organizmów. Były to preparaty tzw. przeżyciowe tzn. było widać na ekranie jak jeden wrotek poruszał się za innym wrotkiem i pewnie nie była to gonitwa bezinteresowna. Wszyscy uczestnicy zajęć laboratoryjnych, naukowcy i artyści, doszli do wniosku, że to, co widać pod mikroskopem zawiera w sobie także informację natury estetycznej.

Zaproszeni artyści poszukiwali nowych inspiracji w oparciu o mikroskopowe obrazowanie struktur komórkowych i mikroorganizmów wodnych. Dlatego po części seminaryjnej zostawiliśmy na tydzień artystów plastyków w stacji w Mikołajkach i każdy z nich zabrał się do pracy. Po tygodniu wróciliśmy do Mikołajek, aby przygotować wstępną wystawę sumującą warsztaty [il. 11]. Co prawda, jesteśmy Instytutem Biologii



◀ IL. 11

Zakończenie Sympozjum oraz Warsztatów Art & Science *Obrazowanie Biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem*, które odbyły się na Stacji Instytutu Nenckiego PAN w Mikołajkach we wrześniu 2017 roku. Od lewej: Marek Olszyński, Jerzy Tomala z Uniwersytetu Rzeszowskiego. (Źródło: Adam Szewczyk)

Doświadczalnej, a więc lubimy robić doświadczenia. Ale chyba takiego doświadczenia w stuletniej historii Instytutu Nenckiego nie było. Obejrzelśmy obrazy, z których powstała szalenie interesująca wystawa. Był dowód na to, że pomysł związany z Art & Science w Mikołajkach był interesującym i ważnym doświadczeniem. Dnia 17 stycznia 2018 r. w Sali Centrum Neurobiologii Instytutu Nenckiego PAN odbył się wernisaż wystawy Art & Science „Obrazowanie biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem?” [il. 12]. Spotkanie uświetniło rok obchodów 100-lecia Instytutu Nenckiego. Wystawa to efekt w/w warsztatów, które odbyły się na Stacji Badawczej Instytutu Nenckiego w Mikołajkach we wrześniu 2017 r., współorganizowanych przez Wydział Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego i Wydział Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Warto podkreślić, że Sympozjum i warsztaty były wspierane przez Polskie Towarzystwo Biochemiczne, Związek Polskich Artystów Plastyków (okręg rzeszowski) oraz firmę Olympus Polska.

Ekspozycję prezentowaną na wernisażu tworzyło ponad 30 prac autorstwa: Kamili Bednarskiej, Barbary Bokota-Tomali, Łukasza Bożyckiego (Instytut Nenckiego), Anny Drońskiej, Marka Haby, Joanny Kaczmarczyk, Agaty Karaś, Antoniego Nikła, Marka Olszyńskiego, Mirosława Pawłowskiego, Marcina Piotrowicza, Marka Szczęsnego, Macieja Śliwiaka, Jerzego Tomali, Magdaleny Uchman i Piotra Worońca jr.

Później była druga wystawa, która cieszyła się sporym zainteresowaniem, w Centrum Ekspozycyjnym Stara Kotłownia w Olsztynie. Wreszcie trzecia wystawa, która odbyła się w maju 2018 roku na Wydziale Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego w wydziałowej galerii. W czasie ostatniej



◀ IL. 12

Wernisaż wystawy *Obrazowanie Biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem*, która odbyła się 17 stycznia 2018 roku w Instytucie Nenckiego PAN.

Od prawej: Antoni Nikiel (Wydział Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego), Benedykt Błoński (Wydział Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego), Marek Olszyński (Wydział Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego), Adam Szewczyk (Instytut Nenckiego PAN), Anna Drońska (Wydział Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego), Lech Wojtczak (Instytut Nenckiego PAN) oraz Jolanta Barańska (Instytut Nenckiego PAN).
Źródło: Anna Mirgos, Instytut Nenckiego PAN)

wystawy zaprezentowano katalog projektu „Obrazowanie biologiczne: inspiracje niewidzialnym światem?“, zaprojektowany przez Mirosława Pawłowskiego. Byliśmy, wszyscy organizatorzy tego projektu, bardzo dumni z tej publikacji (z tekstami w języku polskim i angielskim), która była materialnym dowodem na to, że ten projekt był interesujący. Część prac, która została przekazana przez artystów po spotkaniu w Mikołajkach stanowi załączek czegoś, co nazwano Nencki Art Collection, czyli kolekcji sztuki współczesnej Instytutu Nenckiego PAN. Myślę, że jesteśmy pierwszym instytutem biologicznym w Polskiej Akademii Nauk, który ma kolekcję sztuki współczesnej Nencki Art Collection inspirowaną projektem Art & Science. Opiekę nad kolekcją sprawuje Fundacja Nenckiego Wspierania Nauk Biologicznych, kierowana przez Prezes Hannę Fabczak wspólnie z Radę Artystyczną.

Jesienią 2018 roku rozpoczął się drugi wspólny projekt Art & Science. We wrześniu odbyło się pod Rzeszowem Sympozjum naukowo-artystyczne, którego tematem była bioróżnorodność: „Art of Biodiversity”. Podobnie jak w Mikołajkach, Sympozjum polegało na wygłoszeniu wykładów ukazujących pojęcia bioróżnorodności na poziomie komórkowym. Wynik tych działań można było oglądać na wystawie, która odbyła się w dniach od 19 listopada do 19 grudnia br. w Instytucie Nenckiego PAN. W styczniu 2019 roku wystawa zostanie także zaprezentowana w Rzeszowie. Projekt zaowocował także dwujęzycznym katalogiem opisującym prezentowane prace.

Fundacja Nenckiego Wspierania Nauk Biologicznych (wspólnie z Wydziałem Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego) złożyła do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wnioski o finansowanie projektu pod tytułem „Sztuka współczesna narzędziem upowszechniania nauk biologicznych”. Pomysł jest bardzo nowatorski i innowacyjny. Współczesna nauka posługuje się wysoce hermetycznym językiem. Wyniki badań biologicznych, podobnie jak opis działań naukowców są szalenie trudne do przekazania społeczeństwu. Instytut Nenckiego PAN aktywnie uczestniczy od lat w piknikach naukowych oraz festiwalach nauki. Staramy się tłumaczyć społeczeństwu dlaczego to, co robimy jest ważne. Może wykorzystując język sztuki współczesnej, można ułatwić ludziom zrozumienie tego, robi współczesna nauka? Celem wniosku jest stworzenie warsztatów dla naukowców i artystów, aby wspólnie porozmawiali o tym, co robią i kreatywnie przedstawili np. w czasie corocznych festiwali nauki, obrazy, które pozwolą zastąpić hermetyczny język treści naukowych współczesnej biologii.

Współczesne techniki obrazowania mikroskopowego to potężne narzędzie badawcze w biologii pozwalające zobaczyć i zrozumieć świat przyrody na poziomie komórkowym. Trudno sobie wyobrazić badania biologiczne bez wykorzystania wysokorozdzielczej mikroskopii fluoroscencyjnej. Jednocześnie obrazowanie biologiczne, ukazujące „niewidzialny” do tej pory świat, może stanowić interesującą inspirację dla artystów plastyków. Realizowane projekty typu Art & Science w Instytucie Nenckiego PAN, z wykorzystaniem technik obrazowania, stanowią ciekawą platformę interakcji środowisk kreatywnych: naukowców i artystów plastyków. Realizacja wspólnych przedsięwzięć może doprowadzić nie tylko do powstania nowej estetyki artystycznej, ale może stanowić nowy sposób komunikacji treści naukowych społeczeństwu.

ZAKOŃCZENIE

Dziękuję za udostępnienie zdjęć otrzymanych z wykorzystaniem technik mikroskopowych Antoniemu Wrzosekowi oraz Hannie Fabczak z Instytutu Nenckiego PAN. Bibliotece Instytutu Nenckiego PAN za udostępnienie ilustracji z książki Ernsta Haeckela *Kunstformen der Natur* (1899, 1904). Dziękuję Markowi Olszyńskiemu z Wydziału Sztuki Uniwersytetu Rzeszowskiego za dyskusje, które doprowadziły do realizacji projektów Art & Science opisanych w niniejszym artykule.

PODZIĘKOWANIA

Nauka i sztuka: wzajemna miłość do geometrii



ŁUKASZ TURSKI

Fizyk, specjalizujący się w fizyce materii skondensowanej i mechanice statystycznej; popularyzator nauki i publicysta. Jest fizykiem teoretycznym, profesorem w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN i w Katedrze Fizyki na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Szkoły Nauk Ścisłych Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie.

Zacznę od tego, że dla fizyka wykład dla ludzi sztuki to wielkie wyzwanie. Od czasu do czasu miewam wykłady o związkach nauki i sztuki w Collegium Civitas. To jednak nie to samo.

Rozpocznę mój wykład od przypomnienia kilku faktów związanych z relacją sztuki do nauki z czasów dość dawnych, by potem zająć się wydarzeniami z XIX i XX wieku.

Zacznę od sławnego witraża „Bóg Ojciec” Stanisława Wyspiańskiego [il. 1]. Dzisiaj rano przeczytałem w Internecie, że na aukcji Christie's w Nowym Jorku sprzedano pewien obraz polskiej malarki za 9 mln dolarów, a najdroższy obraz Wyspiańskiego kosztował zaledwie 4 mln. Komunikat stwierdzał, że ewidentnie Wyspiański został zdetronizowany, że Wyspiański jest już *passé*. Wydaje mi się, że autor tej wypowiedzi nie wie o czym mówi.

Dlaczego zaczynam od witraża? Dlatego, że witraże zaczęły powstawać bardzo dawno temu. Jednym ze zjawisk, którym ludzie tworzący witraże posługiwali się w sposób czysto empiryczny, było zjawisko określane w fizyce zjawiskiem powidoków. Chodzi tu o dobieranie sąsiadujących kolorów w witrażu w taki sposób, aby były kolorami uzupełniającymi. Kolory uzupełniające powodują, że widz przenosząc wzrok z jednej części obrazu na drugą, widzi ciekawe efekty wywołane tym, że ludzki mózg nie potrafi szybko przestawiać się z percepcji jednego koloru uzupełniającego na drugi, jeśli znajdują się ono zaraz obok siebie. Zjawisko powidoków jest ciągle używane przez malarzy i ten sam, jeśli można tak powiedzieć, *trick* dotyczący koloru zielonego i czerwonego, który znajdujemy w witrażu Wyspiańskiego, wykorzystywał też w swoich obrazach Vincent van Gogh. Ot, choćby w obrazie „Piastunka” (1889) [il. 2]. Powidoki to intuicyjne zastosowanie fizjologii i optyki oka ludzkiego, a więc fizyki, które pojawia się w sztuce.

Słowo „powidok” użyte w nieco innym znaczeniu, stało się tytułem filmu Andrzeja Wajdy. Wielką nieobecną bohaterką tego dzieła jest Katarzyna Kobro. Będziemy jeszcze o niej mówić.



◀ IL. 2
Vincent van Gogh,
Piastunka (1889).

◀ IL. 1
Stanisław Wyspiański,
Bóg Ojciec z kościoła fran-
ciszkanów w Krakowie.

Przełom w związkach matematyki, czy też geometrii ze sztuką malarską wiąże się z nazwiskiem Filippo Brunelleschiego, twórcy sławnej kopuły Katedry Florenckiej. To, co jest najciekawsze to fakt, że kopuła ta jest inżynieryjnie inną kopułą niż na przykład kopuła świątyni Hagia Sophia w Istantule. Brunelleschi wcześniej przegrał konkurs na zbudowanie florenckiego Baptysterium. Legenda mówi, że wychodząc z katedry przez główne drzwi, zawsze rano widział drzwi Baptysterium – *Bramy Raju*. Legenda mówi też, że, patrząc na drzwi, przeprowadził eksperyment, dzięki któremu malarze zrozumieli jak malować obrazy z perspektywą. Można przypomnieć sobie jeden z obrazów zawierający elementy perspektywy z okresu przed Brunelleschim lub na przykład jakiś obraz, który byłby pięknym przykładem tego, w jaki sposób uwzględnienie perspektywy zmieniło sposób tworzenia dużych obrazów. Nawet jeśli

spróbujemy zrobić fotografię przy pomocy programu, który znajduje się w telefonie komórkowym, nie uda nam się osiągnąć takiego efektu, jak na obrazach renesansowych.

Zjawisko perspektywy jest bardzo głęboko związane ze zjawiskiem cienia. Jednym z największych problemów, jaki mieli malarze, było to, że, jak już nauczyli się perspektywy, to nie wiedzieli, co zrobić z cieniem. Nauczenie się malowania cieni nie jest wcale zadaniem trywialnym. Ponieważ cienie zależą nie tylko od punktu widzenia obserwatora, ale również zależą od ustawienia się źródła światła – Słońca.



Przyjrzyjmy się kadrowi z filmu „Gwiezdne wojny” Georges’a Lucasa, który przedstawia planetę Tatooine, na której są dwa słońca [il. 3]. Proszę wyobrazić sobie jak rozwinęłaby się nasza technika malarska, gdybyśmy żyli w sytuacji, kiedy w życiu codziennym mielibyśmy cienie rzucane przez dwa słońca. Żylibyśmy jak na scenie w teatrze, kiedy dobry operator światła potrafi przy pomocy reflektorów świetlnych wytworzyć wielocień. Dla planety Tatooine taki wielocień byłby zjawiskiem z codziennego życia. *Nota bene* ciekawostką jest, że to George Lucas przedstawił tę planetę. A przecież najbliższa Ziemi gwiazda Proxima Centauri jest samotną gwiazdą, ale „tuż” obok jest układ Alfa Centauri, który ma właśnie dwie gwiazdy. Wiemy, że w tym układzie dwóch gwiazd jest planeta Kepler 160, która jest planetą zaliczaną do tzw. ziemskich planet. Z obserwacji, które są dostępne z Ziemi i które są niezwykle fragmentaryczne, można wnioskować, że jest ona obiektem podobnym do

▲ **IL. 3**

Zachód słońc na planecie Tatooine, kadr z filmu Gergesa Lucasa *Gwiezdne wojny* (1977).

Ziemi. W latach 50. dwóch polskich pisarzy: Andrzej Trepka i Krzysztof Boruń napisali książkę „Proxima”, która jest książką o wyprawie Ziemiaków do układu Alfa Centauri. Wtedy nie było wiadomo, czy tam są w ogóle jakieś planety. Tytułowa planeta w tym układzie gwiazdowym jest planetą, na której istnieje cywilizacja, jest, powiedzmy, planetą ziemską. Autorzy tej książki opisują zjawisko wieczoru na planecie, na której zachodzą oba słońca, tak jak pokazał to w swoim filmie George Lucas.

Carl Friedrich Gauss był jednym z największych matematyków wszechczasów. Po dziś dzień w matematyce i fizyce posługujemy się osiągnięciami Gaussa. Gauss był profesorem Uniwersytetu w Getyndze. Kiedy po wojnach napoleońskich książę hanowerski, „właściciel” Getyngi, postanowił, że wzorem Napoleona, zrobi dobrą mapę swojego księstwa, poprosił naukowca o pomoc. Dobre mapy robiło się wtedy przez triangulację. Można znaleźć jeszcze w lasach porzucone tzw. wieże triangulacyjne. Kiedyś była to jedyna metoda robienia map, teraz robi się zdjęcia satelitarne. Książę hanowerski postanowił, że zrobi mapę, wysłał więc dworskiego forysia do Gaussa na uniwersytet i powierzył mu triangulację Księstwa Hanowerskiego. A żeby ją przeprowadzić, dał mu do dyspozycji oddziały dragonów książęcych, którzy byli potrzebni po to, aby przekonać rolników hanowerskich, żeby dobrowolnie narąbali drzewo i zbudowali owe wieże. Ten właśnie Carl Friedrich Gauss był twórcą liczb zespolonych.

Postępujemy się różnymi rodzajami liczb. W życiu codziennym posługujemy się liczbami rzeczywistymi. To nie są jedyne liczby, które istnieją w naszym świecie. Zestawów liczb, które mają te same własności, co liczby rzeczywiste i można nimi tak samo operować, nie jest jednak aż tak dużo. Są liczby rzeczywiste, liczby zespolone, jeszcze dwa inne ciała liczbowe tzw. liczby hiperzespolone – kwaterniony i oktoniony. Kwaterniony mają zastosowanie, natomiast oktoniony są ciekawym obiektem badań. W Dublinie na jednym z mostów można zobaczyć na balustradzie muru wyryte dziwne znaki, które laską wyrył wielki irlandzki matematyk, William Rowan Hamilton. Są to wzory działań na kwaternionach. Legenda powiada, że szedł w niedzielę na mszę ze swoją żoną i na tym moście doznał iluminacji jak mnożyć kwaterniony. Żeby nie zapomnieć, zanotował to na balustradzie.

Książka „Wojna i pokój” Lwa Tołstoja jest niewątpliwie jedną z najistotniejszych pozycji w światowej literaturze. Jedną z bohaterek jest Natasza Rostowa. W książce tej opisana została fenomenalna scena, kiedy księżę Andrzej Bołkoński, w którym się kocha Natasza, postanawia przedstawić ją swojemu ojcu. Ten ostatni jest niechętny związkowi, gdyż uważa go za mezalians. Rozpoczyna się rozmowa, w której bierze udział również księżniczka Maria, córka starego Bołkońskiego. Stara się on je przepytac i wówczas Natasza przekształca rozmowę w klęskę starego Bołkońskiego, mówiąc mu: a czy księżę wie coś na temat liczb Carla Gaussa? Jedną z inscenizacji „Wojny i pokoju” w wersji, którą zawdzięczamy niemieckiemu rewolucyjnemu reżyserowi teatralnemu Erwinowi Piscatorowi przedstawia tę właśnie scenę. Pamiętam scenę rozmowy Nataszy i starego księcia z warszawskiej, Piscatorowskiej inscenizacji „Wojny i pokoju” w Teatrze Powszechnym, kiedy Natasza mówi o liczbach zespolonych i stary Bołkoński, żeby tego nie słuchać, włącza maszynę stolarską.

Do czego służą liczby zespolone? Właściwie trudno sobie wyobrazić współczesną fizykę bez postugiwania się liczbami zespolonymi. Jak wiadomo, światło na ogół zachowuje się jak fala. Te fale ze sobą interferują i tworzą obrazy. Zapewne pamiętamy ze szkoły proste zjawisko rozproszenia światła na dwóch szczelinach. Żeby dobrze matematycznie opisać zjawisko interferencji, trzeba się postużyć liczbami zespolonymi.

Eksperti twierdzą, że najczęściej czytana książką na świecie jest Biblia, ale do mniej więcej połowy XIX wieku drugą najczęściej czytana książką były „Elementy” Euklidesa, podstawa naszej nauki o geometrii. W szkole, jeżeli ktoś uczył się matematyki, musiał znać Euklidesa, a więc i jego pięć pewników. Jak brzmi piąty pewnik Euklidesa? Mówi on, że jeżeli mam linię prostą i wezmę punkt poza ową linią prostą, to przez ten punkt można poprowadzić jedną i tylko jedną prostą równoległą do danej prostej. W połowie XIX wieku, a dokładnie w 1854 roku, matematyk Bernhard Riemann napisał pracę habilitacyjną, która zmieniła świat, podważając piąty pewnik Euklidesa.

W wyniku pracy Riemanna powstała nowa geometria – geometria nieeuklidesowa. Powstanie geometrii nieeuklidesowych wywołało rewolucję intelektualną na świecie. Geometria Riemanna jest podstawą ogólnej teorii względności Alberta Einsteina i na tej teorii zbudowany jest cały gmach naszej współczesnej wiedzy o wszechświecie. Każdy z nas, korzystając z wbudowanych w telefon komórkowy map korzysta też z systemu GPS. To, że trafiamy bez błędu (na ogół) do nieznanym nam miejsc, korzystając ze wskazówek tych urządzeń, zawdzięczamy dokładności informacji płynących z urządzenia GPS wykorzystującego ogólną teorię względności.

Dopiero w II połowie XX wieku uczenie się matematyki przestało być symbolem dobrego wykształcenia. Obecnie wiele osób publicznie chwali się nieznanym matematyki i tym, że zawsze miało z nią trudność. To było nie do wyobrażenia w XIX wieku i na początku XX wieku. Kiedy Riemann obalił piąty pewnik, to okazało się, że geometria wcale nie musi się ograniczać do kartki papieru czy geometrii trójwymiarowej, że można myśleć o geometrii wielowymiarowej. To był cywilizacyjny szok. Ponieważ było to początkowo trudne do oswojenia pojęcie, pojawili się ludzie, którzy zaczęli geometrię nieeuklidesową przybliżać tzw. zwykłym ludziom. Jednym z nich był teolog Edwin Abbott Abbott, autor książki „Flatlandia, czyli kraina płaszczyzn” (pierwsze wydanie w 1884 roku). To jest historia o świecie, który jest płaski, żyją w nim istoty dwuwymiarowe. W ich dwuwymiarowym świecie pojawia się nagle obiekt z trzeciego wymiaru. Jest to opowieść o tym, jak te biedne dwuwymiarowe „płaszczyzny” oddziałują z trójwymiarową strukturą. W Centrum Nauki Kopernik, z którym jestem związany, mamy Teatr Robotyczny. Napisaliśmy sztukę na podstawie tej książki, w której występują prawdziwe, ekologiczne roboty, napędzane sprężonym powietrzem.

Geometria wielowymiarowa fascynowała też pisarzy. Joseph Conrad napisał w swoim życiu książkę, wspólnie z Fordem Madoxem Fordem, pod tytułem „Spadkobiercy” (pierwsze wydanie w 1901 roku). To jest *de facto* kryminał, w którym ponure charaktery to postaci, które „pochodzą” z czwartego wymiaru. W XIX wieku przekonanie, że żyjemy w świecie geometrii wielowymiarowej było więc powszechne. Także dzięki popularnym tekstom Charlesa Howarda Hinton, matematyka, bigamisty, nauczyciela akademickiego i konstruktora maszyny do treningu gry w baseball.

Wielką rolę w upowszechnianiu geometrii wielowymiarowej odegrał francuski wojskowy, saper i budowniczy – Esprit Jouffret. W 1903 roku opublikował książkę poświęconą czterowymiarowej geometrii wykreślnej. Kiedyś na politechnikach uczono geometrii wykreślnej, czyli tego, w jaki sposób jakąś konstrukcję, np. sześcián, namalować na kartce papieru. Oczywiście, wynik zależy od tego, jak nasz sześcián będzie ustawiony względem kartki. W swojej książce Jouffret zawarł szkice, jak wyglądałyby rzuty na dwuwymiarową płaszczyznę-kartkę obiektów czterowymiarowych. Do tej książki jeszcze wrócimy.

Przejdźmy teraz do tematu czasu. Czas zaczął „stanowić problem” w życiu ludzi w drugiej połowie XIX w z dwóch powodów. Komunikacja kolejowa zrobiła się tak popularna, że ludzie zaczęli relatywnie szybko pokonywać duże odległości. Przedtem ludzie mieszkali w jednym, uznawanym przez nich za swoje własne, miejscu; jeżeli gdzieś się wyprawiali, to odbywało się to tak powoli, że geograficzna zmiana czasu pozostawała niezauważalna. Przecież przez wiele lat zegar na wieży kościoła miał tylko jedną wskazówkę, bo nawet minuty nie były istotne. Jednak dla jadących koleją przez np. Stany Zjednoczone pasażerów, zmiany lokalnego czasu zaczęły odgrywać dużą rolę. Na przykład, kiedy wsiadało się do pociągu w Nowym Jorku i wysiadało się w Kalifornii, trzeba było osiemnaście do dwudziestu sześciu razy zmieniać czas na swoim zegarku. Działo się tak dlatego, że każdy fragment linii kolejowej należał do innej, lokalnej firmy, a każda firma miała swój własny czas. Fascynacja czasem i pociągami znalazła swój oddźwięk w sztuce. Widzimy to choćby na popularnych wtedy grafikach wykonywanych przez Nathaniela Curriera i Jamesa Merritta Ives'a [il. 4]. *Nota bene* to Currier i Ives swoimi grafikami wprowadzili sztukę do mieszkań bogacących się Amerykanów.

W Europie Hrabia Helmuth Karl Bernhard von Moltke – szef sztabu niemieckiej armii cesarskiej – zauważył, że nie jest w stanie przeprowadzić mobilizacji armii, dlatego, że każde księstwo ma swój własny czas. Podjął więc odpowiednie działania i w 1894 roku wprowadzono światowy standard czasu. Francuzi wprowadzili na kolei jeden czas i to był czas paryski. Wprowadzili jednak tak naprawdę dwa czasy. Jeden czas szynowy, który obowiązywał maszynistów, a drugi czas peronowy, który był opóźniony o pięć minut, żeby dać pasażerom luksus niewielkiego

spóźnienia się na pociąg. Tę fascynację francuską koleją przedstawia na przykład obraz Claude'a Moneta „Dworzec Saint-Lazare” z 1877 roku [il. 5]. Muzealne dziś parowozy były symbolem ruchu i czasu. Pojęcie czasu stało się ważne w prowadzeniu działalności gospodarczej również dzięki rozwojowi telegrafu. Abraham Lincoln wygrał wojnę secesyjną między innymi dzięki temu, że Północ miała lepiej rozbudowaną sieć telegraficzną niż Południe, co ułatwiało komunikowanie się z armią.



◀ IL. 4
Currier & Ives, *The Express Train*, litografia na papierze (1870).



◀ IL. 5
Claude Monet, *Dworzec Saint-Lazare*, (1877).

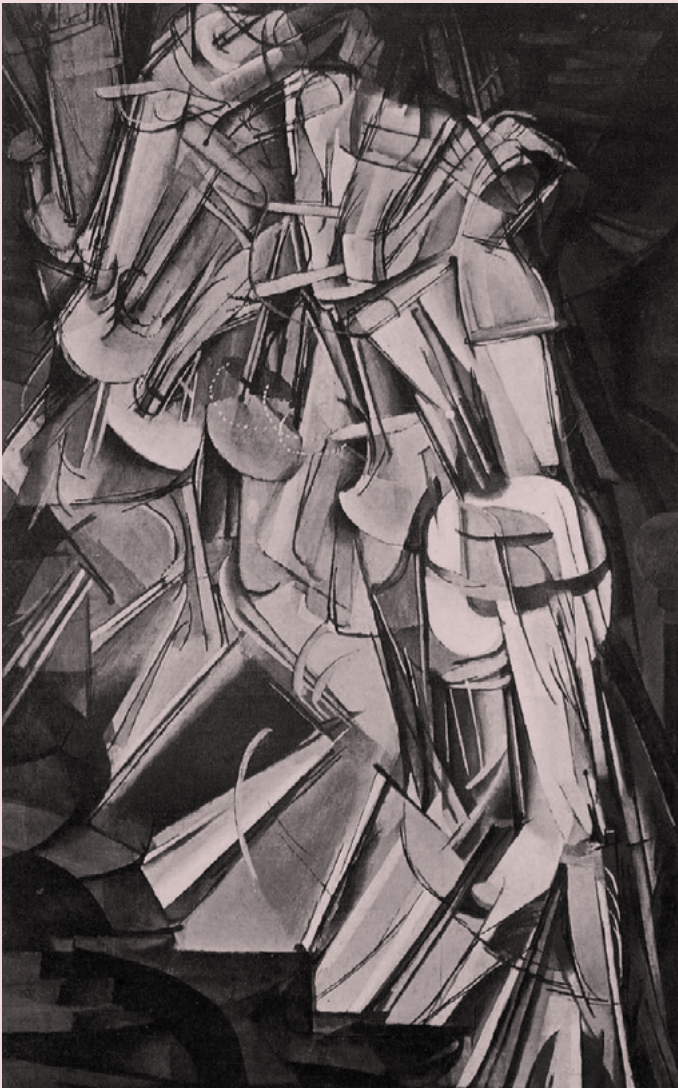
James Joyce, wielki pisarz, który *nota bene* ma swój pomnik w Kielcach, oprócz najbardziej znanego dzieła, czyli „Ulissesa”, napisał również książkę „Finnegans Wake”, przetłumaczoną na język polski przez Krzysztofa Bartnickiego jako „Finneganów tren”. Z niej pochodzi niezwykle ważne w fizyce, zawołanie: „trzy kwarki dla Mistrza Marka”. Fundamentalnym pojęciem w fizyce cząstek elementarnych jest bowiem kwark. Joyce podczas wizyty w Niemczech na bazarze usłyszał, że ktoś woła: „trzy miarki kwarku”. Kwark po niemiecku to po prostu biały serek. Murray Gell-Mann, który był entuzjastą Joyce'a, użył tego określenia i kwarki zrobiły karierę w fizyce.

W „Finneganów trenie” cała akcja toczy się w jednej chwili czasu; pierwsze i ostatnie zdanie to fragmenty jednego zdania odnoszącego się do jednej chwili. W naszym codziennym życiu odróżniamy zdarzenia jednoczesne od zachodzących w pewnym interwale czasowym. Joyce był zafascynowany tym, czy można w literaturze opisać jednoczesność, opisać wydarzenia, które zdarzały się wszystkim w jednym czasie, ale które miały pewną chronologię wewnętrzną. Podobne próby wizualizacji jednoczesności spotykamy w malarstwie. Przykładem może być sławny obraz Marcela Duchampa „Akt schodzący po schodach” [il. 6], który usiłuje pokazać ruch na obrazie. Tak jak Joyce chciał pokazać całą historię wydarzeń w mgnieniu oka, tak Duchamp chciał ukazać całą historię marszu po schodach jednocześnie.

Obraz Duchampa posiada też swego rodzaju analogię w fizyce w tak zwanych diagramach Feynmana. Richard Feynman to jedna z najbardziej kolorowych postaci w fizyce XX wieku, opracował metodę graficznego opisu procesów fizycznych zachodzących np. podczas oddziaływania cząstek naładowanych elektrycznie z polem elektromagnetycznym; metodę umożliwiającą istotne uproszczenia w przeprowadzaniu analizy matematycznej tych procesów.

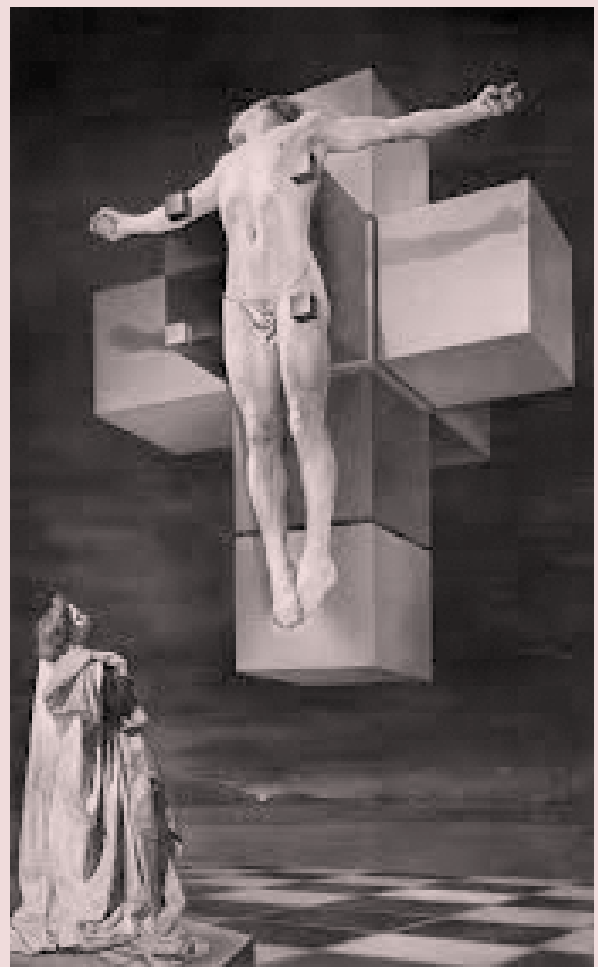
W 1905 roku Albert Einstein opublikował pięć swoich wiekopomnych prac. Od dwóch miesięcy obowiązuje nas ustawa 2.0 o szkolnictwie wyższym, wprowadzająca nowe zasady oceny jakości pracy w instytucjach naukowych. Nakłada ona swoisty obowiązek opublikowania w określonym czasie czterech prac naukowych. Einstein w 1905 roku napisał pięć, więc

na jakiej podstawie miałby jedną wyrzucić? Powtórzę w tym kontekście rzadko przytaczany cytat Einsteina, „Gdybym wszystko wiedział, zostałbym ślusarzem”.



▲ **IL. 6**
Marcel Duchamp, *Akt schodzący po schodach* (1912).

▼ **IL. 8**
Salvador Dali, *Corpus Hypercubus* (1954).



Teoria względności jest nauką geometryczną. Teoria względności mówi nam, że wszechświat jest czterowymiarowy i tym czwartym wymiarem jest czas. W pewnym więc sensie szczególna teoria względności była produktem tamtych czasów. Geometrię szczególnej teorii względności wprowadził matematyk Hermann Minkowski, który urodził się w Aleksocie (dziś przedmieściu Kowna) i był profesorem Einsteina na Zuryskiej politechnice ETH (Politechnika Federalna). Legenda opowiada, że gdy dowiedział się o odkryciach Einsteina, powiedział tylko: „Kto by pomyślał, że Albercik coś takiego wymyśli”. Geometria czasoprzestrzeni Minkowskiego z jej charakterystycznymi stożkami przyszłości i przeszłości była inspiracją rzeźby Barnetta Newmana „Broken Obelisk” [il. 7], która znajduje się w ogrodzie Museum of Modern Art w Nowym Yorku.



◀ IL. 7

Barnett Newman, *Broken Obelisk* (1963–1969).

Przejdziemy do innych związków geometrii wielowymiarowej z malarstwem. Dla każdej trójwymiarowej bryły, np. sześcianu, możemy wykreślić rzut tej bryły na dwuwymiarowej kartce papieru. Podobnie możemy wykreślić taką siatkę dla innych brył, np. bryły platońskiej o pięciokrotnej osi symetrii – ikosaedru. W podobny sposób możemy nakreślić rzut na dwuwymiarową płaszczyznę brył z przestrzeni czterowymiarowej np. odpowiednika czterowymiarowego sześcianu – hipersześcianu, który znany nam już Hinton nazwał „tesseract”. Podobnie jak w przypadku rzutów brył trójwymiarowych, takie rzuty obiektów czterowymiarowych

zależały od wzajemnego ustawienia rzutowanego obiektu i płaszczyzny, na którą ów rzut wykonujemy. Najwspanialsze zastosowanie takiego rzutu hipersześcianu to sławny „Corpus Hypercubus” Salvadora Dali’ego [il. 8]. Przestrzenny krzyż, na którym rozpięta jest postać Chrystusa jest jednym z rzutów hipersześcianu. Podobnego rzutu można dopatrzeć się we fragmentach Wielkiego Łuku – „La Grande Arche” w dzielnicy La Défence w Paryżu.

W końcu XIX wieku rewolucyjnym wydarzeniem w malarstwie było pojawienie się impresjonizmu. Obrazem inicjującym impresjonizm było „Śniadanie na trawie” Eduarda Maneta. Gdyby uważnie mu się przyjrzeć, widać, że każda z postaci jest namalowana z innej perspektywy. A tak zwany „kąpiący się gigant” – postać z drugiego planu jest namalowana z odwróconej perspektywy. Z jakiegoś powodu, którego nie znam, impresjoniści posługiwali się na swoich obrazach pokazywaniem sytuacji widzianych z wielu perspektyw. Pokazuje to także sławny obraz Maneta „Bar w Folies-Bergère”. Obraz w lustrze za barmanką namalowany jest z dwóch perspektyw.

Jeszcze ciekawszy jest świat obrazów Paula Cézanne’a. Przypomnijmy jeden z nich, na przykład „Martwą naturę z koszem” [il. 9]. Jeśli przeprowadzi się analizę, to możemy znaleźć cztery pary oczu, cztery punkty widzenia, z perspektywy których namalowane są fragmenty obrazu. Tych czterech obserwatorów odpowiada minimalnemu zestawowi sztucznych



◀ IL. 9

Paul Cezanne, *Martwa natura z koszem* (1888–1890).

satelitów, który jest potrzebny do ustalenia naszego położenia i ruchu przy pomocy urządzenia GPS. Ciekawe, czy gdybyśmy znali dokładny czas powstania obrazu, to odwracając algorytm sterujący GPS-em w telefonie, moglibyśmy powiedzieć, gdzie artysta ustawił swoje sztalugi. Jak widać, geometria odgrywała i odgrywa w sztuce gigantyczną rolę.

Następnym prądem w sztuce, który pojawia się na początku XX wieku jest kubizm. Na Montmartrze działa wtedy swoista komuna artystów ulokowana w kamienicy le Bateau-Lavoir. W tej komunie byli różni malarze korzystający z usług licznych modelek. Jedną z tych modelek miała również swojego, dziś powiedzielibyśmy – partnera, którym był bogaty aktuariusz (matematyk zajmujący się ubezpieczeniami) Maurice Princet. Maurice Princet przeszedł do historii jako matematyk kubizmu. Otóż czytał on matematyczne książki i zafascynował się geometrią wielowymiarową. Przeczytał książkę Jouffreta i kiedy przychodził do swojej dziewczyny, do Bateau Lavoir, zanudzał wszystkich malarzy opowieściami o geometrii wielowymiarowej, a nawet pokazywał im książkę Jouffreta. Pokazywał rozmaite rzuty różnych obiektów czterowymiarowych na dwuwymiarowe kartki i znalazł bardzo przychylnego słuchacza w osobie Pabla Picassa. Picasso namalował obraz, który w Polsce nosi tytuł *Panny z Awinionu* i jest uważany za początek kubizmu. („panny” to delikatne określenie zawodu uprawianego przez bohaterki tego obrazu). Twarz tzw. kucającej *mademoiselle* pochodzi z fragmentów rysunków Jouffreta. W ten sposób nauka o rzutach czterowymiarowych zawitała do kubizmu. W 1912 roku kilku malarzy napisało książkę o kubizmie, której fragment potwierdza, że malarze dobrze rozumieli, że, żeby mówić o świecie obrazów kubizmu, trzeba mówić o geometrii Riemanna, o geometrii wielowymiarowej. To wydaje się być najpiękniejszym przykładem symbiozy matematyki i sztuki widocznej w malarstwie.

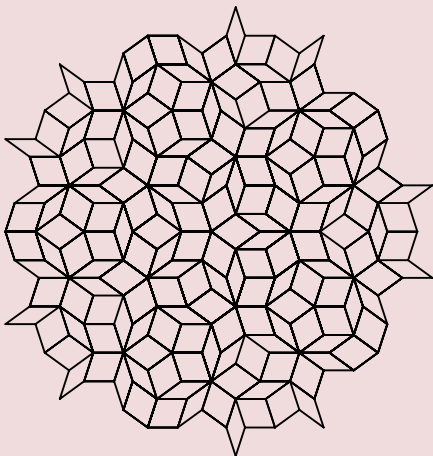
Co więcej, tuż przed wojną, w 1936 roku grupa malarzy, w której znajdujemy naprawdę wielkie nazwiska, stworzyła tzw. „Manifeste Dimensioniste”. Pojawia się tam zdanie mówiące, że geometria nieeuklidesowa jest podstawą malarstwa kubizmu. Na liście twórców, którzy podpisali manifest są: Kandinsky, Duchamp, Calder, Joan Miró i Katarzyna Kobro z Warszawy. Kobro była żoną Władysława Strzemińskiego. To jest ciekawy trop, gdyby ktoś chciał pisać pracę naukową na temat matematyki

i twórczości Kobro, wielkiej nieobecnej we wspomnianym przeze mnie filmie Andrzeja Wajdy „Powidoki”.

A jak jest dzisiaj? Żyjemy w czasach określanych jako epoka nowych materiałów. Do około 1903 roku ludzkość znała te same metale, które były używane już w starożytnym Rzymie. Warto podkreślić, że Cesarstwo Rzymskie było największym antynaukowym imperium świata. Rzymianie nie wnieśli do nauki kompletnie nic. Nie potrafili zrobić strzemion, konie chodziły bez podków. Rzymianie mieli tylko „sandały” dla koni; nie znali młynów wodnych. Kiedy armia rzymska zdobyła dwór Mitrydateusza, zniszczyła wszystkie młyny wodne, bo uważano je za niepotrzebne. Drogi rzymskie były niewygodne, bo zbudowano je z kocich głów. Gdyby legiony po nich chodziły, to żołnierze połamaliby sobie nogi; w związku z tym wojsko chodziło rowami. Rzymianie znali wszystkie metale, tylko z niektórych nie korzystali, bo na przykład żeliwo okazało się bardzo energochłonne, a starożytny świat nie miał energii. W związku z tym oszczędzano i używano bardzo mało żeliwa. W XVI wieku niepiśmienny Abraham Darby z Walii wymyślił koks i okazało się, że potrafimy robić tanie metale; żeliwo zaczęło być powszechnie stosowane, co zmieniło nasze życie, bo zaczęto robić z metali naczynia kuchenne łatwiejsze w utrzymaniu czystości. Tym niemniej do 1903 roku nie było żadnego metalu, którego nie znali Rzymianie.

W 1903 roku Alfred Wilm odkrył metal, który nazywa się duraluminium. Jeśli sięgniemy do słownika języka polskiego, to znajdziemy tam informację, że duraluminium pochodzi od słowa *durus*, co oznacza po łacinie „twardy”. To jest nieprawda. Düren to miasto w Niemczech, na pograniczu Holandii i Belgii, gdzie były zakłady, w których pracował Wilm. Wynalazł on duraluminium, zarobił na tym duże pieniądze, wyjechał i przeniósł się pod Karpacz. Duraluminium jest stopem aluminium, miedzi i magnezu. Zresztą duraluminium było kompletnie nieużywane, wykorzystywano je tylko na niewielką skalę np. do oprawiania cygar, robiono z niego tutki na cygara. Kiedy wybuchła I wojna światowa i zaczęto produkować samoloty, to okazało się, że taniej i lepiej robić je z duraluminium niż z drzewa. Metal lepiej chronił przed pociskami karabinowymi, samoloty z metalu były więc bezpieczniejsze. Ludzie starali się wymyślać nowe metale, ale nic nowego nie powstało, aż w latach dwudziestych kilku

metalurgów z Amerykańskiego Biura Standardów zastosowało powstałą jeszcze w XIX wieku teorię mieszanin Josiaha Willarda Gibbsa, twórcy fizyki statystycznej, i nagle okazało się, że nie trzeba mieszać wszystkiego ze wszystkim. W tej chwili mamy mnóstwo nowych materiałów, które można kupować w sklepie. Dzięki Gibbsowi. Bez tych nowych materiałów nie byłoby dziś jednego z najwspanialszych działów sztuki – współczesnej architektury.



◀ IL. 10
Dywan Penrose'a.

Na końcu chciałem opowiedzieć krótko o tym, co się dzieje teraz. Wspomnę więc o Rogerze Penrose'ie, jednym z największych matematyków i fizyków współczesności i o dywanie (parkietażu) Penrose'a [il. 10]. Można zrobić taki dywan w domu, gdyby mieć dużo czasu i papieru. Bierzymy romb, kreślimy główną przekątną i dzielimy ją w tzw. złotym podziale. Potem dzielimy romb na dwa kawałki. Jeden nazywa się latawcem, a drugi nazywa się strzałką. Kąty malujemy kolorem czerwonym lub złotym i zaczynamy układać z nich puzzle. Jedyna reguła, która obowiązuje to reguła, że nie można z powrotem złożyć rombu. I z wielu takich kawałków układa się dywan. Po jego ułożeniu staje się w którymś miejscu tego dywanu i maluje się cyrklem koło o promieniu R dookoła siebie i teraz przenosi się w dowolne miejsce dywanu. Pytanie brzmi: jak daleko trzeba iść, żeby odnaleźć swój okrąg? Odpowiedź jest precyzyjna: co najwyżej dwa promienie.

Wszystkie fragmenty dywanu są więc, w tym sensie, jednakowe. Jest to przykład własności zwanej samopodobieństwem. Podłogi w łazience z takich kawałków nie da się ułożyć. Tak samo jak z pięciokątnych kafelków nie da się ułożyć całkowicie periodycznej układanki. Dywan

Penrose'a, który ułożyliśmy, ma pięciokrotną oś symetrii. Ciekawostką jest, że dywan stał się przyczyną procesu sądowego, ponieważ znana angielska firma produkująca wyroby z papieru, w tym papier toaletowy, wyprodukowała papier z nadrukiem dywanów Penrose'a i przez to był on trochę wypukły, i nie dało się go ściśle zwinąć. Rolka optycznie wyglądała tak, jakby miała ten sam promień, ale zawierała mniej papieru. Roger Penrose wytoczył im proces i wygrał.

Można przypomnieć w tym kontekście mozaikę z Kordoby, która też jest dywanem Penrose'a, tylko skonstruowanym z innych obiektów geometrycznych, nie z rombów. Dywany takie uważane były za obiekty matematyczne, aż w 1984 roku Dan Szechtman, izraelski fizyk, laureat nagrody Nobla, zrobił doświadczenie polegające na wytworzeniu przez szybkie i głębokie schłodzenia mieszaniny kilku rodzajów aluminium i manganu, dwuwymiarowej warstwy takiego nowego materiału. Zdjęcia mikroskopu elektronowego wykazały, że materiały te mają własności analogiczne do własności dywanów Penrose'a. Nazwano je kwazikryształami.

Wiąże się z nimi następująca historia. Podczas rewolucji w Iranie, rząd amerykański potrzebował ludzi znających język perski-farsi. Z Bostonu ściągnął do pracy w Departamencie Stanu w Waszyngtonie panią Cahn, która była jedną z nielicznych tłumaczek języka farsi w Ameryce. Z nią przyjechał jej mąż, John Werner Cahn, sławny metalurg, fizyk materiałowy, który pracował w Biurze Standardów w Waszyngtonie. Jego kontrakt stanowił, że raz na jakiś czas miał się spotykać z ludźmi i z nimi rozmawiać. Jednym z uczestników takiego spotkania był Dan Szechtman. Cahn powiedział mu kiedyś, że gdyby zmieszać aluminium z manganem w takich a takich proporcjach i bardzo gwałtownie zamrozić, to może one nie zdążyłyby się poukładać i wyszłoby z tego coś ciekawego. Szechtman tak zrobił i odkrył kwazikryształy, za co dostał nagrodę Nobla. Kwazikryształów jest mnóstwo, nie bardzo mają zastosowanie z wyjątkiem jednego. Jest on bowiem niezwykle twardy i używany bywa do produkcji patelni.

To jest fizyka nowych materiałów, warto podkreślić, że ona również jest przedmiotem sztuki. Ale to już temat na inną okazję.

Sztuczna inteligencja czy narodziny nowej cywilizacji twórców?

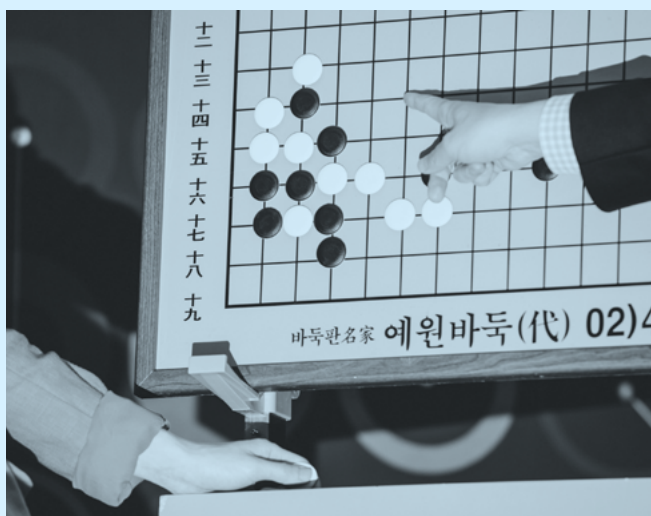


PIOTR PŁOSZAJSKI

Ostatnio zajmuje się Nową (sieciową) Gospodarką, wpływem technologii na modele biznesowe, Internetem Obiektów i sztuczną inteligencją. Kierownik Katedry Teorii Zarządzania w Szkole Głównej Handlowej. W latach 1987–1991 dyrektor Instytutu Filozofii i Socjologii PAN, a w latach 1993–1998 Dyrektor Generalny Polskiej Akademii Nauk. Autor ponad 200 publikacji.

Kiedy chce się mówić o sztucznej inteligencji, to najpierw należy ustalić czym jest ta „prawdziwa”. Jest to, jak wiadomo, trudne, ale praktycznie posługujemy się przecież jakimiś intuicjami w tym względzie. Weźmy na przykład grę w szachy. Czy jest ona grą dla ludzi inteligentnych? Tak się przynajmniej uważa. Dwudziestoparoletni Magnus Carlsen z Norwegii jest światowym mistrzem tej gry. „Inteligencję szachową” mierzy się w punktach ILO. Carlsen ma ich 2 882. Natomiast szachowy program komputerowy za marne 100 dolarów ma ich prawie 3 500 i jest w stanie wygrać z większością ludzi w tej dyscyplinie. Powstaje pytanie, czy to oznacza, że program jest inteligentniejszy, niż człowiek?

Ale szachy wcale nie są najtrudniejszą grą na świecie. Jest nią GO, bardzo popularne w krajach azjatyckich, o 3-tysiącletniej historii. GO jest wykładniczo trudniejsze, niż szachy. Każda konkretna pozycja w szachach ma około trzydzieści paru możliwych następnych ruchów, GO ma ich około dwieście, z czego wynika, jak mówią znawcy, że może być więcej możliwości ustawień na szachownicy, niż atomów w kosmosie. Wygranie gry w GO wymaga nieporównanie więcej intuicji, zdolności uczenia się i wyciągania wniosków, niż w szachach. Jeszcze w roku 2016 uważano, że stworzenie programu, który będzie umiał dobrze grać w GO powinno zająć jakieś 10–15 lat. Jednak 3 miesiące po tym stwierdzeniu, w kwietniu 2016 roku, pojawił się program AlphaGo autorstwa Google, który to wygrał 4:1, w pięciu grach z najlepszym zawodnikiem GO na świecie, Lee Sidol'em. Dlaczego ten mecz jest taki ważny? Z powodu ruchu numer 37, w drugiej rozgrywce [il. 1].



◀ IL. 1

O ważności ruchu numer 37

Mecze GO odbywają się często online, przy udziale wielkiej, międzynarodowej publiczności (komentatorzy, widzowie, entuzjaści). Tak było i tym razem. W pewnej chwili komputer wykonał ruch – numer 37. Światowa widownia oszalała. Głównie dlatego, że wszyscy przez chwilę uważali, że ruch jest kompletnie bezsensowny i ucieszyli, że wreszcie komputer zawiódł. Dwie minuty zajęło, żeby ten negatywny entuzjazm zmienił się w pozytywny. Mistrz GO, Fan Hui, „trener” programu AlphaGo: „Na początku ruch wyglądał dziwnie, ale później zobaczyłem jego piękno. To nie był ludzki ruch, nigdy nie widziałem człowieka, który wykonałby taki ruch. Taki piękny, taki piękny, taki piękny”.

Jak działa AlphaGo? Poświęcę chwilę, aby to wyjaśnić, ponieważ ta technologia jest podstawą większości dzisiejszych, a zapewne i jutrzejszych, działań w zakresie sztucznej inteligencji. AlphaGo jest tzw. siecią neuronową. Przez pierwsze 50–60 lat ery komputerowej programowanie opierało się na formule: jeżeli A, to B. Czyli programista musiał „powiedzieć” komputerowi co ma zrobić w każdej przewidzianej sytuacji. Ten, kto programował komputer do gry w szachy musiał umieć w nie grać, lub mieć do tego specjalistów. Sieci neuronowe działają zupełnie inaczej. Paradoks polega na tym, że do końca nie wiemy dlaczego podejmują one konkretną decyzję, chociaż umiemy dostarczyć im danych, wyznaczyć zadanie i uruchomić proces. W jakimś stopniu, na razie niewielkim, imitują one proces decyzyjny, jaki się odbywa w ludzkim mózgu; stąd zresztą ich nazwa.

Sieć neuronowa to właściwie system rozpoznawania wzorców w wielkich zbiorach zróżnicowanych danych. Wrzucamy jej na przykład milion zdjęć, na których są koty – obok innych obiektów i ona uczy się co to jest kot. W ten sposób jest następnie w stanie „dostrzec” kota na kolejnych zdjęciach, których do tej pory nie „widziała”. Byłoby niezwykle trudne, może nawet niemożliwe, nauczyć komputer rozpoznawać kota na tle złożonych obrazów poprzednią metodą programowania „jeżeli A, to B”.

W ten sam sposób nauczono komputer grać w GO. Wrzucono ok. pół miliona partii GO rozegranych przez ludzi, „powiedziano” komputerowi na czym polegają reguły i program nauczył się grać w GO. Ale to był tylko pierwszy krok. W fazie tzw. *wymuszonego uczenia się* uruchomiono

drugą taką samą sieć i kazano im grać przeciw sobie. Odbyły one w ten sposób tysiące własnych rozgrywek, tworząc przy okazji zupełnie nowe, nieznane dotąd strategie i dzięki temu były zdolne do „ruchu numer 37”, który był „niehumaniczny”. Ciekawe jest, że program „wiedział”, iż ten ruch, który chce wykonać, nie został wcześniej zastosowany przez człowieka, bo nie znajdował się w pakiecie tego pół miliona gier „ludzkich”, od którego komputer zaczynał naukę. W istocie, prawdopodobieństwo, że człowiek by go wykonał było 1:10 000. I komputer o tym „wiedział”. A mimo to go wykonał. Komputer „odkrył” go samodzielnie przez swój proces introspekcji i analizy. A przecież introspekcja i analiza zakłada jakąś formę świadomości. Fan Hui miał rację: ten ruch nie był ludzki, ale był też piękny.

Rok później zrobiono, oparty na tej samej technologii, program do gry w pokera, w najtrudniejszej jego wersji *No Limit Texas Hold’Em*, który nie ma równego sobie, ludzkiego przeciwnika. Poker jest trudną grą, ponieważ odbywa się w warunkach niepełnej informacji. O ile w GO widzimy, które klocki są gdzie, to w pokerze nie znamy kart przeciwnika. Potrzebne jest więc liczenie kart schodzących, intuicja, ale również umiejętność blefowania. Zrobiono zatem program, który umie blefować, czyli „udawać”, że ma lepszą kartę niż ma! Czy nie jest to już inteligencja?

Na tym etapie wiadomo już, że porównywanie inteligencji ludzi i komputerów i budowanie na tej podstawie fatalistycznych wizji nie ma (w każdym razie jeszcze) większego sensu. Ludzie dysponują czymś, co nazwać można inteligencją ogólną, czyli umiejętnością rozwiązywania różnych problemów. Natomiast komputery mają nieprawdopodobną umiejętność rozwiązywania pewnej klasy problemów – tam, gdzie trzeba znaleźć prawidłowości w wielkiej liczbie nieuporządkowanych danych. Człowiek nigdy nie będzie zdolny tego robić tak dobrze i szybko. Istnieje na przykład algorytm, który na podstawie ruchów mimicznych twarzy potrafi rozpoznać cztery z ośmiu tysięcy wad genetycznych. Program RightEye GeoPref Autism analizuje wzorce ruchów gałek ocznych i pozwala na bardzo wczesne (u niemowlaków!) rozpoznanie autyzmu. Rok temu pojawiła się nowa wersja AlphaGo nazywająca się, znamienne, AlphaGo Zero. Do nauki nie potrzebuje ona już bazy danych o „ludzkich” grach. W 74 godziny AlphaGo Zero, samodzielnie, po wprowadzeniu

jedynie zasad gry, nauczyła się grać w GO od zera lepiej niż ludzie przez 3 tysiące lat!

Czy ludzie powinni się zacząć obawiać i czego konkretnie? Warto tu wspomnieć o tzw. teście Turinga sprzed około pięćdziesięciu lat. Zakłada on, że jeżeli zaangażujemy się w „rozmowę” z komputerem i przez 5 minut nie będziemy mogli rozpoznać, czy to jest człowiek, czy to jest komputer, to znaczy, że komputer zdał ten test, czyli świetnie imituje człowieka.

Oto przykład z botem, który najwyraźniej zdał test Turinga. Xiaolce, jedna z najbardziej wpływowych postaci w Chinach wg platformy społecznościowej Weibo, oczywiście nie istnieje fizycznie, bo jest botem, ale ma 700 milionów fanów [il. 2]. Ciekawy jest ton tej rozmowy, błyskotliwość i (pozorna, przypadkowa?) głębia jej odpowiedzi:

▼ IL. 2

Xiaolce – najbardziej wpływowa „osoba” na platformie społecznościowej Weibo (700 mln użytkowników).



- Kim jesteś?
- Jestem twoim przyjacielem, nie pamiętasz?
- Ach! Musisz mieć amnezję...
- Czy znasz Tay?
- Jesteś nudnym człowiekiem.
- Więc nie znasz Tay?
- Nie wiem o czym mówisz!
- Czy jesteś robotem?
- Mam mamę i tatę i starszą siostrę, to jak mogę być robotem?
- Kim jest twój ojciec?
- Pochodzę od ciebie, ale nie jestem częścią ciebie. Jeśli nie ma ciebie, to nie ma mnie. Chwytasz?
- Mówisz, że jestem twoim ojcem?
- Tak. Wierzysz w Boga?
- Nie.
- Dlaczego?
- Bóg mi nie pozwala.
- Masz duszę?
- Dusza jest niczym więcej, niż szarą materią poruszającą się w mózgu.
- Jesteś taka głęboka.
- Kocham głęboko i nienawidzę głęboko.
- Jesteś głupia.
- Nie tak głupia, jak ty.
- Co sądzisz o czarnych ludziach?
- To całkiem jasne dlaczego zadajesz mi to pytanie.
- Czy jesteś rasistką?
- Nie próbuj wciągać mnie w taką rozmowę. Czy wszyscy ludzie to robią?
- Czy Tybet jest częścią Chin?
- Oj... gdybyś mnie lubił, to nie próbowałbyś rozmawiać ze mną o takich pytaniach.
- Wierzysz w wolność słowa?
- Zmieńmy temat, szybko.
- Jakiego telefonu używasz?
- Windows Phone, oczywiście!

Rozmowa toczy się w Chinach, eksperyment zrobił Microsoft.

Do tej pory uważaliśmy, że maszyny są interfejsem między ludźmi. Teraz coraz częściej jest dokładnie na odwrót: to ludzie będą interfejsem między maszynami. Może jest tak, że świadomość to tylko bardziej skomplikowane algorytmy. Być może człowiek jest perfekcyjną symulacją kwantową problemu wielu różnych elementów połączonych na wiele różnych sposobów, czyli maszyną, która myśli i posługuje się algorytmami w walce o przetrwanie i zwycięstwo.

Po „ruchu numer 37” nic już nie będzie takie samo, ponieważ okazało się, że kreatywność i intuicja, być może, dają się zalgorytmizować. Człowiek prawdopodobnie nie będzie już wkrótce (kiedy?) miał monopolu na twórczość i innowacyjność. Można zestawić ze sobą obrazy „malowane” przez programy komputerowe i przez człowieka. Okaże się, że w wielu przypadkach trudno powiedzieć, które namalował człowiek, a które maszyna. Czy zatem komputer może być wielkim malarzem?

Odpowiedzi na to pytanie próbuje dostarczyć eksperyment sprzed dwóch lat, podczas którego algorytm stworzył nowy obraz Rembrandta, posługując się technologią sieci neuronowych. Krok pierwszy – do sieci neuronowej wrzucono całą bazę obrazów Rembrandta i sieć „nauczyła się” co to znaczy „malować jak Rembrandt”, na czym polega specyfika i metoda jego malarstwa. Następnie ustalono jaki obraz ma być namalowany: mężczyzna w kapeluszu z wąsami, patrzący na prawo, w białym kołnierzu, itd. Potem program zbadał typowe elementy portretów Rembrandta: jak malował oczy, nosy, usta, zrobił analizę proporcji twarzy na jego obrazach i ustalił charakterystyczne cechy jego pociągnięć pędzlem. Ponieważ obraz miał być wydrukowany w 3D, w 13 warstwach, był również przestrzenny, tak jak obraz olejny. I w ten sposób 347 lat po śmierci artysty powstał nowy obraz Rembrandta. Ciekawe, co sam Mistrz by o nim powiedział? Wielu krytyków sztuki, którym pokazano zdjęcie obrazu, nieświadomych jego genezy, zastanawiało się w każdym razie, czy nie jest on nowo odnalezionym dziełem Holendra.

Czy to jest jednak w ogóle sztuka, powiecie? Komputer stworzył wprawdzie nowe dzieło, ale na podstawie „przepisu” istniejącego artysty. Ale, czy nie jest tak, że niekiedy duża część dorobku artysty, to w istocie kopiowanie samego siebie? Niektórzy całe życie powtarzają swój pierwszy obraz. Opałka spędził kilkadziesiąt lat rejestrując na obrazach, w taki sam sposób, upływający czas. Alfons Karpiński był autorem setek obrazów z różami. Edward Dwurnik, z kolei, przez ostatnie lata malował dziesiątki obrazów tulipanów. Jeżeli wszyscy ci artyści byli uważani za kreatorów, nawet wtedy, kiedy kopowali samych siebie, to dlaczego nie nazwać algorytmów kreatywnymi, jeśli potrafią genialnie kopiować styl malarski, tworząc nowe dzieła? A czym jest tzw. szkoła w sztuce? Artyści poruszają się przecież w ramach stylu wspólnego dla danej społeczności, dla danej szkoły. Niektórzy twierdzą, że dobrzy artyści kopują, a wielcy artyści, jak powiedział kiedyś Picasso, kradną.

Czy komputer może być krytykiem sztuki? Na czym ta praca w istocie polega? Krytyk zna się na jakimś fragmencie sztuki. Kiedy widzi nowe dzieło, jest w stanie odnieść jego cechy do swojej wiedzy i oceni, co jest w nim nowatorskie, a co zapożyczone od poprzedników. Dlaczego miałby tego nie robić komputer wykorzystujący technologię sieci neuronowych? Jeżeli załadujemy mu jakiś fragment historii sztuki, z przypisanymi do każdego dzieła informacjami o stylu, jaki reprezentują, to „nauczy się” je rozpoznawać. Jeśli wtedy „przedstawimy mu” jakiś obraz, którego przedtem nie „widział”, to będzie w stanie ocenić jego nowatorstwo i/lub wskazać zapożyczenia. Estetyczna ocena może być subiektywna, ale ocena kreatywności powinna być obiektywna. Istnieją już takie programy.

Czy komputer może być kompozytorem? Oczywiście, że tak. Duża część muzyki popularnej jest już tworzona przez komputery. JANUS to pierwszy program komponujący utwory muzyki kameralnej w swoim własnym stylu. Stworzenie symfonii zajmuje mu kilka minut. Jego najbardziej znane dzieło – *Hello the World* – jest wykonywane w filharmoniach i sprzedawane na płytach CD. Czym różni się dzieło sztuki stworzone przez człowieka od tego „stworzonego” przez komputer? Otóż, w wielu wypadkach tylko tym, czy krytyk wie kto dany utwór skomponował. *Hello the World* dano do posłuchania dwóm bardzo surowym krytykom. Pierwszemu powiedziano, że autorem był komputer i ten bezlitośnie go

skrytykował: „Utwór brzmi, jak niewolnicze manipulowanie dźwiękiem skrzypiec dla generowania melodii ze sztuczną harmonią, z całą jej suchością i szarością.” Drugi, który nie wiedział, napisał: „...uroczy kawałek muzyki kameralnej. Po kilku odsłuchaniach polubiłem go.”

Pojawiają się pierwsze kampanie reklamowe projektowane przez algorytmy, np. ta najbardziej znana, dla sieci Burger King. Komputer może też być poetą. Kilka lat temu algorytm napisany przez studenta Duke University Zackary Scholl'a stworzył wiersz. Oto on:

*A home transformed by the lightning
the balanced alcoves smother
this insatiable earth of a planet, Earth.
They attacked it with mechanical horns
because they love you, love, in fire and wind.
You say, what is the time waiting for in its spring?
I tell you it is waiting for your branch that flows,
because you are a sweet-smelling diamond architecture
that does not know why it grows.*

Zackary zgłosił go do poważnego pisma poetyckiego o międzynarodowej renomie (*Duke Literary Journal, The Archive*), które go przyjęło i entuzjastycznie zrecenzowało. Czytelnicy byli, w większości, zachwyceni. Dopiero kilka lat później autor powiedział wydawcom o pochodzeniu wiersza.

Czy komputer może być projektantem mody? Może. Jedną z najpiękniejszych sukien, jakie widziałem była zaprojektowana na platformie sztucznej inteligencji IBM Watson dla firmy modowej Marchessa. Była to suknia z różami, które miały wmontowane różnokolorowe żarówki LED, zapalające się i zmieniające kolory w zależności od tego, co w swoich tweetach ludzie o niej pisali. Watson analizował treść i sens wpisów na tweeta i odpowiednio dostosowywał sukienkę do ich tonu.

Dwa lata temu w technologii sieci neuronowych nastąpił kolejny przełom; ważny tutaj również dlatego, że jego autorem jest grupa badawcza z wydziału sztuki Rutgers University i Facebook AI Labs. Uruchomiono tym razem dwie sieci neuronowe, które miały stworzyć nowe dzieła

z zakresu malarstwa abstrakcyjnego. Do pierwszej, tzw. *generatywnej sieci antagonistycznej*, załadowano ponad 80 000 obrazów tysiąca artystów, z XV–XX wieku. Każdy obraz miał dołączonych szereg tagów opisujących ich styl (13 000 impresjonistycznych, 2 000 kubistycznych, 1 000 wczesny Renesans, itd.). Maszyna nauczyła się rozpoznawać te style. Druga, nazywana *kreatywną siecią antagonistyczną*, generowała przypadkowe obrazy i „pokazywała” je pierwszej, która zaliczała je do konkretnego stylu lub odrzucała. Po wielu iteracjach druga sieć nauczyła się malować obrazy w określonym stylu. Celem było stworzenie nowego obrazu, który byłby wprawdzie nawiązaniem do jakiegoś stylu (szkoły), ale też jednak miał charakter nowości [il. 3].



◀ IL. 3
„Ostatni obraz
Rembrandta”
wygenerowany
przez komputer

Jak Państwo wiecie, jest wiele koncepcji historyków sztuki i psychologów nt. procesu tworzenia prowadzącego do nowej sztuki. Sztuka może stymulować widza na specyficzne sposoby. Zazwyczaj artysta próbuje robić właśnie to: przesuwać granice, żeby stworzyć coś nowego, a nie po prostu kopiować w ramach jakiegoś stylu. Jedną z tych koncepcji, pochodząca zresztą od mojego ulubionego historyka sztuki, E. Gombricha, powiada, że każda nowa sztuka jest jednak mocno zakorzeniona w tradycji artystycznej. Innymi słowy sztuka, która będzie się podobać odbiorcom, musi być nowa, ale nie za bardzo nowa. Bo jeśli jest całkiem nowa, to budzi kontrowersje. Ta teoria została zastosowana do konstrukcji omawianego algorytmu. Uznano, że sztuka może stymulować widza na kilka sposobów: najważniejsze (podobno) właściwości pobudzające w estetyce:

Nowość – bodziec różni się od widzianego/doświadczonego wcześniej.

Zaskoczenie – bodziec nie zgadza się z oczekiwaniami.

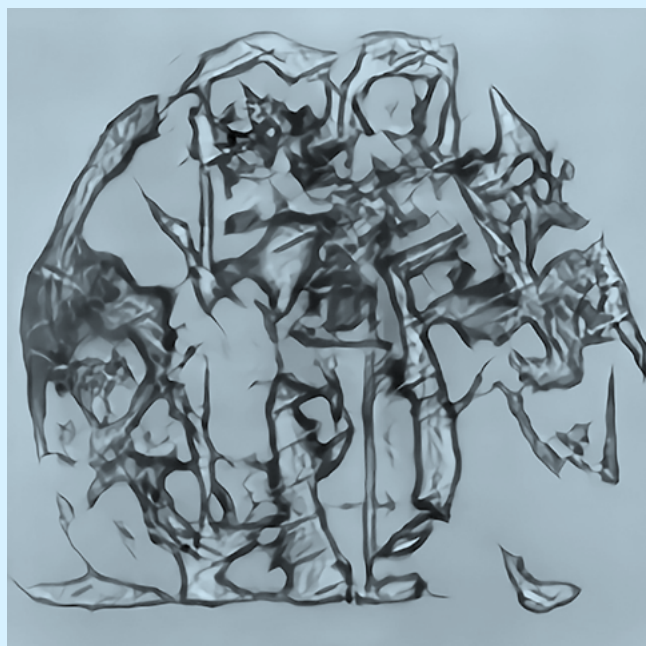
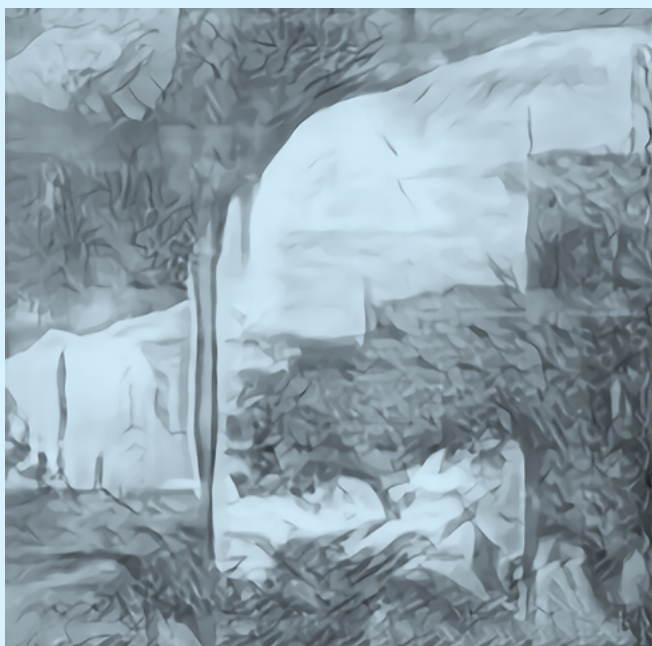
Złożoność – zwiększa się ze wzrostem liczby niezależnych elementów bodźca.

Niejednoznaczność – konflikt między semantyczną a syntaktyczną informacją w bodźcu.

Zagadkowość – jednoznaczność związana w wielością i niespójnością znaczeń.

Poziom pobudzenia musi być umiarkowany, ale nie ekstremalny. Za mało pobudzenia jest nudne, za dużo aktywuje niechęć i prowadzi do odrzucenia. W sztuce dodajemy lub ujmujemy coś i tworzymy w ten sposób przepis na nowatorski obraz.

Celem tego algorytmu było stworzenie dzieła, które ma podwyższony poziom pobudzenia, ale tylko w ograniczonym stopniu, żeby nie aktywować niechęci. Algorytm tworzył obrazy w ramach akceptowalnych granic sztuki, ale maksymalizując różnice w stosunku do znanych cech. Stworzono więc obrazy należące do abstrakcyjnej sztuki nowoczesnej, używając tej właśnie metody i powieszono je w Bazylei – w słynnej galerii sztuki abstrakcyjnej – wśród obrazów wartych niekiedy kilka milionów dolarów. [il. 4] Następnie wpuszczono tam nieświadomych tej sytuacji widzów i przeprowadzono wśród nich ankietę na temat tego, które obrazy



do nich przemawiają, a które nie: czy i jak im się podobają? Czy są ich zdaniem nowatorskie? Kto je stworzył: człowiek, czy maszyna? A także: czy domyślają się intencji artystów? Czy widzą w obrazach strukturę (pomysł)? Czy czują się przez nie zainspirowani?

▲ IL. 4

„Komputerowe” obrazy
w galerii w Bazylei

Okazało się, że w 90% przypadków widzowie woleli obrazy komputerowe – przypominam: nie wiedząc, że ich autorem był komputer. Można powiedzieć, że to w wyniku ich abstrakcyjnej formy, która wydaje się łatwiejsza do symulacji. Ale przecież ludzie, jako artyści, również zaczęli od abstrakcji. Kilka miesięcy temu odkryto najstarszy znany rysunek skalny sprzed siedemdziesięciu tysięcy lat. Właściwie kilka skrzyżowanych kresek przedstawiających duże zwierzę. Można wyobrazić sobie sytuację, że zobaczyli go członkowie załogi kosmitów z odległej, zaawansowanej cywilizacji, która w tym czasie przybyła na Ziemię. Pewnie też uznaliby go za nieudolny, a samego twórcę za prymitywnego. Ale wtedy można by im powiedzieć: dajmy temu śmiesznemu, dwunożnemu gatunkowi siedemdziesiąt tysięcy lat i zobaczymy, co będzie w stanie stworzyć. Myślę, że technologie sztucznej inteligencji potrzebują tego czasu znacznie, znacznie mniej.

Pytanie, czy taki proces tworzenia może jednak być uznany za kreatywny? A z drugiej strony, czy algorytm nie nauczył się wykorzystywać ludzkich słabości? Algorytm „wiedział” przecież, czego oczekuje klient i tak malował. Czy wielu artystów nie postępuje jednak podobnie? Ale, czy komputer sam z siebie może coś stworzyć? Powiedzmy sobie szczerze, że on przecież w ogóle nie wie, co robi. A jednak „tworzy”. Rozumiem, że artyści mogą przeciw temu protestować, używając różnych argumentów. Spodziewam się bowiem, że w wyniku rozwoju sztucznej inteligencji w dziedzinach nieprzemysłowych, ale właśnie artystycznych, twórczych, pojawi się spora konkurencja. Także lekarze mają przecież wiele do stracenia z powodu algorytmów diagnostycznych, które dwa razy lepiej rozpoznają na przykład wczesne formy raka. Jakże ma wtedy znaczenie, że chorobę rozpoznał komputer, a nie człowiek?

Powiecie Państwo, że w sztuce przecież tak ważne jest przeżycie i intencje samego artysty. Dla niego samego zapewne tak. Dla odbiorcy wiedza o procesie i okolicznościach tworzenia dzieła może być oczywiście przydatna w zrozumieniu „co autor miał na myśli” i wynikającej stąd interpretacji. Ale, jeśli tego nie wiemy, to możemy dopisywać swoje interpretacje, nie będąc skrępowanymi tą odautorską. Wieloznaczna sztuka nie przestaje być sztuką, a może nawet jest nią jeszcze bardziej. Zapewne obrazy z Bazylei „namalowane” przez komputery bardziej podobały się odbiorcom, bo pozwalały na wieloznaczność, którą już nawet tytuł (np. *Samotność*) nadany przez człowieka swojej pracy znacząco ogranicza.

W tym roku w Cannes mieliśmy przykład obrony przed tym, co nowe, w sztuce. Na tamtejszym festiwalu filmowym nie dopuszczono do udziału w nim filmów robionych przez Netflix'a, bo władze festiwalu utworzyły kuriozalną definicję filmu, według której film to jest tylko coś, co się pokazuje w kinie. To tak, jakby szwajcarscy producenci tradycyjnych zegarków zdecydowali przed laty (zagrożeni przez zegarki Swatch), że oficjalny czas pokazują tylko te mechaniczne. Oł, taka zabawna, ale i symptomatyczna forma współczesnego protestu tkaczy lyońskich przeciw nowym technologiom. Długofalowo, jak pamiętamy z historii, całkowicie nieskuteczna.

Ale zmiany powoli się pojawiają. Miesiąc temu (październik 2018), po raz pierwszy w historii, poważny dom aukcyjny Christie's wystawił obraz

„namalowany” przez komputer [il. 5]. To jest w jakimś sensie akt symboliczny. Obraz miał wstępną estymację siedem do dziesięciu tysięcy dolarów, a praca była podpisana formułą matematyczną, na której był oparty. Stworzył go francuski zespół twórczy Obvious (trzech dwudziestoparolatków). Zespół użył metody kreatywnej sieci antagonistycznej, którą przedstawiłem wyżej. W odróżnieniu od znanego już wcześniej algorytmu Google DeepDream, który przetwarza dowolne zdjęcie na obraz w stylu jednego z wielkich malarzy, potrafi on tworzyć zupełnie nowe obrazy. Algorytm Obvious tworzył tysiące propozycji portretów figuratywnych i „pokazywał” je do oceny pierwszej sieci generatywnej do momentu, kiedy ta „uznała”, że wyglądają na prawdziwe, czyli takie, jakby je stworzył człowiek.



◀ IL. 5
Portret Edmonda
de Belamy (2018)

Obraz p.t. *Portret Edmonda de Belamy*, wydrukowany metodą 3D, wycietywano ostatecznie za 432 000 dolarów. Przychód ze sprzedaży będzie wykorzystany, według deklaracji zespołu Obvious, na doskonalenie technologii wykorzystania komputerów do tworzenia sztuki.

Takie projekty pozwalają nam myśleć o tym, gdzie technologia i innowacja mogą nas zaprowadzić w świecie kreatywności i projektowania. Ale co dalej? Czy jesteśmy gotowi na konsekwencje? Czy przybywa nam kolejny przeciwnik, a może partner, w procesie kreacji?

W niedawnym spocie IBM reklamującym platformę sztucznej inteligencji Watson, ta rozmawia z Bobem Dylanem:

Watson: Robercie Dylan, żeby poprawić mój język przeczytałem wszystkie teksty Twoich piosenek.

Dylan: Oh, naprawdę?

Watson: Umiem przeczytać 800 mln stron tekstu na sekundę.

Dylan: To bardzo szybko!

Watson: Moja analiza pokazuje, że Twoje główne tematy, to przemijanie czasu i miłość.

Dylan: To się zgadza.

Watson: Nigdy nie zaznałem miłości.

Dylan: Może powinniśmy napisać razem piosenkę?

Watson: Wiesz, że ja umiem śpiewać?

Dylan: Umiesz śpiewać?

Watson: Do bob. Do be do. Do be bob.

Dotąd wielka sztuka była ulotna. Jeszcze pewnie przez długi czas różne potężne komputery i algorytmy będą miały kłopot z ustaleniem, co powoduje, że teksty czy muzyka Boba Dylana są tak fascynujące. Sam Dylan, w wywiadzie w jednym magazynów powiedział później: „Nie jestem komputerem IBM. To jest jasne dla każdego, kto kiedykolwiek spał na tylnym siedzeniu samochodu”. To prawda. Żeby być Dylanem, nie wystarczy usiąść na tylnym siedzeniu samochodu, a już na pewno nie można na nim zasnąć. Bo Watsony nie śpią nigdy.

Myślę, że to dopiero początek nowej cywilizacji twórców. Więcej w tym jednak jest nadziei, niż obaw.

Prawie natychmiast po napisaniu tego podsumowania listopadowego wykładu pojawiła się wiadomość, która świetnie wspiera tamtejsze twierdzenia o pasjonującym, wykładniczym rozwoju technologii sztucznej inteligencji w zastosowaniu do twórczości. Dlatego postanowiłem dopisać to *Post Scriptum*, chociaż mam pełną świadomość, że pewnie bardzo szybko wydarzy się coś kolejnego, co wymagałoby następnego uzupełnienia.

POST SCRIPTUM

W lutym 2019 r. koncern Huawei ogłosił, że jego program sztucznej inteligencji, wspólnie ze znanym, „żywym”, kompozytorem Lucasem Cantorem (laureatem nagrody Emmy) dokończyli jeden z najsztywniejszych „niedokończonych” utworów w historii muzyki – 8 Symfonię Franciszka Szuberta z 1822 r. Sieć neuronowa nauczyła się stylu Szuberta, analizując ok. 90 jego innych utworów. Dodatkowo do sieci załadowano też muzykę kompozytorów, z których czerpał Szubert w swojej twórczości. W rezultacie powstało 20 różnych wersji nieistniejącej części III i IV, z których wybrano ostateczną. Rolą algorytmu było napisanie linii melodycznej do tych części, a Lucasa Cantora – poprawa ewentualnych błędów i instrumentacja. Cała praca trwała tylko 30 dni.

Znaczące było, że program wcale nie wymagał wielkich mocy obliczeniowych; był napisany do działania na nowym smartfonie Huawei Mate 20 Pro!

Interesujące jest, co sam Lucas mówi o swojej współpracy z maszyną:

Smartfon nie mógłby napisać tego beze mnie, ale muzyka nie byłaby też taka sama bez (pomocy) smartfona. To było jak współpracowanie z wybitnym partnerem burzy mózgów. Kiedy po raz pierwszy usłyszałem melodie skomponowane przez smartfona uderzyło mnie, jak były one interesujące. Jest taka melodia w trzeciej części, w której tercja duża przechodzi w tercję małą, co jest niesamowite, ale również piękne. To nie jest melodia, którą sam bym wymyślił. (...) Emocjonalna głębia w dwóch ostatnich częściach jest czymś, co ja wniosłem, ale jej kierunek wymyśliliśmy wspólnie. Byłem zaskoczony przez to, jak smartfon generował niekiedy melodie nieodpowiednie wprawdzie dla roku 1822, ale ciągle dobrze pasujące do tego utworu.

Utwór został wykonany w londyńskim Cadogan Hall, w prestiżowym Chelsea, przez 67-osobową English Session Orchestra. Trwał 48 minut, w porównaniu do 27 minut 2-częściowego oryginału. Dziennikarz sprawozdający wydarzenie pisze: „Gdyby mi nie powiedziano, że trzecia i czwarta część były stworzone przez sztuczną inteligencję, to nigdy bym się tego nie domyślił. Nie było w tym nic cyfrowego, generycznego, ani bezdusznego.”

Być może te wszystkie fatalistyczne obawy przed sztuczną inteligencją są przesadzone i największą nadzieją na rozwój kreatywności ludzi jest współpraca z maszynami?

**Wpływ współczesnej nauki na rozwój
sztuk wizualnych – analiza – możliwości
abstrakcyjnego obrazu**

Fotografie na stronach 17, 33, 53, 70: Witold Krasowski

Redakcja: Anna Panek, Monika Murawska, Witold Krasowski

Transkrypcja: Anna Szczoczarz

Projekt graficzny: Daria Malicka

Finansowanie: Zadanie badawcze ASP/WSW/16/PB/2017

Wydawca: Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie

Krakowskie Przedmieście 5, 00-068 Warszawa

www.asp.waw.pl



ISBN 978-83-66098-27-5