

**a!symmetria**

*curioz*

**a!symetria**

# a!symetria

*curidz*

Wrocław 2021



## a!symetria

Seria / Series:  
Ćwiczenia z widzenia / Exercises in seeing

Recenzenci / Reviewers:  
prof. Artur Tajber – Akademia Sztuk Pięknych  
im. Jana Matejki w Krakowie / Jan Matejko  
Academy of Fine Arts in Kraków  
dr Bartłomiej Skowron – Politechnika  
Warszawska / Warsaw University of Technology

Redaktor / Editor:  
Jakub Jernajczyk

Autorzy tekstów / Authors of the texts:  
Jakub Jernajczyk, Adam Jezierski

Korekta tekstów polskich /  
Polish text proofreading:  
Paweł Jarnicki

Korekta tekstów angielskich /  
English text proofreading:  
Agata Hamilton

Projekt graficzny, skład / Design:  
Łukasz Paluch, AnoMalia art studio

Edycja zdjęć / Photo editing:  
Łukasz Paluch

Dokumentacja fotograficzna dzieł / Photographic documentation of artworks:  
K. Pachurka (83, 84), Grzegorz Stadnik (71), Justyna Żak (95)  
W pozostałych przypadkach – autorzy dzieł / In other cases – authors of works

Źródła fotografii na stronach 58 i 67 / Photo sources on pages 58 and 67:  
Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.  
Robert M. Lavinsky, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pyrite-165286.jpg>  
Jan Bakker, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pruimenbloesem\\_Opal\\_\(Prunus\\_domestica\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pruimenbloesem_Opal_(Prunus_domestica).jpg)  
Pinky sl, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HepaticaNobilisSLO.JPG>  
Thomas Bresson, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2014-03-10\\_12-32-15\\_Bellis-perennis.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2014-03-10_12-32-15_Bellis-perennis.jpg)

Wydawca / Publisher:  
Akademia Sztuk Pięknych im. Eugeniusza  
Gepperta we Wrocławiu  
The Eugeniusz Geppert Academy of Art  
and Design in Wrocław  
Plac Polski 3/4, 50-156 Wrocław

Publikacja współfinansowana przez Gminę  
Wrocław / Publication co-financed  
by the Municipality of Wrocław

Druk i oprawa / Print & binding:  
ZAPOL Sobczyk Sp.j.  
al. Piastów 42, 71-062 Szczecin

Nakład / Circulation:  
400 egzemplarzy / copies

ISBN 978-83-66321-69-4

Copyright © Akademia Sztuk Pięknych  
im. Eugeniusza Gepperta we Wrocławiu  
Wrocław 2021

## Spis treści / Table of contents

<b>Eugeniusz Smoliński</b> <b>Asymetryczne / Asymmetrical</b> .....	7
<b>Jakub Jernajczyk</b> <b>Wprowadzenie – asymetrycznie o symetrii w nauce i sztuce</b> .....	8
<b>Introduction – asymmetrically about symmetry in science and art</b> .....	9
<b>Prace artystów – część I (A–J) / Artworks – part I (A–J)</b> .....	20
<b>Adam Jezierski</b> <b>O symetrii w czasie zarazy, na wiosnę / About symmetry during</b> <b>the plague, in the spring</b> .....	52
<b>Prace artystów – część II (J–Z) / Artworks – part II (J–Z)</b> .....	68
<b>Biogramy / Biograms</b> .....	146
<b>Bibliografia przedmiotu / Bibliography</b> .....	150
<b>Indeks nazwisk / Index of names</b> .....	151

# Asymetryczne

## Wprowadzenie – asymetrycznie o symetrii w nauce i sztuce

### 1. ĆWICZENIA Z WIDZENIA

Książka, którą oddajemy do rąk czytelnika stanowi pierwszy tom nowej serii wydawniczej Akademii Sztuk Pięknych im. Eugeniusza Gepperta we Wrocławiu, zatytułowanej *Ćwiczenia z widzenia*. Głównym celem tej serii jest podkreślenie wagi intelektualnego, analitycznego aspektu sztuki współczesnej. Wypowiedź artystyczna, formułowana w postaci różnych artefaktów wizualnych, stanowić może bowiem samodzielny i znaczący głos również na płaszczyźnie dyskursu teoretycznego. Jest to więc seria skierowana do wszystkich odbiorców, którzy zainteresowani są poznawczą i wiedzotwórczą rolą sztuk wizualnych. Dla podkreślenia poznawczej wagi czysto wizualnych form wypowiedzi, komentarz słowny towarzyszący wszystkim prezentowanym w ramach tomu dziełom zawężono jedynie do ich tytułów. Obrazy mają tu „mówić” same za siebie, stanowiąc główny nośnik często złożonych treści.

Pierwszy tom serii nosi tytuł *a!symetria* a inspiracją do jego powstania była zaprezentowana na stronie 7 praca Profesora Eugeniusza Smolińskiego pt. *Asymetryczne* z 1993 r. Ta minimalistyczna grafika cyfrowa stanowi rodzaj samotłumaczącego się rebusu. Odbiorca po chwili namysłu uświadamia sobie symetrię litery „A” oraz wyraźny brak symetrii słowa „Asymetryczne”<sup>1</sup>.

Widoczne w pracy Smolińskiego napięcie, wytwarzające się pomiędzy pojęciami symetrii i asymetrii, stanowi jeden z kluczowych czynników, które od wieków wyznaczają kierunki rozwoju sztuki oraz nauki. W tomie tym nie zabraknie miejsca na przedstawienie obydwu tych perspektyw, a także na próbę uchwycenia ich wzajemnych relacji<sup>2</sup>.

1 Szerszą analizę tej, jak i innych prac artysty, bezpośrednio lub pośrednio odwołujących się do pojęć symetrii i asymetrii, znaleźć można w: D. Miłkowska, *Eugeniusz Smoliński*, seria *Wrocławskie Środowisko Artystyczne*, Wrocław 2020, s. 39-43.

2 Cennym źródłem informacji dotyczących znaczenia symetrii w nauce i sztuce jest strona instytutu Symmetrion <https://symmetry.hu/> [dostęp: 7.09.2021], na której znaleźć można liczne odnośniki do specjalistycznej literatury, konferencji naukowych, wystaw artystycznych i innych wydarzeń nawiązujących tematyką do tytułowego zagadnienia.

## Introduction – asymmetrically about symmetry in science and art

### 1. EXERCISES IN SEEING

The book, which we are handing over to the reader, is the first volume of a new publishing series of the Eugeniusz Geppert Academy of Art and Design in Wrocław, entitled *Exercises in seeing*. The main aim of this series is to emphasize the importance of the intellectual, analytical aspect of contemporary art. Artistic expression, formulated in the form of various visual artefacts, may constitute an independent and significant voice also on the plane of theoretical discourse. Thus, this series is addressed to all readers who are interested in the cognitive and knowledge-creating role of the visual arts. In order to emphasize the cognitive importance of purely visual forms of expression, the verbal commentary accompanying all works presented in this volume has been limited to their titles only. The images are to “speak” for themselves, being the main carrier of the often complex content.

The first volume of the series is entitled *a!symmetry* and was inspired by Professor Eugeniusz Smoliński’s 1993 work *Asymmetrical*, presented on page 7. This minimalist digital print is a kind of self-explanatory rebus. After a moment of reflection, the viewer realizes the symmetry of the letter “A” and the clear lack of symmetry of the word “Asymmetrical”<sup>1</sup>.

The tension, visible in Smoliński’s work, which is created between the notions of symmetry and asymmetry, is one of the key factors that have been determining the developmental directions of art and science for centuries. In this volume, there will certainly be room to present both of these perspectives, as well as to attempt to grasp their mutual relations.<sup>2</sup>

1 For a broader analysis of this and other works by the artist that directly or indirectly refer to the concepts of symmetry and asymmetry, see: D. Miłkowska, *Eugeniusz Smoliński*, series: *Artistic Milieu of Wrocław*, Wrocław 2020, p. 39-43.

2 A valuable source of information on the importance of symmetry in science and art is the website of the Symmetrion Institute <https://symmetry.hu/> [access: 7.09.2021], where one can find numerous links to specialized literature, scientific conferences, art exhibitions, and other events related to the title issue.

## 2. EWOLUCJA POJĘCIA SYMETRII

Kiedy mowa jest o związkach nauki i sztuki, szczególnie w kontekście hasła mającego tak wyraźne geometryczne konotacje jak *symetria*, często pojawia się odwołanie do czasów antycznej Grecji, w których to matematyka, filozofia i sztuka rozwijały się w naturalnym, synergicznym związku na skalę wcześniej i później niespotykaną. Zaskakujący może okazać się fakt, że pod hasłem symetrii Grecy rozumieli coś zgoła odmiennego niż to, z czym my zwykliśmy powszechnie łączyć to słowo<sup>3</sup>.

### Starożytna *symmetria*

Greckim terminem *summetría* (συμμετρία), wywodzącym się od słów *sun* (oznaczającego „z” lub „razem”) oraz *metron* (oznaczającego „miarę”), określano współmierność, proporcję<sup>4</sup>. Geometryczne nacechowanie greckiej estetyki przejawiało się między innymi w powszechnym twierdzeniu, iż „piękno jest rzeczą ładu, prawidłowości w układzie części<sup>5</sup>, a na określenie tak rozumianego piękna używano terminu „harmonia”. Natomiast w bardziej ścisłym ujęciu twierdzono, że „piękno jest rzeczą miary i liczby<sup>6</sup> i określano je właśnie terminem „*symmetria*”<sup>7</sup>. W podejściu tym dobitnie wybrzmiewa pitagorejskie przekonanie o matematycznej strukturze świata, w którym liczby i ich stosunki stanowią podstawowy składnik i zasadę wszechrzeczy.

Kontynuatorem tych idei był Platon, który istotę piękna dostrzegał „w ładzie [...], mierze, proporcji (‘symmetrii’), zestroju i harmonii<sup>8</sup>. Geometryczno-estetyczne spekulacje przybrały skrajną postać w kosmologii Platona, która opisuje konstrukcję świata w oparciu o pięć wielościanów foremnych (czworościan, sześciąt, ośmiościan, dwunastościan i dwudziestościan), posiadających najdoskonalsze proporcje<sup>9</sup>. Choć śmiały program filozofa nie spełnił pokładanych w nim nadziei, głęboko zakorzenił w umysłach uczonych koncepcję, która stała się jednym z fundamentów współczesnej nauki, a zakładała, iż o strukturze rzeczywistości może decydować jakaś symetria<sup>10</sup>.

Wywodząca się z platońskich inspiracji wizualna analiza złożonej struktury, składającej się z powtarzalnych pięciokątów (które nie są w tym wypadku pięciokątami

3 Zob. M.C. Ghyka, *Złota liczba*, tłum. I. Kania, Kraków 2006, s. 40.

4 K. Brading, E. Castellani, N. Teh, *Symmetry and Symmetry Breaking*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/symmetry-breaking/>, [dostęp: 7.09.2021].

5 W. Tatarkiewicz, *Historia estetyki*, t.1. *Estetyka starożytna*, Warszawa 1985, s. 90.

6 Ibid.

7 Przyjmując zaproponowaną przez Tatarkiewicza konwencję, w dalszej części tego tekstu, dla wyróżnienia starożytnego znaczenia symetrii, posługiwał się będę słowem „*symmetria*”.

8 Ibid., s. 119. Z kolei w ujęciu Arystotelesa „głównymi formami piękna jest porządek, symetria i wyrazistość” (*Metafizyka*, tłum. K. Leśniak, Warszawa 2013, 1078a).

9 Platon, *Timajos, Kritias albo Atlantyka*, tłum. P. Siwek, Warszawa 1986, 53c–61c.

10 F. Wilczek, *Piękne pytanie. Odkrywanie głębokiej struktury świata*, tłum. B. Bieniok, E.L. Łokas, Warszawa 2016, s. 65. Inny słynny przykład próby wykorzystania brył platońskich do konstrukcji systemu kosmologicznego znaleźć można w pracach Johanna Keplera.

## 2. EVOLUTION OF THE CONCEPT OF SYMMETRY

When we discuss the relationship between science and art, especially in the context of a term that has such clear geometrical connotations as *symmetry*, we often hear references to the times of ancient Greece, when mathematics, philosophy and art developed in a natural, synergic relationship on a scale never seen before or later. It may come as a surprise that by symmetry the Greeks meant something quite different from what we commonly associate the word with.<sup>3</sup>

### Ancient *symmetria*

The Greek term *summetría* (συμμετρία), derived from the words *sun* (meaning “with” or “together”) and *metron* (meaning “measure”), denoting commensurability and proportion.<sup>4</sup> The geometric character of Greek aesthetics was manifested, among other things, in the common assertion that “beauty is a matter of order and of regularity in the disposition of parts<sup>5</sup> and the term “harmony” was used to describe beauty understood in this way. However, in a more strict sense, they described “beauty as a matter of number, of numerical order<sup>6</sup>. It was defined by the term “*symmetria*”<sup>7</sup>. This approach clearly reflects the Pythagorean conviction concerning the mathematical structure of the world, in which numbers and their relations are the basic component and the principle of all things.

Plato was the continuator of these ideas, and the essence of beauty he saw “in order [...], measure, proportion (*symmetria*), consonance and harmony<sup>8</sup>. Aesthetic-geometric speculations took an extreme form in Plato’s cosmology, which describes the construction of the world on the basis of five regular polyhedrons (tetrahedron, cube, octahedron, dodecahedron and icosahedron), having the most perfect proportions.<sup>9</sup> Although the philosopher’s bold program did not live up to the hopes placed in it, it deeply rooted the idea in the minds of scholars and became one of the foundations

3 See M.C. Ghyka, *The Golden Number: Pythagorean Rites and Rhythms in the Development of Western Civilization*, Inner Traditions 2016.

4 K. Brading, E. Castellani, N. Teh, *Symmetry and Symmetry Breaking*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/symmetry-breaking/>, [access: 7.09.2021].

5 W. Tatarkiewicz, *History of Aesthetics*, vol. 1, *Ancient aesthetics*, transl. A. Czerniawski, A. Czerniawska, Hague, Paris: Mouton, 1970, p. 81.

6 Ibid.

7 Adopting the convention proposed by Tatarkiewicz, I will use the word “*symmetria*” later in this text to distinguish it from the ancient meaning of symmetry.

8 Ibidem, p. 116. In turn, in Aristotle’s view, the main forms of beauty “are order and proportion and definiteness” (Aristotle, *Metaphysics*, transl. C.D.C. Reeve, Indianapolis: Hackett Publishing 2016, 1078a).

9 Plato, *Timaeus*, transl. D.J. Zeyl, [in:] Plato, *Complete Works*, ed. J.M. Cooper, Indianapolis: Hackett Publishing 1997, 53c–61c.

foremnymi), jest wyraźnie widoczna w pracy Renaty Bonter-Jedrzejewskiej pt. *IMPACT* (2019), prezentowanej w niniejszym tomie na stronie 26.

### Definicje geometryczne i ujęcie intuicyjne

Pojęcie symetrii rozumianej jako synonim proporcji funkcjonowało aż do renesansu. W czasach nowożytnych zaczęło kształtować się jej nowe ujęcie, z którego dojrzałą formą spotykamy się dziś w ramach geometrii elementarnej. Mowa tu o symetriach rozumianych jako przekształcenia geometryczne, wśród których wyróżnić można: symetrię środkową (przekształcenie względem punktu), symetrię osiową (przekształcenie względem prostej) oraz symetrię płaszczyznową (przekształcenie względem płaszczyzny)<sup>11</sup>. Najbardziej intuicyjna jest symetria osiowa, zwana również symetrią zwierciadlaną, polegająca na odbiciu pewnej figury względem linii prostej. To właśnie z nią wydaje się być związane dzisiejsze potoczne rozumienie słowa „symetria”<sup>12</sup>. Równie zrozumiała i łatwa do wyobrażenia jest symetria płaszczyznowa, czyli odbicie obiektu przestrzennego względem pewnej płaszczyzny. Żartobliwym komentarzem dotyczącym tego typu symetrii jest praca autorstwa Agnieszki Talik pt. *The Golden Calf of the Third Dimension* (2021), prezentowana na stronie 132.



W książce *Analiza Wrażeń* Ernst Mach rozważa percepcyjne aspekty rozpoznawania różnych rodzajów symetrii<sup>13</sup>. Zauważa między innymi, że w dziedzinie zjawisk zmieniających się w czasie (odwołuje się przy tym do muzyki) nie może być mowy o takim rozumieniu symetrii, jakie występuje w odniesieniu do statycznych obiektów wzrokowych<sup>14</sup>. Ilustruje to fragmentem zapisu nutowego przedstawiającego dwa sąsiednie takty, rozdzielone kreską taktową, pełniącą rolę osi symetrii. W warstwie graficznej obraz ten jest niemalże symetryczny. Jednak odegranie tak zapisanego rytmu (wysokości dźwięków zostały tu pominięte) nie wytworzy u odbiorcy analogicznych wrażeń. Być może ów brak symetrii odnosi się też do innych procesów zachodzących w czasie, np. do filmu? Faktycznie, nagranie wideo szklanki spadającej ze stołu i rozbijającej się o podłogę można mechanicznie odtworzyć od tyłu, jednak obraz ten nie będzie wyglądał naturalnie i wzbudzi u odbiorców wyraźny opór. Przeczy on bowiem naszemu doświadczeniu i wytworzonym na jego podstawie intuicjom. Zjawiska temporalne wydają się więc być asymetryczne. Nieodwracalność takich procesów ilustruje praca Ewy Martyniszyn, pt. *symetriaAsymetria* (2021), prezentowana na stronie 96.

11 W niniejszym wprowadzeniu pomijam formalne definicje symetrii, poprzestając na ich ogólnej charakterystyce. Czytelnik zainteresowany ścisłym opisem znaleźć go może np. w: I. Dziubiński, T. Świątkowski (red.), *Poradnik matematyczny*, t.1, Warszawa 1985, s. 104–106.

12 Zob. H. Weyl, *Symetria*, tłum. S. Kulczycki, Warszawa 1997, s. 10. Dyskusyjna natomiast wydaje się teza Weyl'a jakoby w dzisiejszym języku używano się również słowa *symetria* w znaczeniu właściwej proporcji, właściwego wyważenia (ibid., s. 9).

13 E. Mach, *Analiza Wrażeń*, tłum. M. Miłkowski, Warszawa 2009, s. 95–97.

14 Ibid., s. 232 oraz 247, przypis 18.

of modern science, and based as it was on the assumption that the structure of reality could be determined by some symmetry.<sup>10</sup>

The visual analysis of a complex structure consisting of repetitive pentagons (which are not regular pentagons in this case), derived from Platonic inspirations, is clearly visible in Renata Bonter-Jedrzejewska's work *IMPACT* (2019), presented in this volume on page 26.

### Geometric definitions and the intuitive approach

The concept of symmetry understood as a synonym of proportion was functioning until the Renaissance. In modern times a new approach to it began to take shape, the mature form of which we encounter today in elementary geometry. We are talking here about symmetries understood as geometrical transformations, among which we can distinguish central symmetry (transformation with respect to a point), axial symmetry (transformation with respect to a line) and plane symmetry (transformation with respect to a plane).<sup>11</sup> The most intuitive is axial symmetry, also called mirror symmetry, which involves the reflection of some figure with respect to a straight line. Today's colloquial understanding of the word "symmetry" seems to be connected to this type of symmetry.<sup>12</sup> Equally understandable and easy to imagine is plane symmetry, i.e., the reflection of a spatial object with respect to a certain plane. A humorous commentary on this type of symmetry is the work by Agnieszka Talik entitled *The Golden Calf of the Third Dimension* (2021), presented on page 132.

In his book *The Analysis of Sensations*, Ernst Mach considers the perceptual aspects of recognizing different types of symmetry.<sup>13</sup> He notes, among other things, that in the field of phenomena changing in time (he refers in this case to music) there cannot be such an understanding of symmetry as there is in relation to static visual objects.<sup>14</sup> He illustrates this with a fragment of the score depicting two adjacent bars separated by a bar line that serves as the axis of symmetry. At the graphic level, this image is almost symmetrical. However, playing such a notated rhythm (the pitch has been omitted here) will not produce analogous impressions in the listener. Perhaps this lack of symmetry applies also to other processes occurring in time, e.g., to film? Indeed, a video of a glass falling from a table and smashing on the floor can be mechanically reconstructed backwards, but the image will not look natural and will arouse resistance in the viewer.

10 F. Wilczek, *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design*, New York: Penguin Press, 2015, p. 56. Another famous example of an attempt to use Platonic solids to construct a cosmological system can be found in the work of Johannes Kepler.

11 In this introduction, I omit formal definitions of symmetry, and instead stop at a general characterization of it. The reader interested in a strict description may find it, for example, in: I. Dziubiński, T. Świątkowski (ed.), *Poradnik matematyczny [Mathematical Manual]*, vol. 1, Warszawa 1985, p. 104–106.

12 See H. Weyl, *Symmetry*, Princeton University Press 1952, p. 4. However, Weyl's thesis that the word *symmetry* is also used in today's language in the sense of proper proportion, proper balance (ibid., p. 3) seems debatable.

13 E. Mach, *The Analysis of Sensations*, transl. C.M. Williams, Dover Publications 1959, p. 107–108.

14 Ibid., p. 256 and 272 footnote 1.



## Asymetria i symetria w nauce współczesnej

Asymetria procesów czasowych, do której przed chwilą dotarliśmy w oparciu o zdroworozsądkową analizę naszych powszechnych doświadczeń, stanowi fundamentalne zagadnienie teoretyczne rozpatrywane w ramach współczesnej fizyki i kosmologii, określane mianem *strzałki czasu*. Okazuje się, że owa nieodwracalność dotyczy tylko tych procesów, które są związane z wymianą ciepła i nieuniknionym wzrostem entropii, określonym przez drugą zasadę termodynamiki. Tam, gdzie mamy do czynienia z wymianą ciepła, a dzieje się tak w przypadku każdej formy fizycznej zmiany, w tym również ruchu, następuje rozróżnienie przeszłości i przyszłości<sup>15</sup>. Druga zasada termodynamiki jest jedynym znanym prawem fizycznym, „które nie jest niezmiennicze ze względu na zmianę kierunku upływu czasu”<sup>16</sup>. Może więc być ona głównym podłożem wrażenia upływu czasu, bądź też istnienia samego zjawiska, jakim jest czas.

Czymże jest owa niezmienniczość praw przyrody? Wróćmy na chwilę do Platona, który próbował zrekonstruować rzeczywistość w oparciu o *symetryczne (proporcjonalne)* obiekty<sup>17</sup>. Dzisiejsza nauka dokonuje podobnej rekonstrukcji, poszukując jednak symetrii (bądź asymetrii) nie w obiektach, lecz w prawach rządzących przyrodą. Stało się to możliwe dzięki uogólnieniu geometrycznej definicji symetrii i przyjęciu, że obiekt jest symetryczny, jeśli nie ulega zmianie (jest niezmienniczy) względem pewnego przekształcenia (odbicia, obrotu bądź translacji)<sup>18</sup>. Obrazowo ujął to Richard Feynman, pisząc, że „przedmiot jest symetryczny, jeśli można go poddać pewnej operacji, po której będzie wyglądał dokładnie tak samo”<sup>19</sup>. Zbiór wszystkich takich przekształceń, które nie zmieniają danego obiektu, określamy mianem *grupy symetrii tego obiektu*<sup>20</sup>. Więcej o zagadnieniu symetrii w ujęciu nauk przyrodniczych, również w odniesieniu do matematycznej teorii grup, pisze w tym tomie Profesor Adam Jezierski w artykule *O symetrii w czasie zarazy, na wiosnę* (s. 52–67).

Na pewnym etapie rozwoju nauki zauważono, że uogólnione pojęcia symetrii i asymetrii nie muszą wcale odnosić się do konkretnych obiektów i zjawisk, lecz można je również zastosować do równań matematycznych, a w konsekwencji do opisywanych przez te równania praw przyrody. W tym właśnie rozumieniu pojęcie symetrii odgrywa dzisiaj fundamentalną rolę w najbardziej zaawansowanych dziedzinach współczesnej nauki, takich jak teoria względności, mechanika kwantowa, fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań fundamentalnych.

15 Zob. C. Rovelli, *Tajemnica czasu*, tłum. J.K. Ochab, Łódź 2019, s. 26-31.

16 M. Heller, T. Pabjan, *Elementy filozofii przyrody*, Kraków 2014, s. 67.

17 Choć symetryczność brył platońskich rozumiana była przez filozofa w sposób odmienny od naszego, trzeba odnotować, że obiekty te są symetryczne również we współczesnym, geometrycznym znaczeniu.

18 K. Brading i in., *Symmetry and Symmetry Breaking*, ...

19 R.P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, t. 1.1, tłum. Z. Królikowska, Warszawa 2001, s. 168.

20 F. Wilczek, *Piękne pytanie...*, s. 506.

It contradicts our experience and the intuitions we have formed from it. Temporal phenomena thus appear to be asymmetrical. The irreversibility of such processes is illustrated in Ewa Martyniszyn's work *symetriAsymetria* (2021), presented on page 96.

## Asymmetry and symmetry in modern science

The asymmetry of time processes, to which on the basis of a common-sense analysis of our common experience we have just arrived, constitutes a fundamental theoretical issue considered within modern physics and cosmology, referred to as the *arrow of time*. It turns out that this irreversibility applies only to those processes that are associated with heat exchange and with the inevitable increase in entropy as defined by the second law of thermodynamics. Wherever there is heat exchange, and this is the case with any form of physical change, including motion, there is a distinction between past and future.<sup>15</sup> The second law of thermodynamics is the only known physical law “that is not invariant due to a change in the direction of the passage of time”<sup>16</sup>. Thus, it may be the main ground of the impression of the passage of time, or of the existence of the phenomenon of time itself.

What is this invariability of the laws of nature? Let us return for a moment to Plato, who tried to reconstruct reality on the basis of proportional (*symmetrical*) objects.<sup>17</sup> Contemporary science makes a similar reconstruction, but it looks for symmetry (or asymmetry) not in objects but in the laws that rule in nature. It became possible thanks to the generalization of the geometrical definition of symmetry and the assumption that an object is symmetrical if it does not change (is invariant) with respect to some transformation (reflection, rotation or translation).<sup>18</sup> Richard Feynman put it vividly when he wrote that “a thing is symmetrical if one can subject it to a certain operation and it appears exactly the same after the operation.”<sup>19</sup> The set of all such transformations that do not change a given object is called the *symmetry group* of that object.<sup>20</sup> More about the issue of symmetry from the perspective of natural sciences, also in relation to the mathematical group theory, is written in this volume by Professor Adam Jezierski in his article *About symmetry during the plague, in the spring* (pp. 52–56).

At a certain stage of development of science it was noticed that generalized notions of symmetry and asymmetry do not have to refer to concrete objects and phenomena at all, but they can also be applied to mathematical equations and, consequently,

15 See C. Rovelli, *The Order of Time*, Riverhead books 2018, p. 15-19.

16 M. Heller, T. Pabjan, *Elementy filozofii przyrody [Elements of the philosophy of nature]*, Kraków 2014, p. 67.

17 Although the symmetry of Platonic solids was understood by the philosopher in a way different from ours, it should be noted that these objects are symmetrical also in the modern, geometric sense.

18 K. Brading et al., *Symmetry and Symmetry Breaking*...

19 R.P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 1, California Institute of Technology, 2010, [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I\\_11.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_11.html) [access: 7.09.2021].

20 F. Wilczek, *A Beautiful Question...*, p. 442.

### 3. ARTYŚCI O (A)SYMETRII

Gdyby chcieć dokonać kompletnej analizy zagadnienia obecności i roli symetrii w sztuce, należałoby w zasadzie wziąć na warsztat całą historię sztuki, przynajmniej od czasów starożytnej Grecji, nawet bowiem w okresach, w których podważano bądź wręcz deprecjonowano estetyczną wartość symetrii, zawsze stanowiła ona stały punkt odniesienia. Zadanie to rzecz jasna daleko wykracza poza ramy niniejszego wprowadzenia. Poprzez stańmy tu na odnotowaniu, że w polskiej sztuce XX w. zagadnienia związane z relacją symetrii i asymetrii podejmowane były na różnych płaszczyznach, w ramach przynajmniej kilku nurtów, na czele z konstruktywizmem, abstrakcją geometryczną i konceptualizmem. Kierunki te miały swoich wybitnych reprezentantów również w środowisku wrocławskim. Niniejszy tom dowodzi, że intelektualny, analityczny charakter twórczości artystycznej wciąż jest w tym środowisku obecny.

Zaproszeni do udziału w projekcie *a!symetria* artyści, zaprezentowali prawdziwe bogactwo wizualnych odniesień do tytułowego hasła. Choć w zasadzie każda z prezentowanych prac stanowi indywidualną, autorską wypowiedź, zarówno pod względem treści, jak i formy, wymykając się odgórnym zaszeregowaniom, można podjąć próbę naszkicowania kilku ogólnych kategorii, porządkujących w jakimś stopniu zebrany materiał. Pod względem merytorycznym możemy między innymi wskazać odniesienia: a) geometryczne (Leśniak, Pietrzak, Stępkowska, Trojanowska), b) symboliczne (Aleksandrowicz, Bruniecka, Gołuch), c) semantyczne (Lisek, Mikułowski, Sasak), d) społeczne (Anastasiou, Sobolewska), e) polityczne (Boczniewicz, Jędroś, Pacyna), f) egzystencjalne (Grzyb, Janik, Dyrda, Szuba), a także przyrodnicze – g) biologiczne (Bujak, Kocogullari, Wolińska) oraz h) fizyczne (Gwoździk, Masny).

Nie mniej bogato przedstawia się paleta stosowanych przez artystów rozwiązań formalnych: malarstwo (Kołodziejczyk, Olszewski), rysunek (Łubiński), grafika artystyczna (Dokudowicz, Gorzelak, Libardoni, Teper), szkło (Krzemińska-Baluch, Kujawska), ceramika (Nowak-Bieganowska), typografia (Dobiszewski, Majchrzak, Skowroński), projektowanie graficzne (Moczydłowski, Paluch, Ramírez González, Wosik), ilustracja (Jarzab), fotografia (Juarez, Komorowski, Sama&Hamdani, Trojanowska), instalacja (Jędrzejewski, Mak-Sobota), rzeźba (Wang) oraz obiekt (Opania, Szymanowska).

Różnorodność i bogactwo tych wizualnych wypowiedzi dowodzi, że symetria – to zdawałoby się starożytne, skostniałe i podejmowane niezliczoną ilość razy zagadnienie – jest wciąż niewyczerpanym źródłem inspiracji dla współczesnych artystów.

to the laws of nature described by these equations. It is in this sense that the concept of symmetry today plays a fundamental role in the most advanced fields of modern science, such as the theory of relativity, quantum mechanics, the physics of elementary particles and fundamental interactions.

### 3. ARTISTS ABOUT (A)SYMMETRY

If one wanted to make a complete analysis of the issue of the appearance and role of symmetry in art, one would have to take up the whole history of art, at least since the times of ancient Greece, because even in the periods when the aesthetic value of symmetry was questioned or even depreciated, it always constituted a constant point of reference. Of course, this task goes far beyond the framework of this introduction. Let us stop here to note that in 20<sup>th</sup>-century Polish art the issues related to the relationship between symmetry and asymmetry were taken up at various levels, within at least a few trends, headed by constructivism, geometric abstraction and conceptualism. These trends had their prominent representatives also in the Wrocław milieu. This volume proves that the intellectual, analytical character of artistic creation is still present in this milieu.

The artists invited to participate in the *a!symmetry* project presented a true richness of visual references to the title theme. Although, in principle, each of the presented works is an individual, authorial expression, both with regard to content and form, eluding top-down categorization, we may attempt to sketch a few general categories, organizing the collected material to some extent. Regarding the content, we may indicate, *inter alia*, references that are: a) geometric (Leśniak, Pietrzak, Stępkowska, Trojanowska), b) symbolic (Aleksandrowicz, Bruniecka, Gołuch), c) semantic (Lisek, Mikułowski, Sasak), d) social (Anastasiou, Sobolewska), e) political (Boczniewicz, Jędroś, Pacyna), f) existential (Grzyb, Janik, Dyrda, Szuba), as well as natural – g) biological (Bujak, Kocogullari, Wolińska) and h) physical (Gwoździk, Masny).

The range of formal solutions applied by artists is no less rich: painting (Kołodziejczyk, Olszewski), drawing (Łubiński), graphic arts (Dokudowicz, Gorzelak, Libardoni, Teper), glass (Krzemińska-Baluch, Kujawska), ceramics (Nowak-Bieganowska), typography (Dobiszewski, Majchrzak, Skowroński), graphic design (Moczydłowski, Paluch, Ramírez González, Wosik), illustration (Jarzab), photography (Juarez, Komorowski, Sama&Hamdani, Trojanowska), installation (Jędrzejewski, Mak-Sobota), sculpture (Wang) and object (Opania, Szymanowska).

The diversity and richness of these visual expressions prove that symmetry – a seemingly ancient, fossilized and addressed in countless ways issue – is still an inexhaustible source of inspiration for contemporary artists.

## Podziękowania

Projekt *a!symetria*, którego owocem jest niniejsze wydawnictwo, zrealizowany został w ramach obchodów 25-lecia Wydziału Grafiki i Sztuki Mediów. Jubileusz ten zbiegł się z 75-leciem wrocławskiej ASP. Chciałbym w tym miejscu podziękować Jego Magnificencji Rektorowi Akademii Sztuk Pięknych im. Eugeniusza Gepperta we Wrocławiu, Profesorowi Wojciechowi Pukoczowi, za okazane wsparcie dla realizacji niniejszego projektu. Podziękowania kieruję również w stronę Profesora Marka Grzyba, Dziekana Wydziału Grafiki i Sztuki Mediów.

Słowa podziękowania za wsparcie należą się też Tomaszowi Janosiowi, Dyrektorowi Biura Współpracy z Uczelniami Wyższymi Urzędu Miejskiego Wrocławia, który dostrzegł duży potencjał tego projektu, zarówno w kontekście promocji miasta, jak i integracji wrocławskiego środowiska akademickiego.

Dziękując zbiorczo wszystkim autorom, chciałbym w szczególności podziękować Profesorowi Eugeniuszowi Smolińskiemu, którego twórczość stała się inspiracją do powstania koncepcji tego tomu, a także Profesorowi Adamowi Jezierskiemu, który zgodził się napisać pasjonujący i jakże aktualny artykuł, przybliżający czytelnikom pojęcie symetrii z perspektywy nauk przyrodniczych.

Na koniec pragnę serdecznie podziękować recenzentom niniejszego tomu – Profesorowi Arturowi Tajberowi i Doktorowi Bartłomiejowi Skowronowi, których życzliwe recenzje potwierdzają zasadność uznania plastycznych form wypowiedzi jako istotnych składowych merytorycznego dyskursu nad problemami teoretycznymi, w szczególności nad zagadnieniami symetrii i asymetrii.

## Acknowledgments

The project *a!symmetry*, which resulted in this publication, was realized as part of the celebrations of the 25th anniversary of the Faculty of Graphic and Media Arts. This jubilee coincided with the 75th anniversary of the Academy of Art and Design in Wrocław. I would like to thank His Magnificence Rector of the Eugeniusz Geppert Academy of Art and Design in Wrocław, I would like to thank Professor Wojciech Pukocz for his support in realizing this project. Similar thanks also goes to Professor Marek Grzyb, Dean of the Faculty of Graphic and Media Arts.

Words of thanks for their support are also due to Tomasz Janoś, the Director of the Office for Cooperation with Higher Education Institutions Wrocław City Hall, who recognized the great potential of the project, both in terms of promoting the city and integrating the Wrocław academic community.

In thanking all the authors collectively, I would especially like to thank Professor Eugeniusz Smoliński, whose works inspired the idea for this volume, as well as Professor Adam Jezierski, who agreed to write a passionate and timely article familiarizing readers with the concept of symmetry from the perspective of the natural sciences.

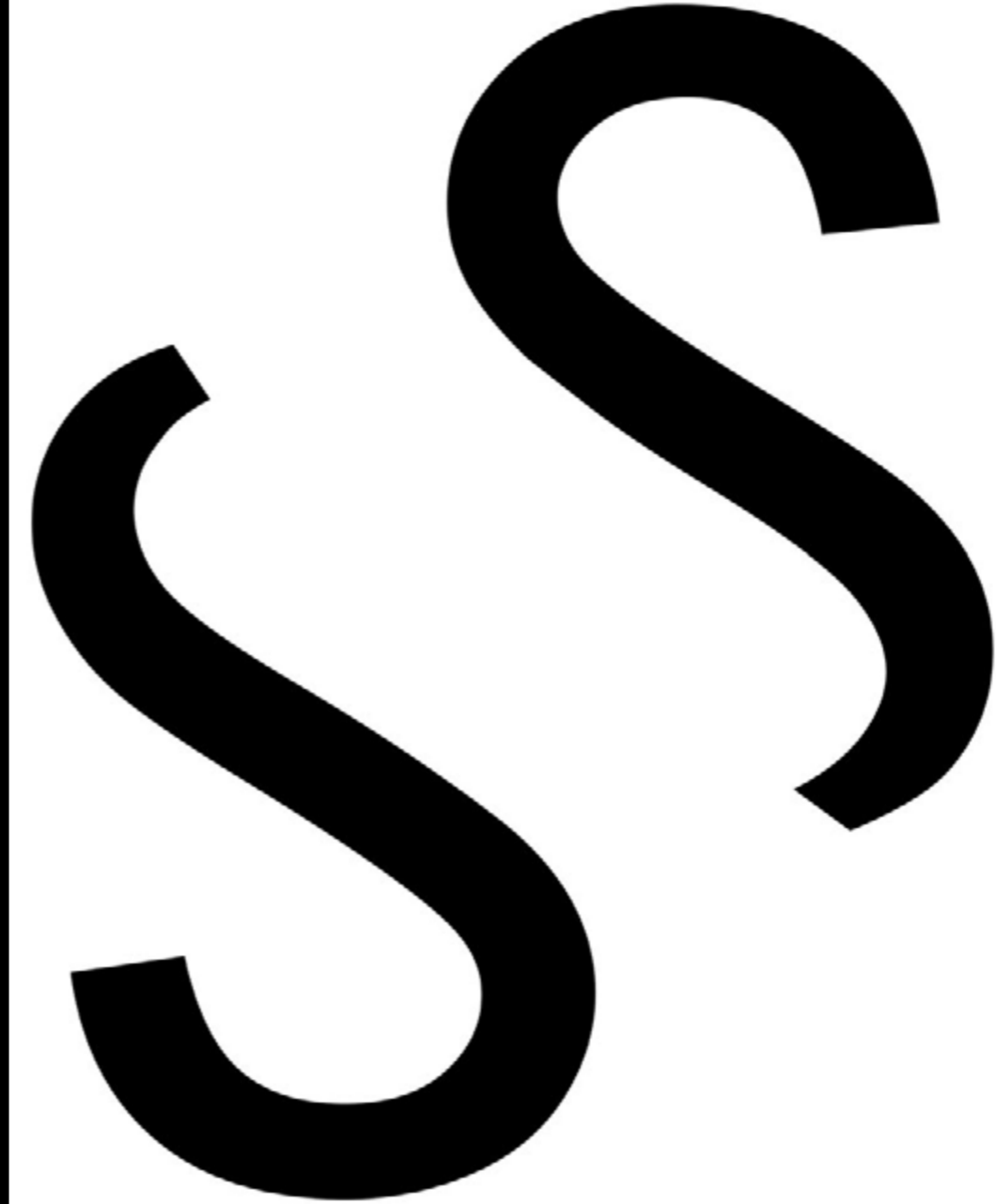
Finally, I would like to express my sincere thanks to the reviewers of this volume, Professor Artur Tajber and Dr. Bartłomiej Skowron, whose kind reviews confirmed the validity of recognizing artistic forms of expression as essential components of substantive discourse on theoretical problems, particularly on issues of symmetry and asymmetry.

:)	:)	:(
:(	:(	:)
:)	:(	:)



Ioannis Anastasiou

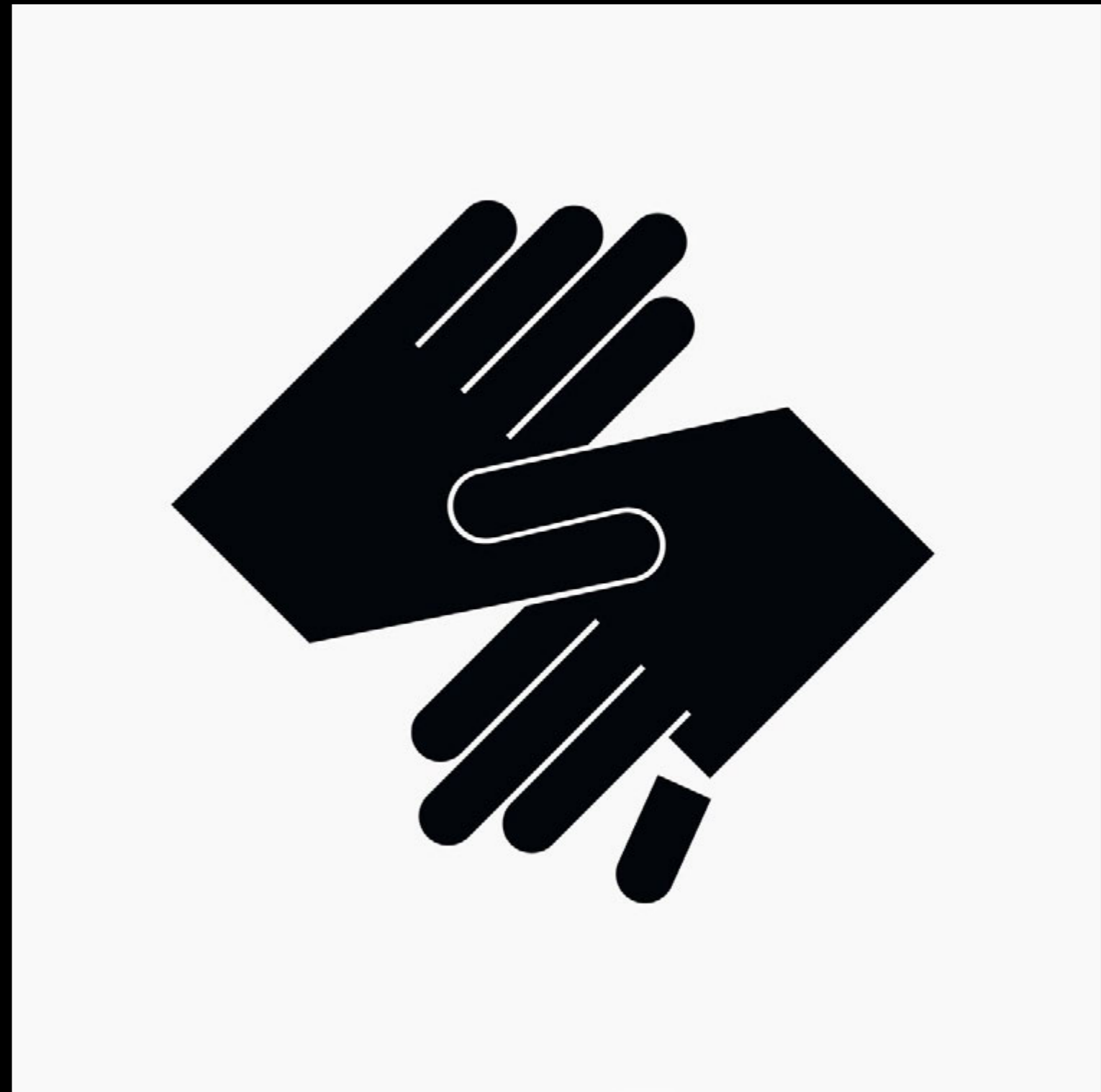
Déjà Vu  
2021





Renata Bonter-Jędrzejewska

Impact  
2019





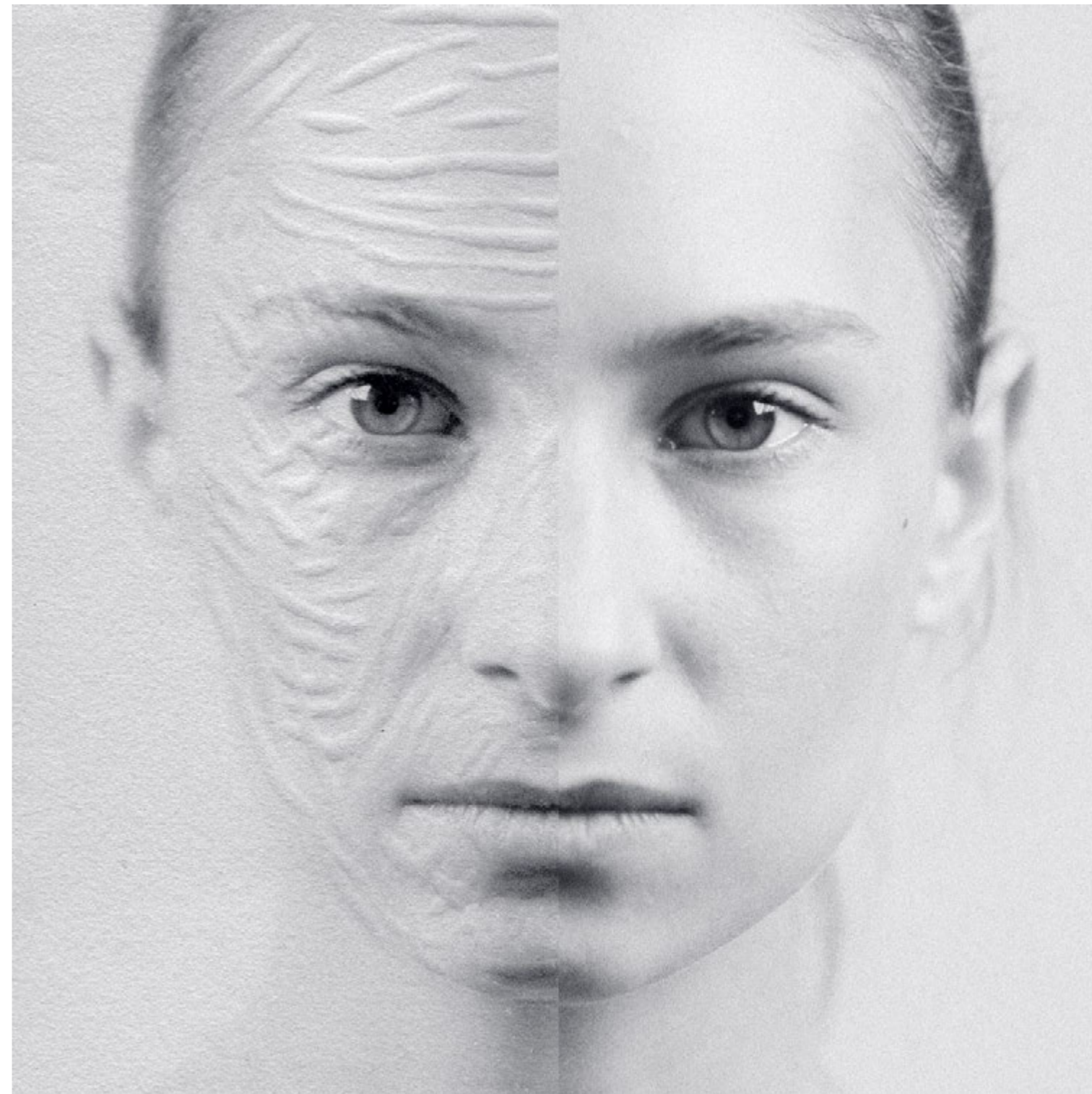


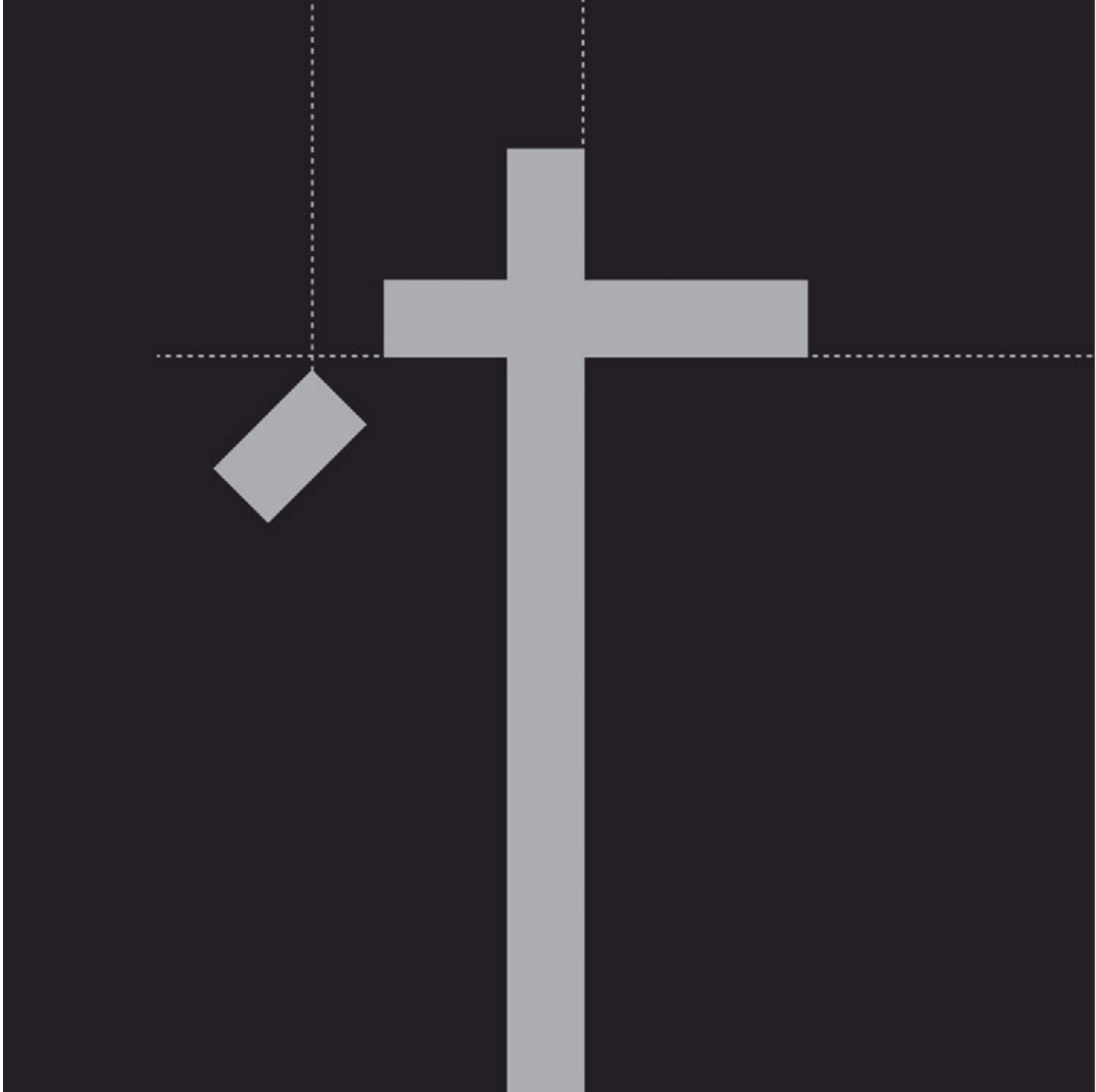
a s y m e t r i a s y m e t r i a  
s y m e t r i a s y m e t r i a s  
y m e t r i a s y m e t r i a s y  
m e t r i a s y m e t r i a s y m  
e t r i a s y m e t r i a s y m e  
t r i a s y m e t r i a s y m e t  
r i a s y m e t r i a s y m e t r  
i a s y m e t r i a s y m e t r i  
a s y m e t r i a s y m e t r i a



Maja Dokudowicz

Infinite Fragments  
2021



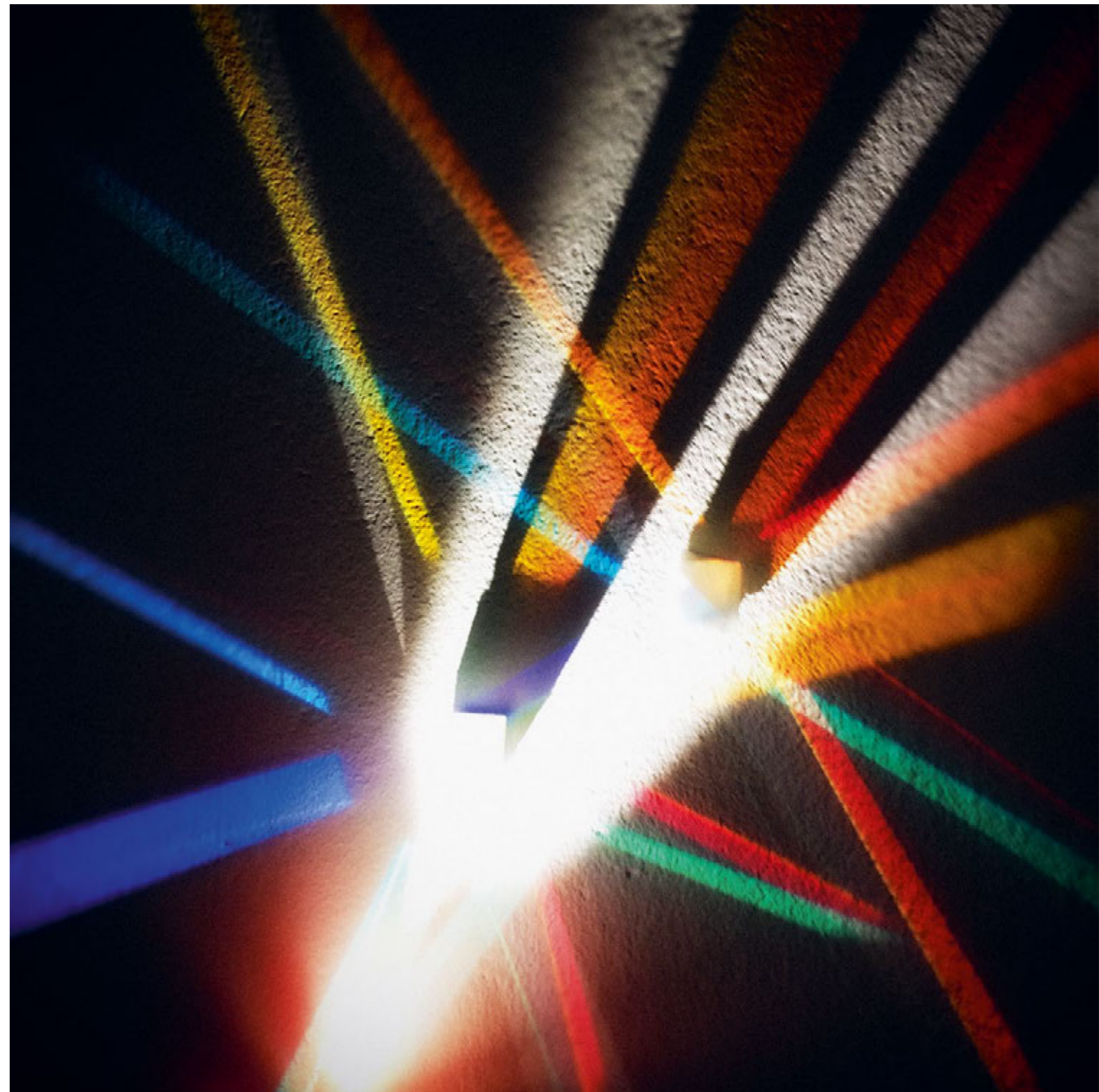






Marek Grzyb

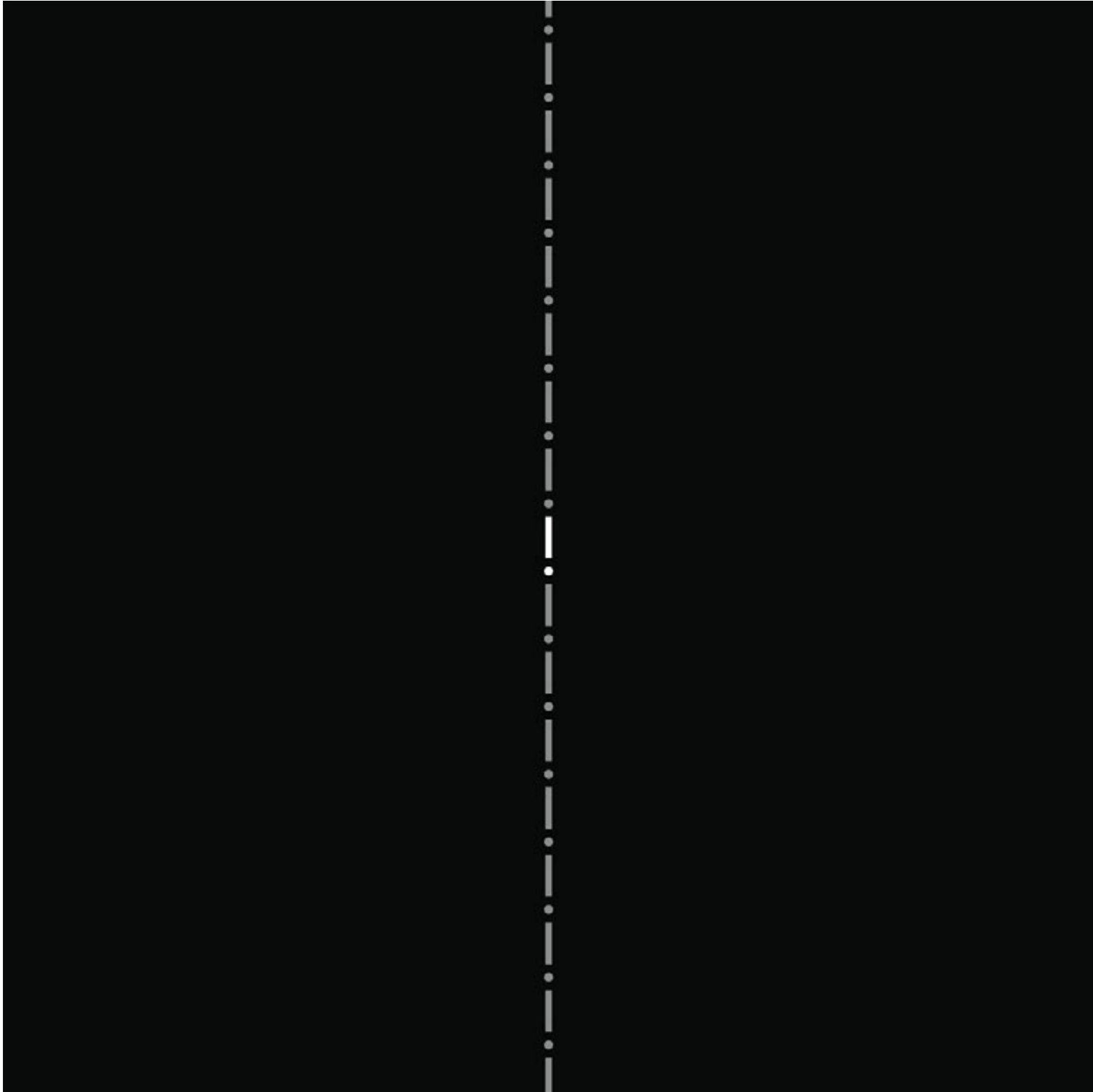
(A)symetria czasu / (A)symmetry of time  
2020











Jakub Jernajczyk

Poziomy poznania: ogarniam, rozdzielam, wyróżniam, oznaczam  
Levels of cognition: I embrace, I divide, I distinguish, I signify  
2021

### Siedzimy w domu

Niewyobrażalnie mała prawie-kuleczka z kolcami od ponad roku terroryzuje ludzkość. Choć nie odpowiada w pełni (naszej) definicji żywego organizmu, ma zdolność namnażania się i niszczenia organizmu człowieka. To wirus SARS-CoV-2. Siedzimy zamknięci w domach, nie działają szkoły, uczelnie, instytucje kultury, sparaliżowany jest handel, przemysł, usługi. Liczba ofiar śmiertelnych wirusa (COVID-19) na świecie sięga kilku milionów.

### „Pociecho moja ty, książeczko...”

(Stanisław Wyspiański)

Formy kuliste organizmów nie są szczególnie preferowane w przyrodzie: małe nasionka, zarodniki, mikroorganizmy bywają kuliste, a kręgowce mają niektóre stawy z elementami kulistymi. A kula to przecież bryła doskonała, o najwyższej symetrii – można ją dowolnie obracać i ze wszystkich stron wygląda tak samo. Nie powinno więc nas zaskoczyć, że bohater „Cyberiady” Stanisława Lema, znakomity konstruktor Trurl, na widok kosmity o budowie kulistej „zachwyił się tak świetnym rozwiązaniem konstrukcyjnym istoty rozumnej”. Kosmita ów składał się bowiem z dwóch idealnych półkul: górnej o imieniu Synchronizy i dolnej o imieniu Synchrofazy. Literatura pozwala nam na głębszy oddech. Symetria wszelako nie zawsze budzi zachwyt: gdy na planecie Indiotów<sup>1</sup> Machina postanowiła przerobić wszystkich obywateli tej planety na błyszczące twarde krążki (o wysokiej symetrii), a ponadto ułożyć z tych krążków piękne geometryczne, symetryczne wzory. Bohater opowieści, Ijon Tichy, pomimo wyraźnej propozycji Machiny, nie dał się przerobić na wysokosymetryczny krążek. „Nie jestem przecież Indiotą” – odrzekł i w ostatniej chwili udał się do swej rakiety.

Nie wiadomo, kto jest autorem słynnego powiedzenia: „Symetria jest estetyką głupców”, albo w nieco innej wersji „Symetria to piękno idiotów”.

1 S. Lem, *Dzienniki gwiazdowe*, (Podróż dwudziesta czwarta), Warszawa 1957.

### We stay at home

An unimaginably small almost-ball with spikes has been terrorizing humankind for over a year. Although it does not fully meet (our) definition of a living organism, it can multiply and destroy the human organism. It is the SARS-CoV-2 virus. We are staying at home; schools, universities, and cultural institutions are closed. Trade, industry, and services are paralyzed. The number of deaths caused by the virus (COVID-19) in the world has reached several million.

### “Oh, you, little book, my solace...”

(Stanisław Wyspiański)

Spherical forms of organisms are not particularly preferred in nature: tiny seeds, spores, and microorganisms are sometimes spherical, and vertebrates have some joints with spherical elements. And a sphere is, after all, a perfect solid, with supreme symmetry – it can be rotated at will and looks the same from all sides. It should not come as a surprise then, that the protagonist of Stanislaw Lem’s *The Cyberiad*, the brilliant constructor Trurl, upon seeing an alien of spherical structure, “marveled at such an excellent structural solution of a rational being.” This alien was composed of two perfect hemispheres: the upper one called *Synchronicus* and the lower one called *Symphonicus*. Literature allows us to breathe more deeply. Symmetry, however, is not always delightful: when, on the planet of the *Indiots*<sup>1</sup> Machina decided to remake all the citizens of this planet into shiny hard disks (of high symmetry) and, moreover, to arrange beautiful geometrical, symmetrical patterns out of these disks. The protagonist of the story, Ijon Tichy, despite Machina’s explicit proposal, refused to be remade into a high-symmetrical disc. “I’m not an *Indiota* after all.” – he replied and went to his rocket at the last minute.

It is not known who the author of the famous saying is: “Symmetry is the aesthetics of fools”,

1 S. Lem, *Dzienniki gwiazdowe*, (Podróż dwudziesta czwarta), [*The Star Diaries*, (The Twenty-fourth Voyage)], Warszawa 1957.

Podejrzani o autorstwo są Le Corbusier, Picasso, Tuwim, Witkacy, Wiktor Hugo, a nawet starożytni Grecy. Powiedzenie jest oczywiście prowokacyjne, w rzeczywistości dla większości z nas symetria to synonim porządku, harmonii, pięknych proporcji, stabilności – przynajmniej fragmentów tego wyjątkowo niestabilnego świata.

Zamknięci w domach studiujemy dane o zachorowaniach. Marzymy o tym (jest połowa kwietnia 2021), aby krzywa zachorowań stała się wreszcie symetryczna, to znaczy, aby jej lewa część wyrażająca wzrost osiągnęła wreszcie maksimum i zaczęła opadać, stając się prawą częścią zwykłej krzywej statystycznej zbliżonej do funkcji Gaussa. Tak stało się w połowie maja. To już trzecia fala zachorowań. Pierwsza, najniższa, miała miejsce na wiosnę 2020, druga, wyższa, wystąpiła jesienią 2020. Czy będzie czwarta fala? Jak wysoka? Kiedy? Czy rytmiczność tych fal odzwierciedla nieznaną nam bliżej i niezrozumiałą symetrię czasową?

Zamknięci w domach pocieszamy się, że w czasie zarazy we Florencji powstało genialne dzieło – *Dekameron* Boccaccia<sup>2</sup>, a wiele stuleci wcześniej zaraza w Atenach inspirowała Lukrecjusza do napisania wspaniałego dzieła *De rerum natura*<sup>3</sup>. Może i tym razem będzie jakiś sukces kulturalny? Pocieszamy się, będąc wyłączeni z normalnego „obiegu kulturalnego”, studiowaniem dzieł klasyków. Niestety, w obiegu informacyjnym rozpanoszyli się ostatnio tak zwani symetryści działający wyjątkowo destrukcyjnie na świadomość społeczną; uważają oni, że nie ma żadnych różnic pomiędzy partiami politycznymi czy organizacjami społecznymi, a wszyscy są jednakowo dobrzy czy też jednakowo źli. Jest to pogląd raczej dziwny – fizycy jako antysymetryczną w stosunku do materii uważają antimaterię. Tak więc antysymetryczne w stosunku do zła powinno być dobro, w stosunku do ciemności – jasność, w stosunku do prawdy –

2 G. Boccaccio, *Dekameron*, tłum. E. Boyé, Warszawa 1983.  
3 Titus Lucretius Carus, *O naturze rzeczy*, tłum. G. Żurek, Warszawa 1994.

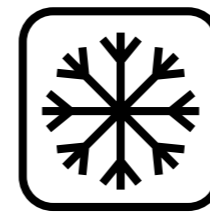
or in a slightly different version “Symmetry is the beauty of idiots”. Suspected of its authorship are Le Corbusier, Picasso, Tuwim, Witkacy, Victor Hugo, and even the ancient Greeks. The saying is of course provocative, in fact, for most of us, symmetry is synonymous with order, harmony, beautiful proportions, stability – or at least fragments of this extremely unstable world.

Closed up in our homes, we study the data on disease incidence. We dream (it is mid-April 2021) that the incidence curve finally becomes symmetrical, that is, that its left part expressing growth finally reaches a maximum and begins to fall, becoming the right part of a normal statistical curve similar to a Gaussian function. This is what happened in mid-May. This is the third wave of the disease. The first, lowest, occurred in the spring of 2020; the second, higher, occurred in the fall of 2020. Will there be a fourth wave? How high? When? Does the rhythmicity of these waves reflect a temporal symmetry that is unknown and not well understood?

Closed up in our homes, we console ourselves with the fact that during the plague in Florence, a brilliant work was written – Boccaccio’s *Decameron*<sup>2</sup>, and many centuries earlier the plague in Athens inspired Lucretius to write his wonderful work *De rerum natura*.<sup>3</sup> Maybe there will be some cultural success this time too? We console ourselves, being excluded from the normal “cultural events,” by studying the works of the classics. Unfortunately, the so-called symmetrists, who are extremely destructive for the social consciousness, have recently run rampant in the media; they believe that there are no differences between political parties or social organizations, and everyone is either equally good or equally bad. This is a rather strange view –

2 G. Boccaccio, *The Decameron*, transl. J. Payne, The Villon Society, London, 1886, <https://gutenberg.org/ebooks/23700> [access: 7.09.2021].

3 Titus Lucretius Carus, *On the Nature of Things*, transl. W.E. Leonard, New York: E.P. Dutton 1916, <https://gutenberg.org/ebooks/785> [access: 7.09.2021].



Płatek śniegowy na znaku drogowym dość ubogi w formie, ale prawidłowy oraz „płatek niemożliwy” o nieprawidłowych kątach, który, niestety, można zobaczyć w różnych miejscach.

A snowflake on a road sign relatively poor in form but correct, and an “impossible snowflake” with incorrect angles, which, unfortunately, can be seen in various places.

kłamstwo. Symetryści uważają, że takie antynomie nie istnieją, bo wszyscy są siebie wari. Niektórzy twierdzą, że symetryści ratują nas przed wojną domową. Być może.

### Dlaczego symetria jest taka ważna?

Wyjątkowy chłodny tegoroczny kwiecień zaskoczył nas częstymi opadami śniegu. Płatek śniegowy jest tworem niezwykłym, o szczególnej urodzie. Wilson Bentley wykonał ponad tysiąc mikroskopowych fotografii płatków śniegowych – nie znalazł dwóch identycznych. Jak uważa profesor K.G. Libbrecht z Caltechu, prawdopodobnie w dziejach Ziemi nie spadły dwa identyczne płatki śniegowe! Jest to wielce prawdopodobne, ponieważ ilość molekuł wody tworzących maleńki płatek jest ogromna (rzędu miliarda miliardów), a układ kryształków lodu jest, jak się wydaje, przypadkowy z jednym poważnym zastrzeżeniem – zachowaniem symetrii sześciokątnej (heksagonalnej). To podstawowa właściwość kryształków lodu tworzących płatki – opisali tę cechę już kilkaset lat temu Johannes Kepler i Kartezjusz, a w latach 30-tych XX wieku Ukichiro Nakaya skatalogował płatki śniegowe. Uczczono go pomnikiem w Sapporo w kształcie płatka śniegowego. Bez względu na skomplikowaną budowę kąty 60° w płatku śniegowym muszą być zachowane! W całej grozie pojawia się zatem problem płatków niemożliwych, o symetrii tetra- lub oktagonalnej (kąty 90° i 45°). Takie heretyckie „płatki” można, niestety, obejrzeć na niektórych mrożonkach spożywczych, na drzwiach tramwajów i autobusów obok napisu „Pojazd klimatyzowany”, także na workach, używanej bez opamiętania do posypywania ośnieżonych dróg i chodników, soli kuchennej, która jest, jak wiadomo, śmiertelną trucizną dla większości roślin.

Czepiam się? Komu przeszkadza uroczy ośmiokątny „płatek”? Muszę wystąpić w obronie nie tylko symetrii, ale i wody – substancji absolutnie niezwykłej. Łódź pływa po wodzie – umożliwia to względnie luźna heksagonalna struktura.

physicists regard antimatter as antisymmetric to matter. Thus, antisymmetric with respect to evil should be goodness, with respect to darkness – brightness, with respect to truth – falsehood. Symmetrists believe that such antinomies do not exist, because we all are worthy of one another. Some say that symmetrists have been saving us from civil war. Perhaps.

### Why is symmetry so important?

This year’s exceptionally cold April surprised us with frequent snowfalls. The snowflake is an unusual formation of particular beauty. Wilson Bentley took over a thousand microscopic photographs of snowflakes – and found that no two were identical. According to Professor K.G. Libbrecht from Caltech, no two identical snowflakes have probably ever fallen in the history of the Earth! This is highly probable because the number of water molecules forming a single tiny flake is enormous (in the range of billions of billions) and the arrangement of the ice crystals is, as it seems, random with one strict condition – the hexagonal symmetry has to be preserved. This is a fundamental property of the ice crystals that make up a flake – Johannes Kepler and Descartes described this feature several hundred years ago, and in the 1930s Ukichiro Nakaya catalogued snowflakes. He was honored with a snowflake-shaped monument in Sapporo. The 60° angles in a snowflake must be preserved regardless of the structure’s complexity! Therefore, in all its horror, the problem of impossible flakes, with tetra- or octagonal symmetry (angles of 90° and 45°) appears. Such heretical «flakes» can, unfortunately, be seen on some frozen foods, on the doors of streetcars and buses next to the sign «air-conditioned vehicle», also on bags of cooking salt – used without limitation to sprinkle snowed over roads and sidewalks – which is, as we all know, a deadly poison to most plants.

Am I picking on it? Who is bothered by the lovely octagonal «flake»? I must come to the

When with the spring of life the spirit Artist  
takes a sip of its breath like butterflies,  
He is free to say only this:  
„The earth is round-it is spherical!”  
But when the later shivers of cold  
move the tree – and the flowers will fall –  
Then one must add further:  
„At the poles – flattened a little...”<sup>5</sup>

### What is symmetry? “We strive for bright depths” (Tadeusz Kotarbiński)

What is symmetry? Beauty? Kitsch? The foundation of the construction of the Universe? And in general, is the construction of the Universe mathematical, or do we, in knowing and describing reality, merely impose a mathematical scheme on it? These questions are difficult, if not rhetorical. The world does not realize perfect symmetries; we only imagine perfect symmetries (and do so with difficulty). Geometric symmetries are fairly easy to define and describe. However, there are many deeply hidden symmetries, the traces of which we can sometimes observe, and which are of fundamental importance. Let us use the literature:

That whate’er our gaze embraces,  
Is but a reflex, but a shadow  
Of the things the eye ne’er traces?  
[...]  
That the roar of earthly surging  
Is naught but a distorted echo  
Of harmonies in triumph merging?<sup>6</sup>

We have no choice; so let us begin by trying to define symmetry. Such attempts have been made since antiquity; in a rather colloquial sense,

5 C.K. Norwid, *Ogólniki*, in: Idem, *Vade-mecum*, Lublin 2004. [Technical translation, not reflecting the aesthetic value of the poem].

6 V. Solovyov, *Friend beloved, dost thou see not...*, transl. P. Selver, <https://ruverses.com/vladimir-solovyov/friend-beloved-dost-thou-see-not/1153/>, [access: 30.09.2021].

Drzewem wzruszą – i kwiatki zlecą –  
Wtedy dodawać trzeba jeszcze:  
„U biegunów – spłaszczona nieco...”<sup>5</sup>

### Czym jest symetria? „Dążymy do jasnych głębin” (Tadeusz Kotarbiński)

Czym jest symetria? Pięknem? Kiczem? Fundamentem konstrukcji Wszechświata? A czy w ogólności konstrukcja Wszechświata jest matematyczna, czy też my, poznając i opisując rzeczywistość, jedynie nakładamy na nią schemat matematyczny? Pytania te są trudne, a może nawet retoryczne. Świat nie realizuje idealnych symetrii; idealne symetrie jedynie sobie wyobrażamy (i to z trudnością). Geometryczne symetrie dość łatwo zdefiniować i opisać. Istnieją jednak liczne symetrie głęboko ukryte, których ślady potrafimy niekiedy zaobserwować, a które mają znaczenie fundamentalne. Posłużmy się literaturą:

Że wszystkie światy, te widome –  
To jeno cień i migotanie  
Rzeczy przed okiem utajonej.  
[...]  
W powszednim zgiełku, w życia trybach –  
Wielkich harmonii dostojeństwo  
Zepsutym echem się odzywa.<sup>6</sup>

Nie mamy wyboru; zacznijmy zatem od prób definicji symetrii. Od starożytności podejmowano takie próby; w sensie raczej potocznym określano symetrię jako harmonię, porządek, piękne proporcje. Elementy matematyki wprowadzili Pitagoras i Platon, postulując istnienie tzw. brył platońskich. Ściany tych brył są wielokątami foremnymi (trójkąt równoboczny, kwadrat, pięciokąt foremny). Brył takich jest pięć i więcej być nie może. Z trójkątów

5 C.K. Norwid, *Ogólniki*, w: Idem, *Vade-mecum*, Lublin 2004.

6 W. Sołowjow, *A przecież widzisz...*, tłum. L. Kołakowski, [w:] W. Dąbrowski, A. Mandaljan, W. Woroszyński, *Antologia nowoczesnej poezji rosyjskiej*, Wrocław 1971, I, s. 64.

defense not only of symmetry, but also of water – an absolutely extraordinary substance. Ice floats on water – the relatively loose hexagonal structure makes it possible. Reservoirs freeze from the top, and the densest water at 4° C is near the bottom, allowing aquatic organisms to survive. Other properties of water and ice are also unusual – ice melts slowly and water “holds heat” for a very long time (the ocean warms us in winter and cools us in summer). Because ice has a lower density than water – water – when it freezes, increases in volume. Water pipes may crack in freezing weather, but on the other hand, rocks also crack, and their fragmentation enables the formation of soil – the ecosystem that determines life on Earth. And all because of the hexagonality of the ice structure. Remember – the symmetry of a snowflake is related to the division of a solid angle into six equal parts! But let’s go back to top-shelf literature.

If you approach at night  
And turn your face to the waters,  
The stars above you and the stars below you  
And the two moons you will see.  
Uncertain, if from under your foot  
Up to the sky a glassy plain comes,  
Or the sky its glassy ceilings  
Bends down to thy feet.<sup>4</sup>

This is a particularly beautiful definition of mirror symmetry! A little further on, however, the materialistic part of the poem ends and the metaphysical part about Satan’s mischief etc. begins. We will return to the problem of mirror symmetry shortly, but now, based on the work of another bard, we will define the extremely important problem of the so-called spontaneous breaking of symmetry.

4 A. Mickiewicz, *Świtez*, in: Idem, *Poezje*, vol. I (Wiersze młodzieńcze – Ballady i romanse – Wiersze do r. 1824), wyd. 2 zwiększone, Kraków 1922. [Technical translation, not reflecting the aesthetic value of the poem].

Zbiorniki wodne zamarzają od góry, a najgęstsza woda o temperaturze 4° C znajduje się blisko dna, umożliwiając przeżycie organizmom wodnym. Inne właściwości wody i lodu też są niezwykle – lód topi się powoli, a woda bardzo długo „trzyma ciepło” (ocean grzeje nas zimą, a chłodzi latem). Ponieważ lód ma mniejszą gęstość niż woda, woda, zamarzając, powiększa swą objętość. Rury z wodą mogą pękać na mrozie, ale z drugiej strony pękają też kamienie, a ich rozdrobnienie umożliwia tworzenie się gleby – ekosystemu warunkującego życie na Ziemi. A wszystko przez heksagonalność struktury lodu. Pamiętajmy – symetria płatka śniegowego związana jest z podziałem kąta pełnego na sześć równych części! Wróćmy do literatury z górnej półki.

Jeżeli nocną przybliżysz się doba  
I zwrócisz ku wodom lice,  
Gwiazdy nad tobą i gwiazdy pod tobą,  
I dwa obaczysz księżyce.  
Niepewny, czyli szklanna spod twej stopy  
Pod niebo idzie równina,  
Czyli też niebo swoje szklanne stropy  
Aż do nóg twoich ugina.<sup>4</sup>

To szczególnie piękna definicja symetrii zwierciadlanej! Nieco dalej kończy się jednak materialistyczna część wiersza i rozpoczyna metafizyczna o harcach szatańskich itd. Do problemu symetrii zwierciadlanej powrócimy wkrótce, teraz jednak w oparciu o dzieło innego wieszczka zdefiniujemy niezwykle istotny problem tzw. spontanicznego łamania symetrii.

Gdy z wiosną życia duch Artysta  
Poi się jej tchem jak motyle,  
Wolno mu mówić tylko tyle:  
„Ziemia jest krągła – jest kulista!”  
Lecz gdy późniejszych chłodów dreszcze

4 A. Mickiewicz, *Świtez*, w: Idem, *Poezje*, tom I (Wiersze młodzieńcze – Ballady i romanse – Wiersze do r. 1824), wyd. 2 zwiększone, Kraków 1922.



Kryształ pirytu widoczne ściany w kształcie (niemal) pięciokąta foremnego.

The (almost) pentagon-shaped wall is clearly visible in a pyrite crystal.

możemy zbudować czworościan foremny (tetraedr), ośmiościan (oktaedr) i dwudziestościan (ikosaedr), z kwadratów tylko sześciąt (heksaedr), z pięciokątów dwunastościan foremny (dodekaedr). Sześciokąty foremne istnieją, ale z nich nie da się zbudować bryły – można wykafelkować posadzkę, pszczoły budują swoje sławne plastry miodu, łącząc woskowe sześciokąty, tak też zbudowany jest grafit i grafen. Bryły platońskie mają ogromne znaczenie w nauce o symetrii (teorii grup), w fizyce, chemii i biologii. Icosaedry są charakterystyczne dla symetrii licznych wirusów, kształty brył platońskich obserwujemy u radiolarii. Wymagane wysokosymetryczne otoczenie atomów zapewniają bryły platońskie, w szczególności oktaedry i tetraedry, co jest ważne m.in. w konstrukcji laserów. Nie jest do końca jasne, jak starożytni odkryli dodekaedr; być może pomocny był minerał piryt, występujący w południowej Italii, tworzący ściany w kształcie pięciokątów.

Johannes Kepler był zafascynowany bryłami platońskimi – proponował wykorzystać te bryły do określenia rozmiarów orbit planet, niestety, bez dobrego rezultatu. Nawet postulowana kołowość orbit planet, jako realizująca najbardziej symetryczny obiekt na płaszczyźnie – okrąg – została odrzucona. Symetria praw fizycznych pozostaje zwykle bardzo wysoka, ich realizacja jest najczęściej związana z obserwowanym obniżeniem symetrii (planety poruszają się po elipsach). To problem tzw. warunków początkowych czy, ogólniej, warunków brzegowych. Wspomniane przez Norwida „spłaszczenie” Ziemi u biegunów to jeden z przykładów łamania symetrii wysokiej i przejścia do niższej.

W naszych czasach za klasyka definicji symetrii uważa się Hermanna Weyla. Definiuje on symetrię jako „niezmienniczość konfiguracji pewnych elementów względem grupy przekształceń automorficznych”<sup>7</sup>. To ostatnie słowo ma w matematyce bardzo wiele znaczeń, niekiedy oznacza

7 H. Weyl, *Symetria*, tłum. S. Kulczycki, Warszawa 1997, s. 7.

symetrię jako harmonię, porządek, piękne proporcje. Elementy matematyki zostały wprowadzone przez Pythagoras i Plato, którzy postulowali istnienie tak zwanych ciał platońskich. Ściany tych ciał to regularne wielokąty (równoboczny trójkąt, kwadrat, regularny pięciokąt). Istnieje pięć takich ciał i nie może być więcej. Z trójkątów możemy zbudować regularny tetraedr (tetraedr), oktaedr (oktaedr) i ikosaedr (ikosaedr), z kwadratów tylko sześcian (heksaedr), z pięciokątów regularnych dwunastościan foremny (dodekaedr). Regularne sześciokąty istnieją, ale z nich nie da się zbudować bryły – można wykafelkować posadzkę, pszczoły budują swoje sławne plastry miodu, łącząc woskowe sześciokąty, tak też zbudowany jest grafit i grafen. Bryły platońskie mają ogromne znaczenie w nauce o symetrii (teorii grup), w fizyce, chemii i biologii. Icosaedry są charakterystyczne dla symetrii licznych wirusów, kształty brył platońskich obserwujemy u radiolarii. Wymagane wysokosymetryczne otoczenie atomów zapewniają bryły platońskie, w szczególności oktaedry i tetraedry, co jest ważne m.in. w konstrukcji laserów. Nie jest do końca jasne, jak starożytni odkryli dodekaedr; być może pomocny był minerał piryt, występujący w południowej Italii, tworzący ściany w kształcie pięciokątów.

Johannes Kepler był zafascynowany bryłami platońskimi – proponował wykorzystać te bryły do określenia rozmiarów orbit planet, niestety, bez dobrego rezultatu. Nawet postulowana kołowość orbit planet, jako realizująca najbardziej symetryczny obiekt na płaszczyźnie – okrąg – została odrzucona. Symetria praw fizycznych pozostaje zwykle bardzo wysoka, ich realizacja jest najczęściej związana z obserwowanym obniżeniem symetrii (planety poruszają się po elipsach). To problem tzw. warunków początkowych czy, ogólniej, warunków brzegowych. Wspomniane przez Norwida „spłaszczenie” Ziemi u biegunów to jeden z przykładów łamania symetrii wysokiej i przejścia do niższej.

symetrię właśnie. W sensie potocznym, ale dość ścisłym, można powiedzieć, że nad obiektem wykonującym symetrię wykonujemy różne działania (obracamy, odbijamy w lustrze, przesuwamy itp.), a obiekt dalej wygląda tak samo. Pojawia się tutaj także słowo „niezmienniczość” – wielu fizyków uważa, że jest to synonim słowa „symetria”. Weyl powołuje się na Polikleta i Duerera uznających, że „symetryczny” znaczy mający właściwe proporcje, dobrze ukształtowany. W szczególności chodzi o proporcje ciała człowieka i wielu zwierząt z charakterystyczną symetrią dwuboczną. Wiadomo, że można namalować połówkę motyla i odbić ją, wszelako zestawienie twarzy ludzkiej z dwóch połówek prawych lub dwóch lewych daje zadziwiająco, niekiedy komiczne rezultaty. Artyści wiedzą, że niewielka domieszka asymetrii w nawet bardzo symetrycznych obiektach zawsze istnieje, co więcej, jest oczekiwana. Symetria dwuboczna ciała człowieka z niewielką dawką asymetrycznych odchyleń dotyczy jedynie wyglądu zewnętrznego; narządy wewnętrzne są całkowicie asymetryczne. Serce ssaków (u człowieka po lewej stronie) ma postać asymetrycznej śruby, inne organy wewnętrzne są również rozmieszczone niesymetrycznie. Dotyczy to większości organizmów żywych. Podziwiamy symetrię materii nieożywionej, przede wszystkim kryształów, a także tworów fraktalnych, jak płatki śniegowe. Występuje tu jednak niezwykle ważne ograniczenie – istnieją tylko 32 możliwe symetrie kryształów! (Liczba symetrycznych dzieł sztuki jest, na szczęście, nieograniczona). Jeśli kryształy nie przejawiają symetrii zwierciadlanej, mogą pojawić się kryształy enancjomorficzne, a efekt ten zwiemy także chiralnością (od greckiego słowa oznaczającego rękę). Wiadomo, że nie można założyć lewej rękawiczki na prawą rękę (albo odwrotnie), albo prawego buta na lewą nogę. Efekt ten jest w przyrodzie niezwykle rozpowszechniony – dotyczy kryształów, cząsteczek związków chemicznych, tworów makroskopowych. Występowanie związków biologicznie aktywnych: aminokwasów i cukrów

Nowadays, Hermann Weyl is considered the classic of the definition of symmetry. He defines symmetry as “invariance of a configuration of elements under a group of automorphic transformations”<sup>7</sup>. This last but one word has many meanings in mathematics, sometimes it means symmetry. In a colloquial, but quite strict sense, we can say that we perform various actions (rotate, reflect in a mirror, move, etc.) over an object that shows symmetry, and the object still looks the same. The word “invariance” also appears here – many physicists believe it is synonymous with the word “symmetry”. Weyl cites Polykleitos and Durer who believed that “symmetrical” means having the right proportions, well-shaped. In particular, it concerns the proportions of the human body and many animals with a characteristic two-sided symmetry. It is known that one can paint half of a butterfly and reproduce it, but the juxtaposition of a human face with two right or two left halves yields surprising, sometimes comical results. Artists know that a small admixture of asymmetry in even very symmetrical objects always exists, moreover, it is expected. The bilateral symmetry of the human body, with a small dose of asymmetrical deviations, applies only to external appearance; the internal organs are completely asymmetrical. The mammalian heart (on the left in humans) has the form of an asymmetrical screw; other internal organs are also arranged asymmetrically. This applies to most living organisms. We admire the symmetry of inanimate matter, especially crystals, and also fractal creations like snowflakes. There is, however, an extremely important limitation – there are only 32 possible symmetries of crystals! (The number of symmetrical artworks is, fortunately, unlimited). If the crystals do not demonstrate mirror symmetry, enantiomorphic crystals may appear, and this effect is also called chirality (from the Greek word for hand). It is known that you cannot put your left

7 H. Weyl, *Symmetry*, Princeton University Press 1952, p. 1.

w formach L (lewa) i D (prawa) i wybór przez organizmy żywe tylko jednej formy jest jedną z najważniejszych cech organizmów żywych. Dlaczego tak jest, nie do końca wiadomo. Odpowiedzią trywialną jest, że życie powstało tylko raz, wybrało L-amino kwasy i D-cukry i ciągnie się to dalej wraz z dzieżeniem... Można próbować odpowiedzieć na to pytanie, sięgając bardzo głęboko, do symetrii fundamentalnych oddziaływań w przyrodzie. Jak wiadomo, istnieją cztery oddziaływania fundamentalne: grawitacyjne, elektromagnetyczne, jądrowe silne i jądrowe słabe. Grawitacyjne dotyczy wielkich mas (w skali kosmicznej) i bardzo słabo działa na atomy, wydaje się ponadto symetryczne pod względem prawo-lewo; elektromagnetyczne jest z pewnością symetryczne pod tym względem i to ono zapewnia stabilność cząsteczek i naszych ciał. Oddziaływanie jądrowe silne (także symetryczne ze względu na parzystość) utrzymuje w całości jądra atomowe, a jądrowe słabe odpowiedzialne jest za rozpady promieniotwórcze. I to ostatnie jest ponad wszelką wątpliwość niesymetryczne względem prawy-lewy. Przekonuje o tym eksperyment zaprojektowany i wykonany przez panią C. S. Wu. Wydaje się, że suma energii oddziaływań elektromagnetycznych i słabych dla form L różni się nieco od tej sumy dla form D. Różnica ta oceniana jest jako znikomo mała, poniżej miliardowej części promila. Wiadomo jednak, że spolaryzowane promieniowanie beta (strumień elektronów wyrzucanych z jądra m.in. potasu-40) nieco inaczej (ale również jest to różnica znikomo mała) oddziałuje z formami L i D. Czy jednak to wystarcza, aby życie w wyniku długotrwałej ewolucji preferowało tylko jedną z form? Z efektem prawy-lewy wiąże się, tutaj znów wracamy do literatury pięknej, tzw. problem Ozmy (nazwa zaczerpnięta z książki Franka L. Bauma *Czarnoksiężnik z Krainy Oz*). Problem ten polega na przekazaniu komuś, np. Kosmicie, co to znaczy naprawdę prawy i lewy. My to wiemy dobrze, bo mamy rękę prawą i lewą, ale Kosmita może tego nie wiedzieć. Oddziaływanie słabe

glove on your right hand (or vice versa), or your right shoe on your left foot. This effect is extremely widespread in nature – it applies to crystals, molecules of chemical compounds and macroscopic formations. The occurrence of biologically active compounds: amino acids and sugars in L (left) and D (right) forms and the choice by living organisms of only one form is one of the most important features of living organisms. Why this is so is not entirely clear. The trivial answer is that life was created only once, it chose L-amino acids and D-sugars, and it continues from inheritance... One can try to answer this question by going very deep, to the symmetry of fundamental interactions in nature. As we know, there are four fundamental interactions: gravitational, electromagnetic, nuclear strong and nuclear weak. Gravitational interactions concern large masses (on a cosmic scale) and has a very weak effect on atoms, moreover, it seems to be symmetric with respect to right-left; electromagnetic interactions are certainly symmetric with respect to this, and it is this that provides stability to molecules and our bodies. Strong nuclear interactions (also symmetric due to evenness) hold the atomic nuclei together, and weak nuclear interactions are responsible for radioactive decays. And the latter is beyond any doubt asymmetric with respect to right-left as shown in an experiment designed and performed by Mrs. C. S. Wu. It seems that the sum of the energies of electromagnetic and weak interactions for the L-forms differs somewhat from that for the D-forms. This difference is estimated to be negligibly small, less than a billionth of a per mille. It is known, however, that polarized beta radiation (a stream of electrons ejected from the nucleus of, among others, potassium-40) interacts slightly differently (but also this difference is negligibly small) with L- and D-forms. But is it enough for life to prefer only one of the forms as a result of long-term evolution? Connected with the right-left effect, here again returning to fiction, is the so-called Ozma problem (a name taken from

(asymetryczne) nadawałoby się do przekazania tej informacji, jednakże należałoby mieć pewność, że Kosmita zbudowany jest z materii – jeśli byłby zbudowany z antymaterii przekazana przez nas informacja okaże się błędna. W antymaterii elektrony (zwane pozytonami) w odróżnieniu od elektronów materii mają ładunek dodatni.

Rozważania te zakończę cytatem z książki Weyla, „Prawa matematyczne rządzące naturą są źródłem symetrii, intuicyjne zaś urzeczywistnienie idei w twórczym umyśle artysty – jej źródłem w sztuce”<sup>8</sup>.

### Poszukujemy prawdziwej głębi

Wydaje się, że znakomita książka Jana Mozrzymasa „Ewolucja idei symetrii” wymaga przynajmniej kilkukrotnego cytowania. Książka ta daje bogaty przegląd literatury dotyczącej symetrii, wskazuje kierunki rozwoju pojęcia symetrii, prezentuje nie tylko ścisłe matematyczne ujęcie zagadnienia, ale porusza problemy życia, świadomości, dobra i piękna. Autor pisze: „Idea symetrii należy dzisiaj do najgłębszych i najbardziej uniwersalnych idei w fizyce i matematyce”<sup>9</sup>. I dalej: „Symetria jest więc z jednej strony wyrazem fundamentalnej jedności Wszechświata, z drugiej zaś może być traktowana jako źródło widocznej we Wszechświecie realizacji różnorodności, gdyż bogactwo grup abstrakcyjnych i ich reprezentacji (realizacji) jest nieograniczone”<sup>10</sup>; „Pitagoras, Platon i Kepler wierzyli, że u podstaw praw przyrody tkwi symetria jako wyraz harmonii i piękna... Fascynacja liczbami i figurami u ludzi tej miary, co Pitagoras, Platon i Kepler była przejawem nie tyle mistycyzmu, ile raczej wyrazem genialnej intuicji...”<sup>11</sup>.

Z powodu pandemii nasze bezpośrednie kontakty z ludźmi są bardzo ograniczone. Ale wykłady

8 Ibid., s. 12-14.

9 J. Mozrzymas, *Ewolucja idei symetrii*, Wrocław, 1992, s. 7.

10 Ibid., s. 13.

11 Ibid., s. 35.

Frank L. Baum’s book *The Wizard of Oz*). This problem involves communicating to someone, e.g., an alien, what right and left really mean. We know it well, because we have a right and a left hand, but the alien may not know it. Weak interaction (asymmetric) would be suitable to give this information, however we should be sure that the alien is made of matter – if it would be made of antimatter the information we give would be wrong. In antimatter electrons (called positrons), unlike electrons in matter have a positive charge.

I will conclude these reflections with a quote from Weyl’s book, “the mathematical laws governing nature are the origin of symmetry in nature, the intuitive realization of the idea in the creative artist’s mind its origin in art.”<sup>8</sup>

### We are looking for real depth

It seems that Jan Mozrzymas’s excellent book “The Evolution of the Idea of Symmetry” needs to be cited at least several times. This book gives a rich overview of the literature on symmetry, points out the directions in which the concept of symmetry has developed and presents not only a strict mathematical treatment of the issue, but also touches upon the problems of life, consciousness, goodness and beauty. The author writes: “The idea of symmetry belongs today to the deepest and most universal ideas in physics and mathematics.”<sup>9</sup> And further: “Symmetry is thus, on the one hand, an expression of the fundamental unity of the Universe, while on the other hand it may be regarded as the source of the realization of the diversity that is visible in the Universe, because the richness of abstract groups and their representations (realizations) is unlimited”<sup>10</sup>; “Pythagoras, Plato and Kepler believed that symmetry was at the root of the laws of nature as an expression of harmony and

8 Ibid., p. 8.

9 J. Mozrzymas, *Ewolucja idei symetrii* [*Evolution of the idea of symmetry*], Wrocław, 1992, p. 7.

10 Ibid., p. 13.



na uczelniach wyższych odbywają się zdalnie z użyciem komputerów, nauka w szkołach też wykorzystuje te możliwości. Możemy uczestniczyć w życiu kulturalnym dzięki transmisjom w Internecie. Potrafimy wykonywać zdalnie różne prace zawodowe. Jesteśmy zamknięci, ale możemy korzystać z telefonii komórkowej i łączności komputerowej z całym światem. Te możliwości – wiadomo, że ułomne w stosunku do normalnych działań (za tzw. dawnych dobrych czasów przedepidemicznych) – stworzone zostały przez współczesną technikę. Nie zawaham się stwierdzić, że ogromną rolę w wynalezieniu i skonstruowaniu przyrządów elektronicznych, którymi posługujemy się na co dzień, odegrała nauka o symetrii, w szczególności matematyczne jej ujęcie zwane teorią grup. Bez zbadania wpływu symetrii molekuł na ich energetyczne stany kwantowe (mechanika kwantowa traktowana niekiedy niemal jako wiedza tajemna ma bardzo konkretne zastosowania techniczne!) nie byłaby możliwa konstrukcja lasera, a zatem większości sprzętu elektronicznego. Nie byłoby telefonii komórkowej, diagnostyki medycznej i współczesnej terapii (metoda rezonansu magnetycznego wymaga np. wiedzy o symetrii spinów), syntezy leków, w tym szczepionek, które są w stanie dać nam nadzieję na normalne życie. Oczywiście, świat istniał bez laserów, komputerów, rezonansów magnetycznych i szczepionek. Czy był lepszy? Z pewnością inny, i jeśli nawet o nim marzymy, to nie ma już do niego powrotu.

Teoria grup jest matematycznym sposobem opisu symetrii – kilkakrotnie padało już to pojęcie. Teoria grup sformułowana najprościej jak tylko można: grupa to zbiór elementów oznaczonych A, B, C, D... (w szczególności mogą to być operacje symetrii) spełniających pewne reguły: 1. Jeśli A i B są elementami grupy, to ich iloczyn (złożenie) AB też jest elementem grupy; 2. Proces ten jest łączny, tzn.  $A(BC)=(AB)C$ ; 3. Istnieje element jednostkowy zwany zwykle E, taki że  $AE=A$ ,  $BE=B$  itd.; 4. Każdy element ma swą odwrotność oznaczoną jako  $A^{-1}$ ,  $B^{-1}$

beauty.... The fascination with numbers and figures in men of such stature as Pythagoras, Plato and Kepler was a manifestation not so much of mysticism, but rather an expression of brilliant intuition..."<sup>11</sup>.

Because of the pandemic, our direct contacts with people are very limited. But lectures at universities are held remotely using computers, learning in schools also takes advantage of these opportunities. We can participate in cultural life by broadcasting on the Internet. We can do various professional jobs remotely. We are closed, but we can use mobile phones and computer communication with the whole world. These possibilities – obviously flawed compared to normal activities (in the so-called good old pre-epidemic days) – were created by modern technology. I will not hesitate to state that the theory of symmetry, especially its mathematical formulation called group theory, played a great role in the invention and construction of electronic devices that we use every day. Without studying the influence of the symmetry of molecules on their energetic quantum states (quantum mechanics, sometimes treated almost as secret knowledge, has very concrete technical applications!), it would not be possible to construct lasers and thus most electronic equipment. There would be no mobile phones, no medical diagnosis and modern therapy (the method of magnetic resonance requires, for example, the knowledge of spin symmetry), no synthesis of medicines, including vaccines that are able to give us hope for a normal life. Of course, the world existed without lasers, computers, MRIs and vaccines. Was it better? Certainly different, and even if we dream of it, there's no way back to it.

Group theory is a mathematical way of describing symmetry – this term has already been mentioned several times. Group theory formulated as simply as possible: a group is a set of elements labelled A, B, C, D... (in particular these can be symmetry operations) satisfying some rules: 1. If A and

11 Ibid., p. 35.

itd., każdy element mnożony przez swą odwrotność daje E. Jeśli  $AB=BA$  (w arytmetyce tak jest, ale ogólnie nie musi być) grupę nazywamy abelową (od nazwiska Nielsa Abela). Powyższe reguły, pomimo że mogą brzmieć niezrozumiale, mają bardzo prostą interpretację geometryczną np. w przypadku osi symetrii obrotowej: możemy obrócić raz albo parę razy o dozwolone kąty, potem cofnąć, albo wcale nie ruszać układu. To bardzo proste, a jednak bardzo ważne. Dalej możemy przejść dość łatwo do tzw. reprezentacji macierzowych, a potem już działa sama matematyka. Możemy np. dla dowolnej symetrii znaleźć dozwolone i zabronione stany kwantowe atomu i ocenić, czy np. akcja laserowa będzie możliwa i wydajna. Na marginesie, stany zabronione też są ciekawe i warto je znać. Warto nawet znać tzw. dyssymetrię, to jest (wg Piotra Curie) zbiór elementów symetrii, których dany układ nie posiada. Dyssymetria jest dynamiczna, może być źródłem nowych ciekawych zjawisk.

Zejdźmy jeszcze głębiej. Będzie trudniej, ale epidemia nie zwalnia nas z myślenia, przeciwnie, zamknięci i izolowani powinniśmy w pełni wykorzystać nasze zdolności intelektualne. Frank Wilczek, laureat Nagrody Nobla z fizyki, w swojej książce zatytułowanej *Piękne pytanie. Odkrywanie głębokiej struktury świata*<sup>12</sup> stawia liczne piękne pytania, m.in. o fundamentalne symetrie w Naturze. O tym, że masa i energia są tym samym ( $E=mc^2$ ), przekonał nas wielki Albert Einstein. A czy „zdołamy sobie przekonać, że siła i materia są jedną i tą samą rzeczą oglądaną jedynie z innej perspektywy”<sup>13</sup>? Pomoże nam w tym supersymetria (SUSY), która „jest szczególnym rodzajem symetrii. Przekształcenia supersymetrii związane są z przemieszczaniem, czyli, inaczej mówiąc, translacją, w wymiarze kwantowym. Gdy cząstka pośrednicząca (bozon) przechodzi do wymiaru kwantowego, staje się cząstką

12 F. Wilczek, *Piękne pytanie. Odkrywanie głębokiej struktury świata*, tłum. B. Bieniok i E.L. Łokas, Warszawa 2016.

13 Ibid., s. 505.

B are elements of the group, then their product (compound) AB is also an element of the group; 2. The process is cumulative, i.e.,  $A(BC)=(AB)C$ ; 3. There is a singular element usually called E, such that  $AE=A$ ,  $BE=B$ , etc.; 4. Each element has its inverse denoted  $A^{-1}$ ,  $B^{-1}$ , etc., each element multiplied by its inverse gives E. If  $AB=BA$  (in arithmetic this is true, but it does not have to be in general) the group is called Abel (after Niels Abel). The above rules, although they may sound incomprehensible, have a very simple geometric interpretation, e.g., in the case of axes of rotational symmetry: we can rotate once or a couple of times by the allowed angles, then go back, or not move the system at all. This is very simple, and yet very important. Then we can go quite easily to the so-called matrix representations, and then the math works itself out. We can, for instance, find for any symmetry the allowed and forbidden quantum states of the atom and evaluate whether, for instance, a laser action will be possible and efficient. By the way, forbidden states are also interesting and worth knowing. It is even worth knowing the so-called dissymmetry, that is (according to Peter Curie) the set of elements of symmetry which a given system does not have. Dissymmetry is dynamic and can be a source of new, interesting phenomena.

Let's go even deeper. It will be more difficult, but the epidemic does not exempt us from thinking; quite the contrary, closed off and isolated we should make full use of our intellectual abilities. Frank Wilczek, Nobel Prize winner in physics, in his book *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design*<sup>12</sup> raises numerous beautiful questions, including the fundamental symmetries in nature. The great Albert Einstein convinced us that mass and energy are the same thing ( $E=mc^2$ ). And will we manage to “convince ourselves that force and substance are the same thing, seen from different

12 F. Wilczek, *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design*, Penguin, 2015.

materii (fermionem), i odwrotnie”<sup>14</sup>. Bozony (np. kwanty światła) i fermiony (np. elektrony) spełniają różne statystyki i różnią się spinem: bozony mają spin całkowity, a fermiony połówkowy. Co to jest spin – to nie żadna metafizyka, choć trudno znaleźć dla spinu modelowy obiekt w naszym makroświecie, jest to jakiś moment pędu, co najważniejsze – mierzalny i to bardzo dokładnie! Nie byłoby rezonansów magnetycznych, gdybyśmy nie poznali właściwości spinów. Elektrony mają spin  $\frac{1}{2}$ . Spin ten ma naprawdę niezwykłą symetrię. Jeśli dowolny obiekt z naszego makroświata obrócimy o kąt pełny ( $360^\circ$ ), obiekt musi zająć swoje poprzednie położenie. Spin ułamkowy  $\frac{1}{2}$  nie spełnia tego intuicyjnego prawa. Aby zajął swoje pierwotne położenie musimy go dwukrotnie obrócić o kąt pełny! Co więcej, fermiony (a więc elektrony) spełniać muszą tzw. zakaz Pauliego, to znaczy w tych samych stanach kwantowych nie mogą zajmować tego samego miejsca w przestrzeni. Tłumacząc to na język potoczny i rozumiały – możemy chodzić po powierzchni ziemi, a nie możemy przenikać przez ściany, bo tam są już inne elektrony! Spiny można porządkować; uporządkowanie spinów w jednym kierunku jest nam dobrze znane – to efekt ferromagnetyzmu czyli trwałego, kierunkowego namagnesowania np. kawałka żelaza. Jest to pewnego rodzaju złamanie symetrii – zmuszanie spinów do dwubiegunowości N-S.

Profesor Wilczek zapoznaje nas również z dwoma fundamentalnymi rodzajami symetrii: symetrią lokalną zwaną również symetrią cechowania, oraz symetrią sztywną, zwaną też globalną. Ta pierwsza „pozwala na dokonywanie przekształceń w sposób niezależny w różnych miejscach i chwilach. [...] Symetria lokalna jest dla symetrii tradycyjnej (czyli sztywnej) tym, czym sztuka anamorficzna jest dla tradycyjnej perspektywy. [...] Symetria sztywna [...] wymaga dokonania takich samych przekształceń we wszystkich miejscach

14 Ibid.

perspectives”<sup>13</sup> Supersymmetry (SUSY), which “is a particular kind of symmetry. The transformations of supersymmetry involve displacement, or translation, in a quantum dimension. When a force particle (boson) moves into a quantum dimension it becomes a substance particle (fermion), and vice versa.”<sup>14</sup> Bosons (e.g., light quanta) and fermions (e.g., electrons) satisfy different statistics and differ in spin: bosons have total spin, and fermions have half spin. What is spin – it is not any metaphysics, although it is difficult to find spin for a model object in our macro world, it is some kind of angular momentum, which most importantly – is measurable in a very precise way! There would be no magnetic resonances if we did not know the properties of spins. Electrons have spin  $\frac{1}{2}$ . This spin has a truly remarkable symmetry. If we rotate any object in our macro world by a complete angle ( $360^\circ$ ), the object must take its previous position. Fractional spin  $\frac{1}{2}$  does not satisfy this intuitive law. To take its original position we have to rotate it twice by the full angle! Moreover, fermions (so electrons) must fulfill the so-called Pauli exclusion principle, that is, in the same quantum states they cannot occupy the same place in space. Translating this into colloquial and understandable language – we can walk on the surface of the ground, but we can’t penetrate walls because there are already other electrons there! Spins can be ordered; ordering spins in one direction is well known to us – it is an effect of ferromagnetism which is a permanent, directional magnetization of e.g., a piece of iron. This is a kind of symmetry breaking – forcing spins into N-S bipolarity.

Professor Wilczek also introduces us to two fundamental types of symmetry: local symmetry, also called feature symmetry, and rigid symmetry, also called global symmetry. The former “allows its transformations to be made independently at different places and different times. [...] Local symmetry is to conventional (that is, rigid) symmetry

13 Ibid., p. 441.

14 Ibid.

(i wszystkich chwilach) czasoprzestrzeni”<sup>15</sup>. Dwie dalsze definicje wiążą się z tzw. prawami zachowania. Istnienie naszego świata, jakkolwiek zmiennego i nieprzewidywalnego, wymaga jednak zachowania pewnych wielkości fizycznych lub liczb (w szczególności liczb kwantowych)<sup>16</sup>. Amalie Emmy Noether dokonała odkrycia, znanego jako twierdzenie Noether, że prawa zachowania są bezpośrednio związane z symetriami dynamicznymi. Symetria translacyjna w czasie zakłada, że prawa fizyki są niezależne od przesunięć w czasie. Zgodnie z twierdzeniem Noether wynika stąd zasada zachowania energii. Symetria translacyjna w przestrzeni zakłada, że prawa fizyki są takie same w różnych miejscach przestrzeni. Zgodnie z twierdzeniem Noether wynika stąd zasada zachowania pędu (zasadę zachowania pędu odczuwamy, gdy zderzy się ciężki, duży i masywny pojazd z małym i lekkim; ten mały i lekki ucierpi znacznie bardziej). Wreszcie prawa fizyki powinny być takie same, gdy oglądamy obracający się układ pod różnym kątem. Zgodnie z twierdzeniem Noether prowadzi to do zasady zachowania momentu pędu (łyżwiarz wykonujący piruety jeśli pragnie wirować szybciej, zbliża ręce do ciała). Na marginesie rozważań o prawach zachowania pojawia się refleksja: trudno sobie wyobrazić świat bez tych zasad. Co na przykład działoby się z energią, jeśli nie byłaby zachowana, podlegałaby „znikaniu”? W wolnych chwilach proszę spróbować zdefiniować termin „znikać”. Jeśli ktoś uważa, że materia w zetknięciu z antymaterią „znika”, jak czasami mówi się – „ulega anihilacji”, jest w błędzie – po prostu przechodzi w inną postać materii – energię.

Problem antymaterii jest jednak fascynujący z innego powodu (ostatnio doniesiono, że jest wielce prawdopodobne istnienie w Kosmosie nielicznych obiektów z antymaterii). Frank Wilczek i Betsy Devine podają w swojej książce, że

15 Ibid., s. 507.

16 Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Zaproszenie do fizyki współczesnej*, tłum. Z. Jacyna-Onyszkiewicz i in., Poznań 1995, s. 318 i nast.

as anamorphic art is to conventional perspective”<sup>15</sup>. “Rigid symmetry [...] requires one to make the same transformation everywhere (and every when) in space-time”<sup>16</sup>. Two further definitions are related to the so-called laws of conservation. The existence of our world, however variable and unpredictable, nevertheless requires the conservation of certain physical quantities or numbers (in particular quantum numbers).<sup>17</sup> Amalie Emmy Noether made the discovery, known as the Noether theorem, that conservation laws are directly related to dynamical symmetries. Translational symmetry in time assumes that the laws of physics are independent of shifts in time. According to the Noether theorem, the conservation of energy principle follows. Translational symmetry in space assumes that the laws of physics are the same at different locations in space. According to the Noether theorem, the principle of conservation of momentum follows from this (we experience the principle of conservation of momentum, when a heavy, large and massive vehicle collides with a small and light one; the small and light one will suffer much more). Finally, the laws of physics should be the same when we look at a rotating system from different angles. According to the Noether theorem, this leads to the principle of conservation of angular momentum (a skater performing pirouettes brings his arms closer to his body if he wants to spin faster). On the fringe of considerations about conservation laws a reflection appears: it is difficult to imagine the world without these principles. For example, what would happen to energy if it was not conserved, it would be subject to “disappearance”? In your spare time, please try to define the term “disappearance”. If someone thinks that matter in contact with antimatter “disappears”, as it is sometimes said – “undergoes annihilation”, he or she is wrong – it simply passes into another form of matter-energy.

15 Ibid., p. 416.

16 Ibid., p. 435.

17 See Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Invitation to contemporary physics*, World Scientific 2004, p. 14–18.

„Wszystoświat musiał zacząć się od stanu symetrycznego względem materii i antymaterii. [...] Pierwotna symetria nie jest więc już tylko wymogiem estetycznym, ale fizyczną koniecznością... [Obserwowana obecnie] asymetria między materią a antymaterią jest reliktem, który przetrwał niezmienny od najwcześniejszych chwil Wielkiego Wybuchu”<sup>17</sup>. Ta asymetria trwa i nie może być zmieniona pomimo fundamentalnej „symetrii CPT”<sup>18</sup>. Symetria CPT dotyczy odwrócenia ładunku, parzystości i czasu, zatem istnienie lustrzanego odbicia naszego Wszystoświata – czyli Wszystoświata z antymaterii, mogłoby być prawdopodobne, gdyby nie fakt istnienia naszego ułomnego Wszystoświata ze złamaną od początku symetrią już od kilkunastu miliardów lat... Czyżbyśmy doszli do samego początku, a może do samej głębi?

#### Wracamy do wrażeń piękna i harmonii, do wiosny pełnej kwiatów

Na zakończenie rozważań o symetrii warto wspomnieć o złotej proporcji zwanej też boską proporcją (*proportio divina*) i ciągu Fibonacciego. Nie jest to symetria w pełnym matematycznym znaczeniu, raczej w znaczeniu potocznym piękna i harmonii. Definicja jest prosta – należy tak podzielić odcinek, aby część dłuższa miała się do krótszej tak jak całość odcinka do części dłuższej. Łatwo powiedzieć, trudniej wykonać. Rozwiązując to proste zadanie (równanie kwadratowe) otrzymujemy niewymierność – w rozwiązaniu jest kwadratowy pierwiastek z liczby 5. A jednak – od wieków złoty podział stosowany jest w architekturze, rzeźbie, malarstwie, nawet muzyce; jest odnajdywany w licznych obiektach przyrodniczych. Na temat złotego podziału powstały niezliczone opracowania, obok „materialistycznych” z dziedziny sztuki

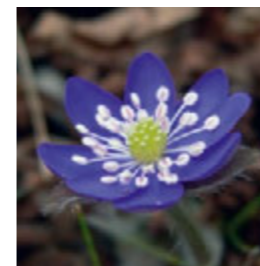
17 F. Wilczek i B. Devine, *W poszukiwaniu harmonii*, tłum. E.L. Łokas i B. Bieniok, Warszawa 2006, s. 274.  
18 Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Zaproszenie...*, s. 149, 331 oraz F. Wilczek i B. Devine, *W poszukiwaniu harmonii*, s. 275.

However, the antimatter problem is fascinating for another reason (it has recently been reported that it is highly probable that there are few antimatter objects in the Cosmos). Frank Wilczek and Betsy Devine state in their book that “the universe started out symmetric between matter and antimatter. [...] Initial symmetry is therefore not only an aesthetic aspiration but also a physical necessity. [...] The asymmetry between matter and antimatter is a relic surviving unchanged from the earliest moments of the big bang.”<sup>18</sup> This asymmetry persists and cannot be changed despite the fundamental “symmetry of CPT.”<sup>19</sup> CPT symmetry is concerned with charge, parity and time-reversal, so the existence of a mirror image of our Universe – that is, a Universe made of antimatter – might be plausible, were it not for the fact that our flawed Universe has existed with its symmetry broken from the beginning for several billion years now... Have we reached the very beginning, or perhaps the very depths?

#### We return to impressions of beauty and harmony, to a spring full of flowers

To conclude our discussion of symmetry, it is worth mentioning the golden ratio, also called divine proportion (*proportion divina*), and the Fibonacci sequence. It is not symmetry in the full mathematical sense, rather in the colloquial sense of beauty and harmony. The definition is simple – divide a segment so that the longer part relates to the shorter part in the same way as the whole segment relates to the longer part. Easy to say, harder to do. Solving this simple task (quadratic equation) we get an indeterminacy – in the solution there is the square root of the number 5. And yet – for centuries, the golden ratio has been used in architecture,

18 F. Wilczek, B. Devine, *Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics*, WW Norton & Company, 1988, p. 269.  
19 See Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Invitation to contemporary physics*, World Scientific 2004, p. 340–347 and F. Wilczek, B. Devine, *Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics*, p. 270.



Kwiaty wiosenne o pięknej symetrii osiowej, co więcej, liczby ich płatków są liczbami ciągu Fibonacciego: pięciopłatkowe kwiaty śliwy, ośmiopłatkowa przylaszczki, licznopłatkowe stokrotki.

Spring flowers with beautiful axial symmetry; moreover, the numbers of their petals are the numbers of the Fibonacci sequence: five-petalled plum blossoms, eight-petalled squill, numerous-petalled daisies.

czy przyrody, metafizyczne czy wręcz mistyczne. Przykładowy tytuł książki *Sekretny kod. Tajemnicza formuła, która rządzi sztuką, przyrodą i nauką*<sup>19</sup> najlepiej ilustruje „metafizykę” złotej proporcji. Jako klasyczne w tej dziedzinie należy wymienić dzieło *Złota liczba*<sup>20</sup>. Złoty podział łączy się z tzw. ciągiem Fibonacciego<sup>21</sup>. Ciąg Fibonacciego jest bardzo prosty: każdy jego wyraz jest sumą dwóch poprzednich, jeśli zaczniemy od 0, to mamy 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 itd. Wyrazy te posiadają jednak niezwykłą właściwość: stosunek każdego wyrazu do poprzedniego daje nam kolejne przybliżenia złotej proporcji! Dla ciągu zapisanego powyżej mamy kolejno 1, 2, 1.5, 1.67, 1.6, 1.625, z obu zatem stron zbliżamy się do złotej proporcji, czyli liczby niewymiernej, w przybliżeniu 1.6180339887...<sup>22</sup>.

Czy, siedząc w domu, zapomnieliśmy o wiosnie pełnej kwiatów? Nigdy! Liczba płatków kwiatów jest bardzo często liczbą Fibonacciego. Rzadko jest to 2, częściej liczba 3, bardzo często 5, nieco rzadziej 8, a stokrotki nie mają naprawdę stu płatków, ale 13, 21, 34, 55 lub nawet 89.

Zachęcam do liczenia płatków kwiatów wiosennych, także letnich i jesiennych, może wtedy wrócimy wreszcie do normalności. Jeśli stwierdzimy inne liczby (nie-Fibonacciego) płatków u niektórych kwiatów – nie miejmy o to do nich pretensji! Podziwiajmy i cieszymy się ich pięknem!

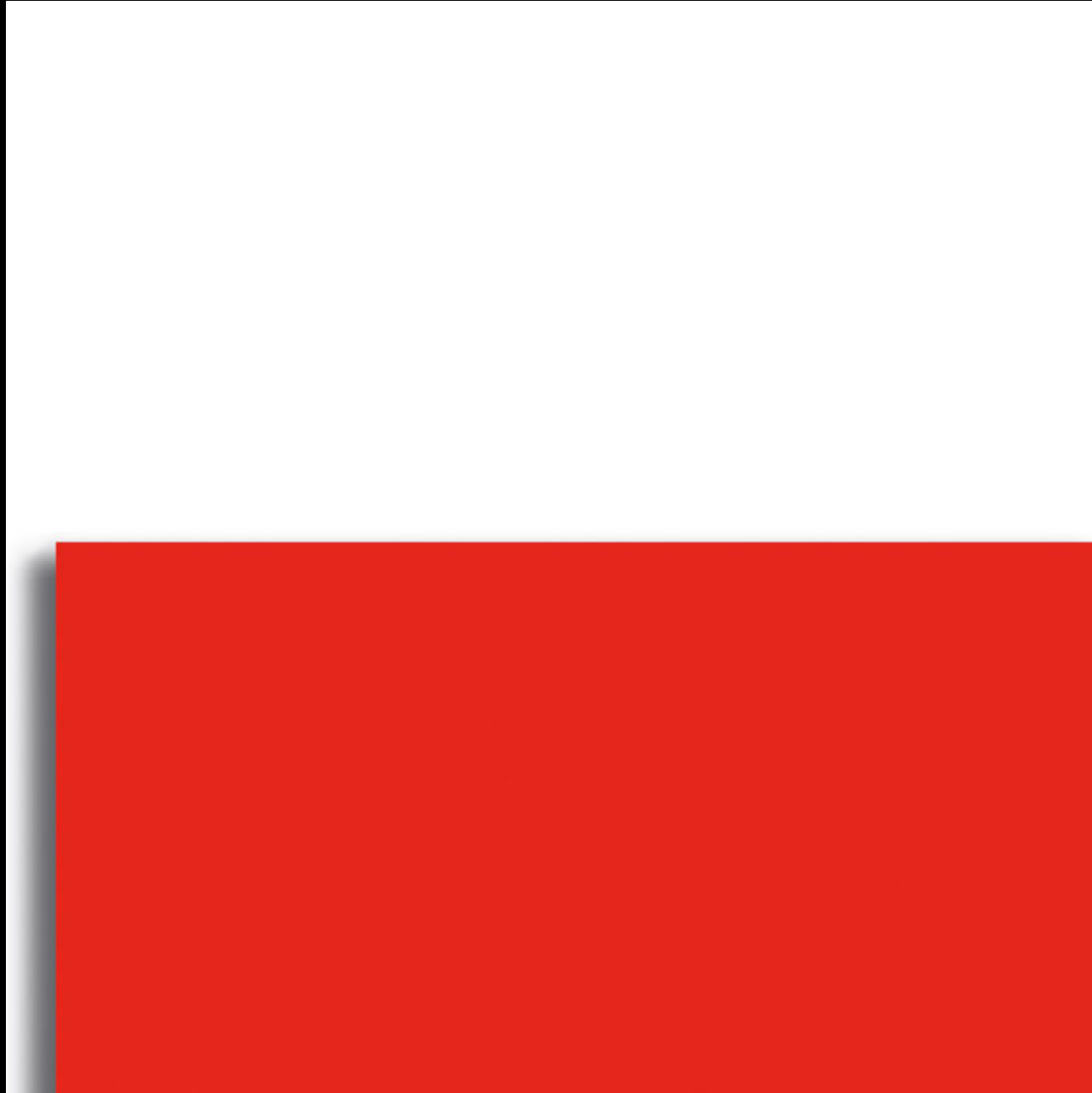
19 P. Hemenway, *Sekretny kod*, tłum. B. Fabiszewski, Koeln 2009.  
20 M.C. Ghyka, *Złota liczba*, tłum. I. Kania, Kraków 2001.  
21 A.S. Posamentier, I. Lehmann, *Niezwykłe liczby Fibonacciego*, tłum. J. Szajkowska, Warszawa 2014.  
22 Ibid.

sculpture, painting, even music; it is found in numerous natural objects. Countless studies have been written on the subject of the golden division, in addition to “materialistic” ones on art or nature, metaphysical or even mystical ones. A sample book title *The secret code: The mysterious formula that rules art, nature, and science*<sup>20</sup> best illustrates the “metaphysics” of the golden ratio. The work *The Golden Number*<sup>21</sup> should be mentioned as a classic in this field. The golden ratio is related to the so-called Fibonacci sequence<sup>22</sup>. The Fibonacci sequence is very simple: each element is the sum of the previous two; if we start from 0, we have 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, and so on. However, these elements have an unusual property: the ratio of each element to the previous one gives us successive approximations of the golden ratio! For the sequence written above, we have successively 1, 2, 1.5, 1.67, 1.6, 1.625, so on both sides, we are approaching the golden ratio, which is an unquantifiable number, approximately 1.6180339887...<sup>23</sup>.

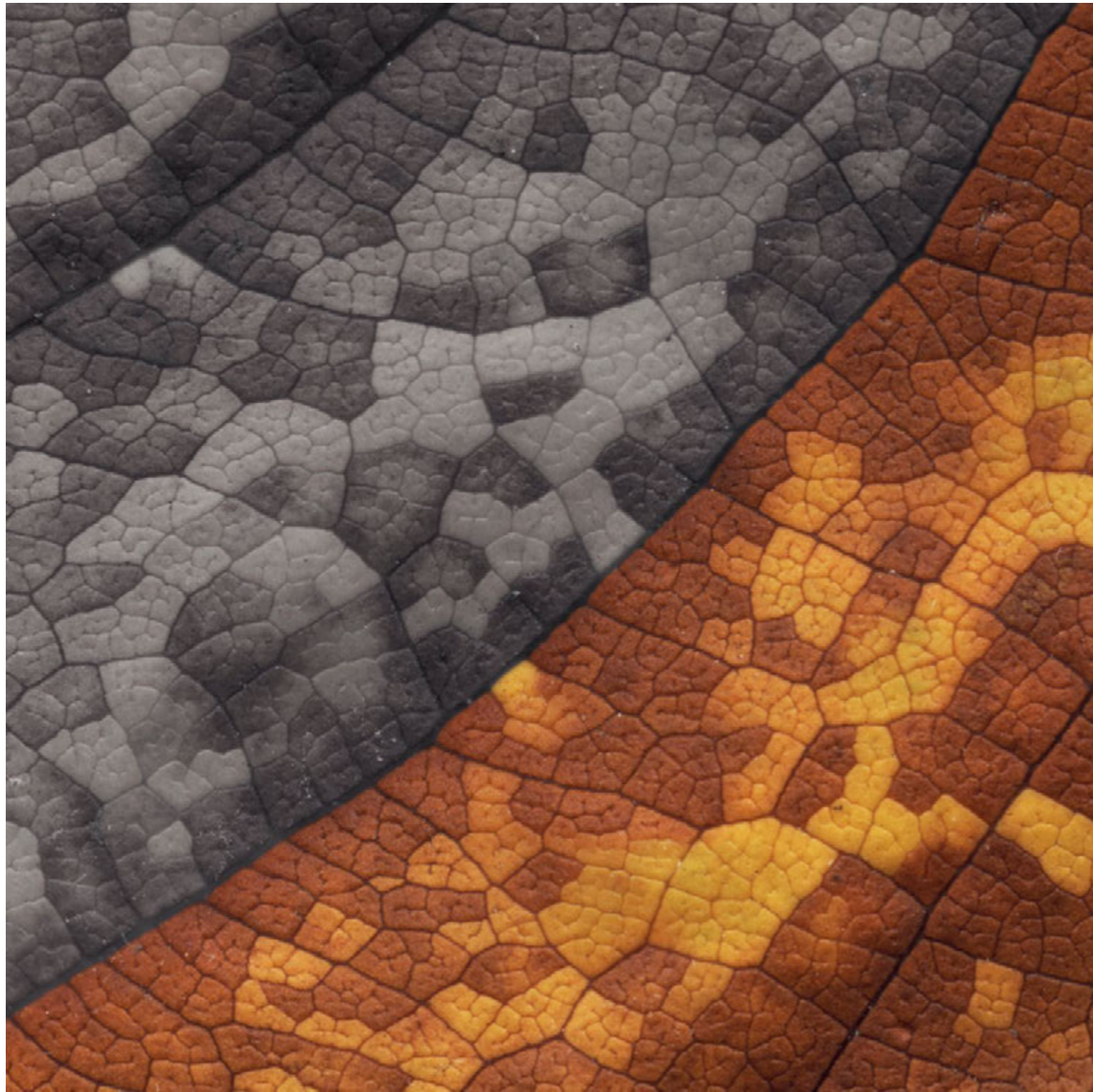
Do we, staying at home, forget the spring full of flowers? Never! The number of flower petals is very often a Fibonacci number. It is rarely 2, more often the number 3, very often 5, somewhat less often 8, and daisies<sup>24</sup> do not really have a hundred petals, but 13, 21, 34, 55 or even 89.

I encourage you to count the petals of spring flowers, summer and autumn as well, maybe then we will finally return to normality. If we find other (non-Fibonacci) numbers of petals in some flowers – let’s not blame them! Let’s admire and enjoy their beauty!

20 P. Hemenway, *The secret code: The mysterious formula that rules art, nature, and science*. Evergreen, 2008.  
21 M.C. Ghyka, *The Golden Number: Pythagorean Rites and Rhythms in the Development of Western Civilization*, Inner Traditions 2016.  
22 A.S. Posamentier, I. Lehmann, *The fabulous Fibonacci numbers*. Prometheus Books 2007.  
23 Ibid.  
24 Polish noun *stokrotka* is related to adverb *stokroć* meaning “hundred times” [ed. fn.].







Ivan Juarez

November  
2021





Anna Kołodziejczyk

Z serii Pochwała cienia / From the series In Praise of the Shadow  
2021

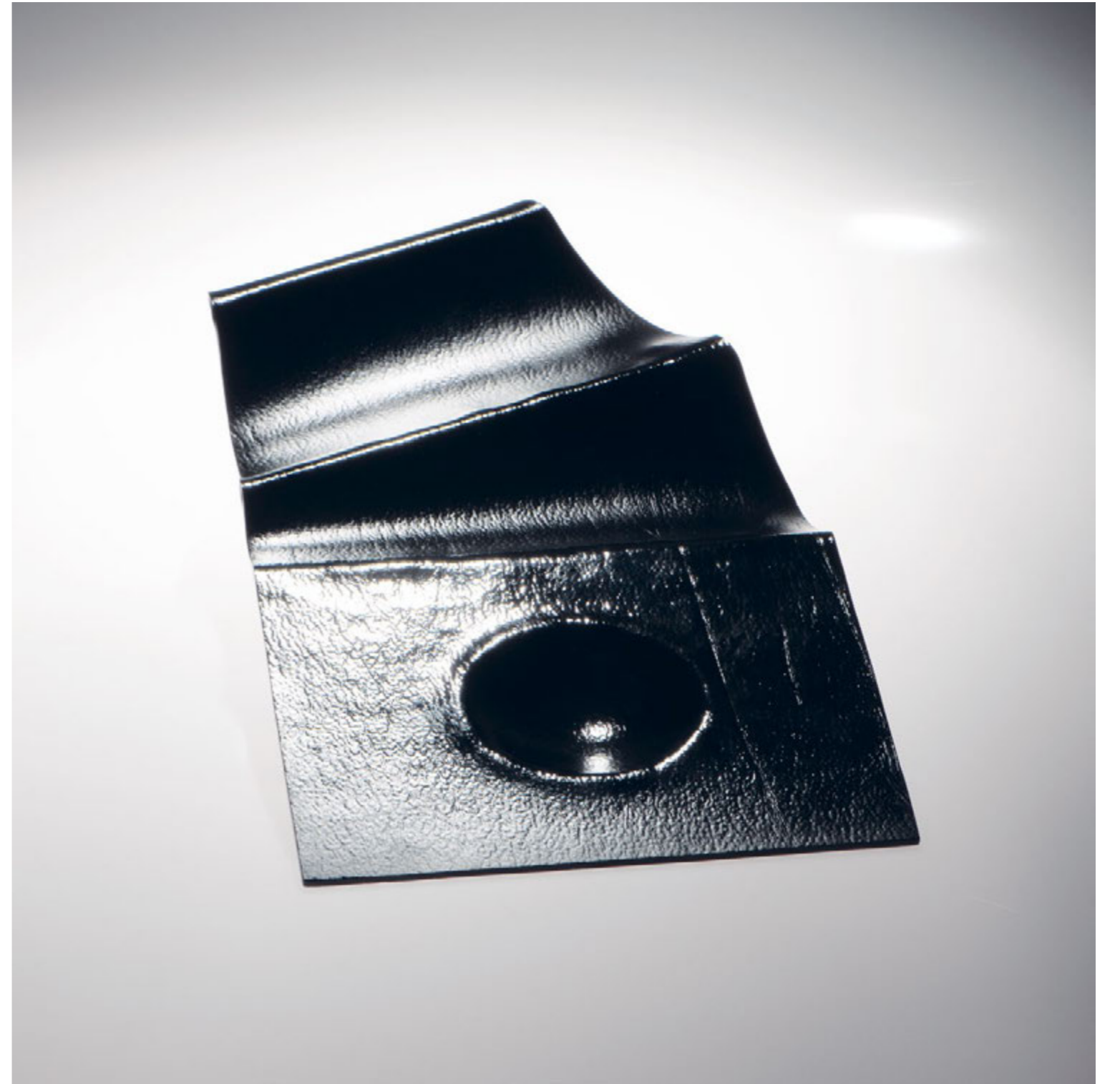




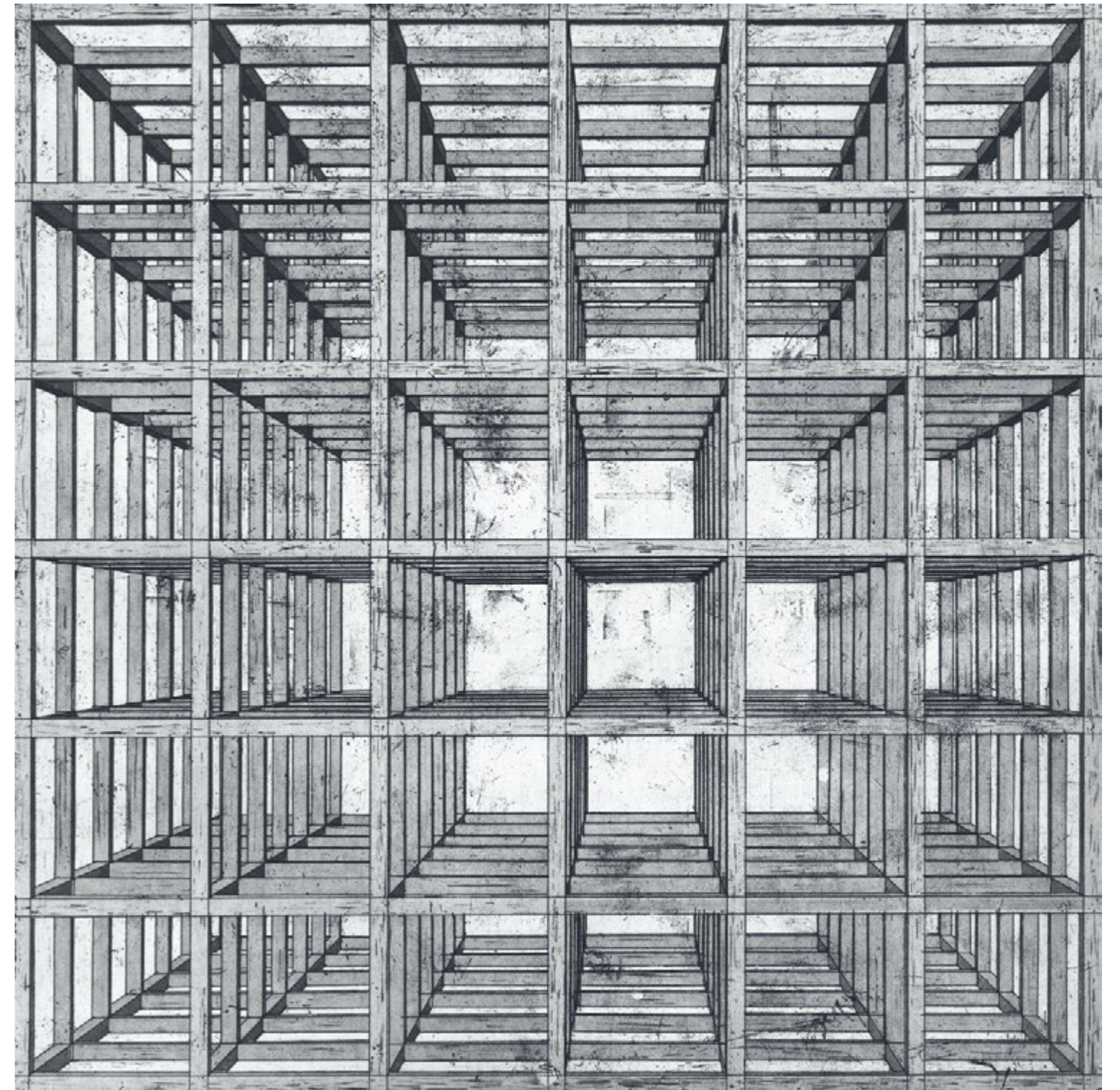


Marzena Krzeminska-Baluch

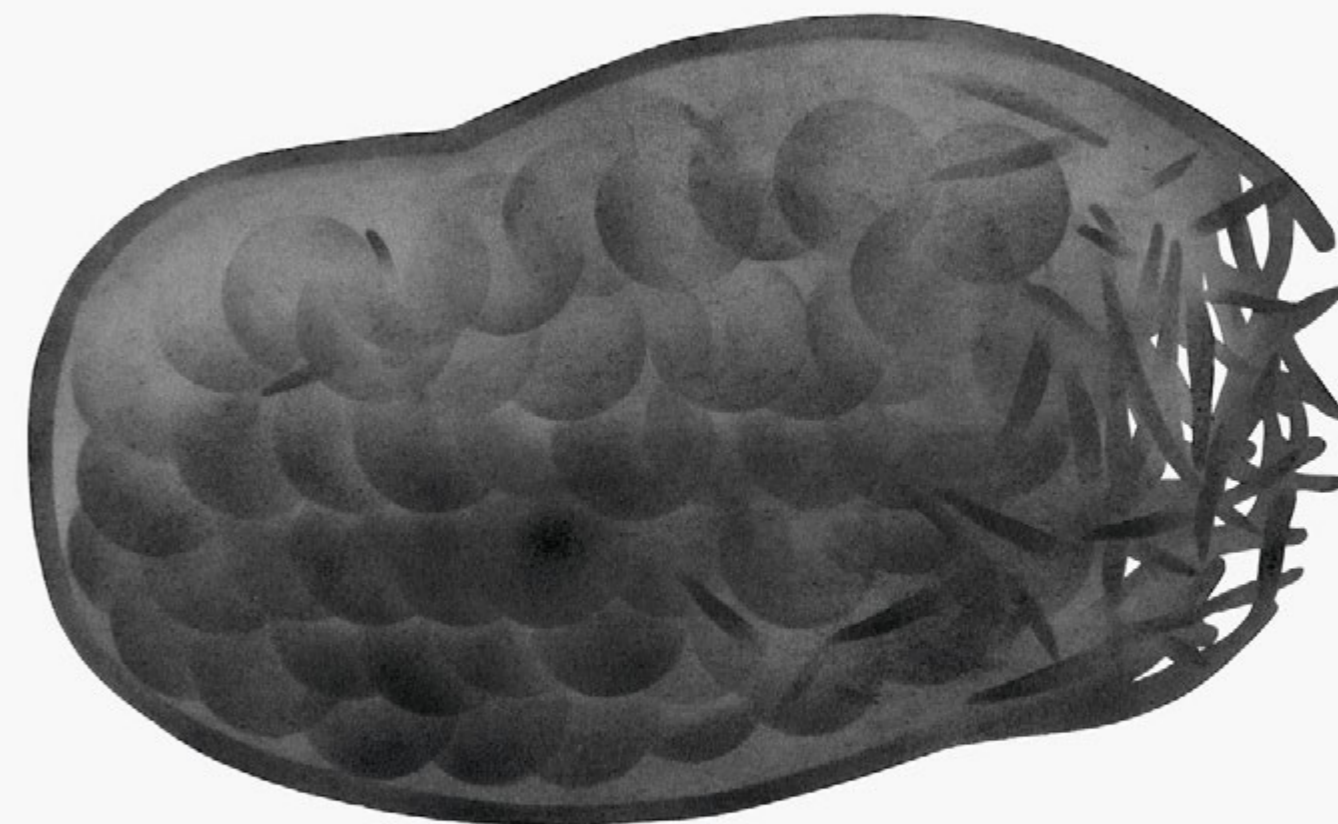
Landscape  
2020

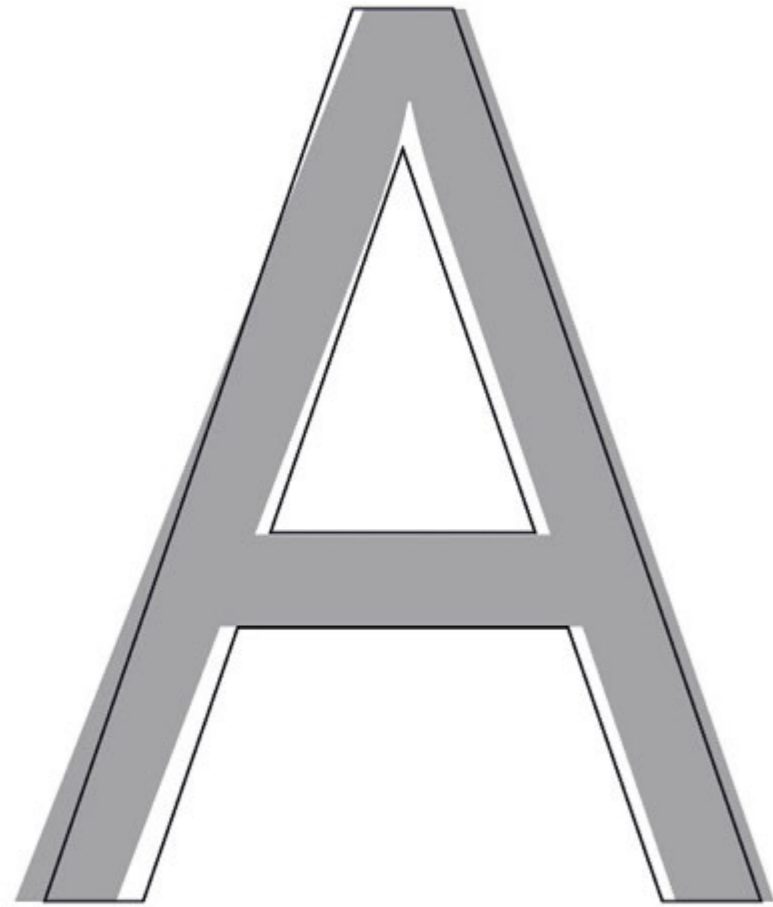




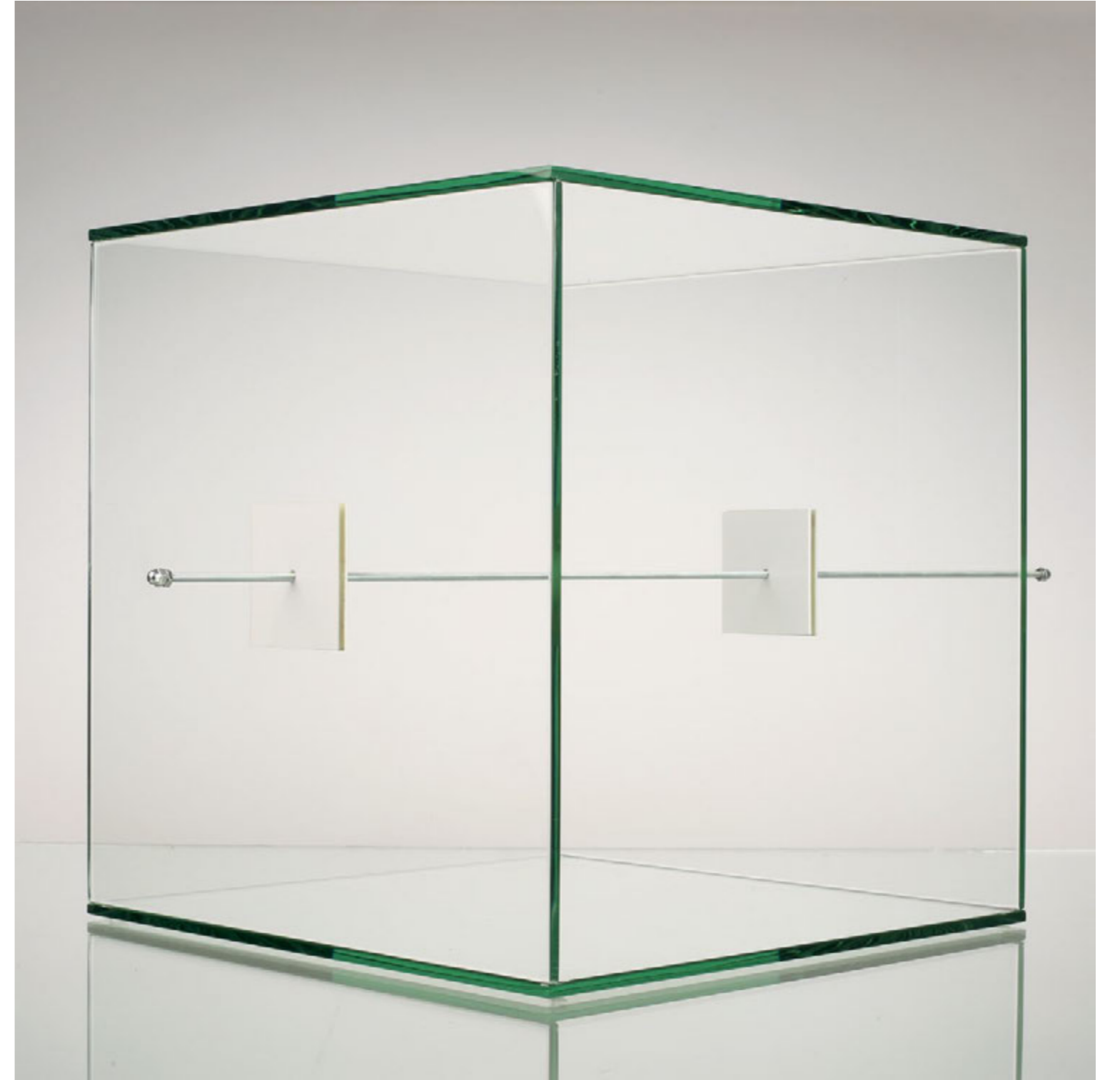


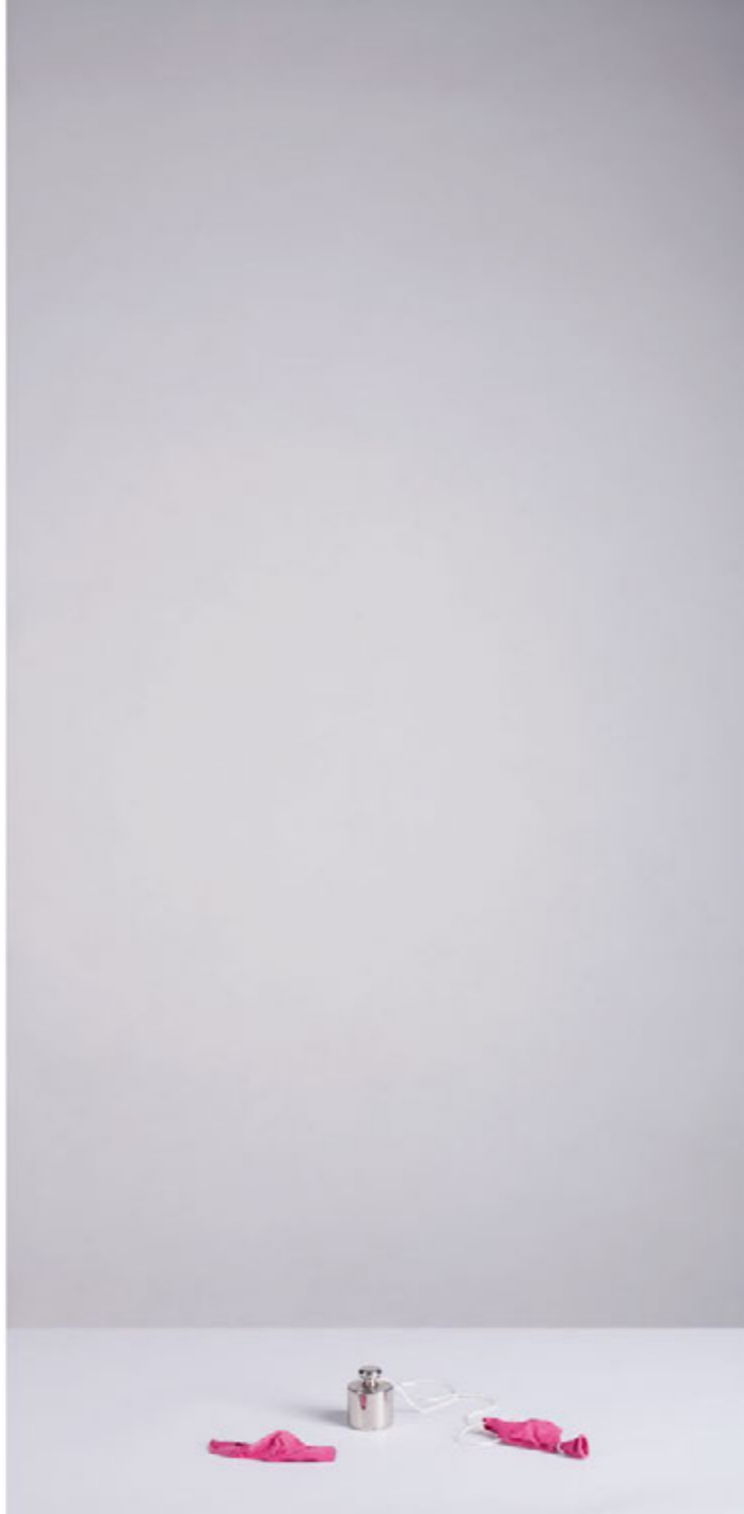
A ! 9 Y A E Γ K I A !

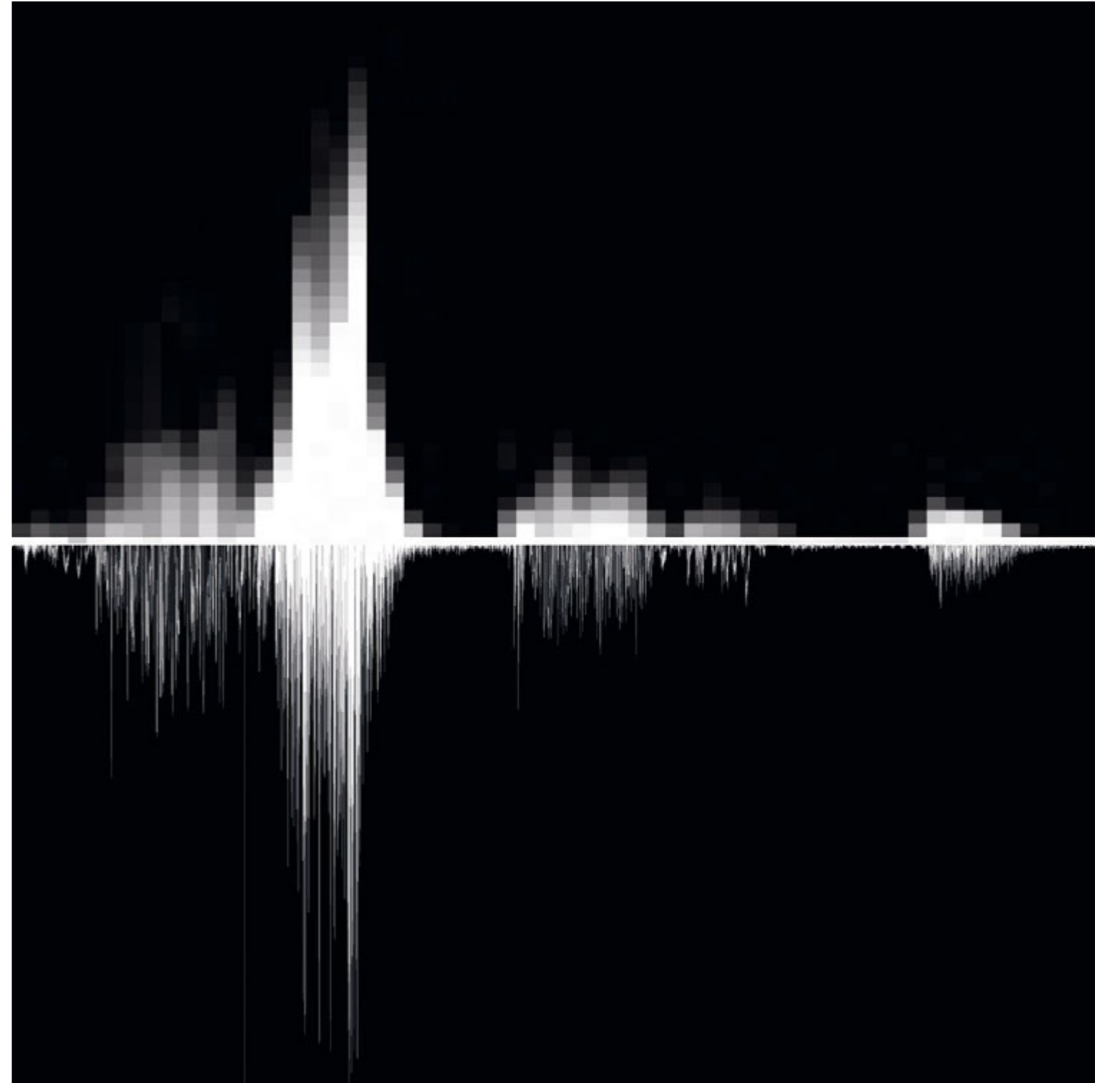












Barnaba Mikułowski

PATYK – 01010000 01100001 01110100 01111001 01101011  
STICK – 01110011 01110100 01101001 01100011 01101011  
2021











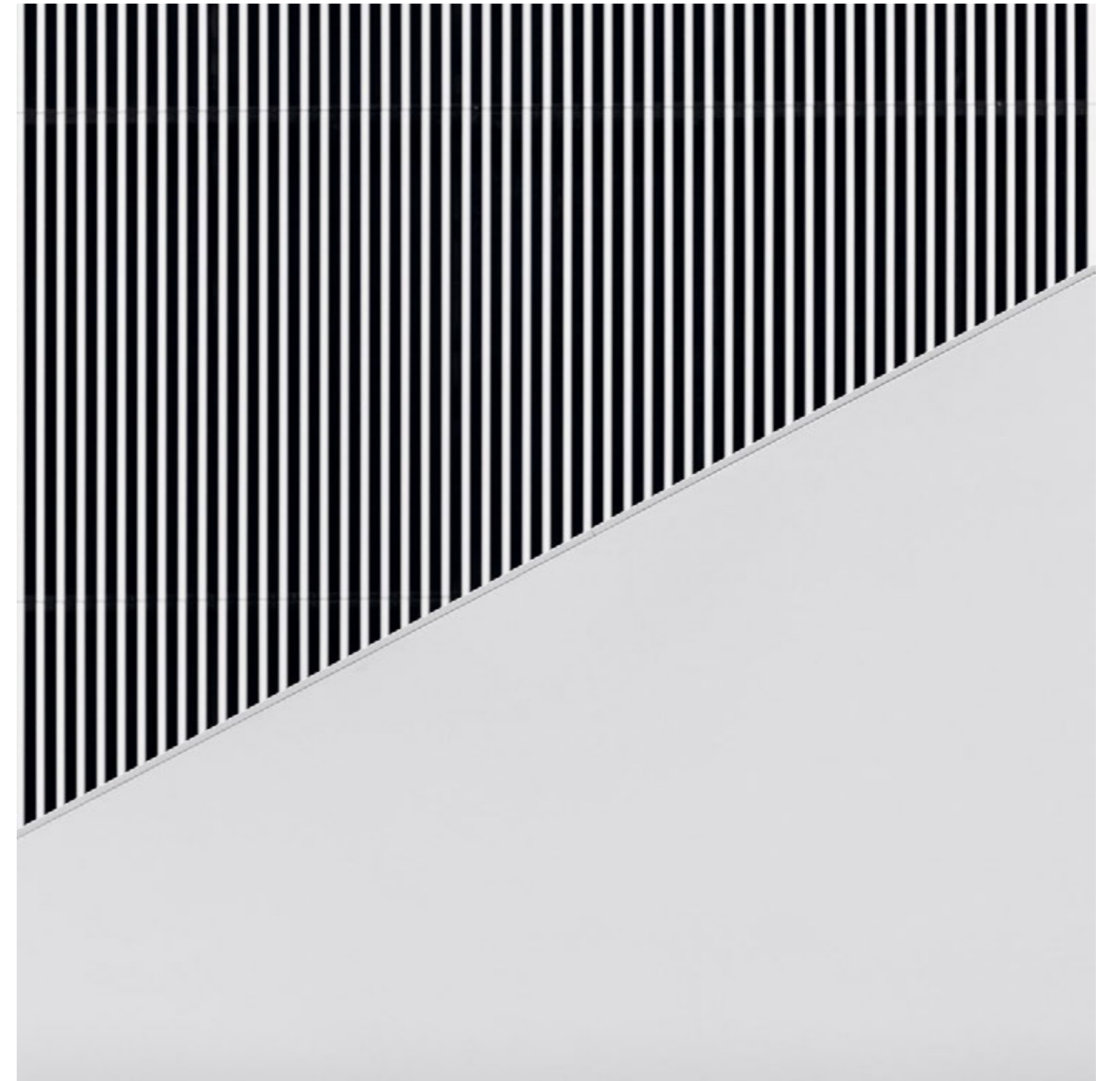
Tomasz Opania

Kalosze z cyklu Zaraza ziemniaczana  
Galoshes from the series Potato blight  
2021







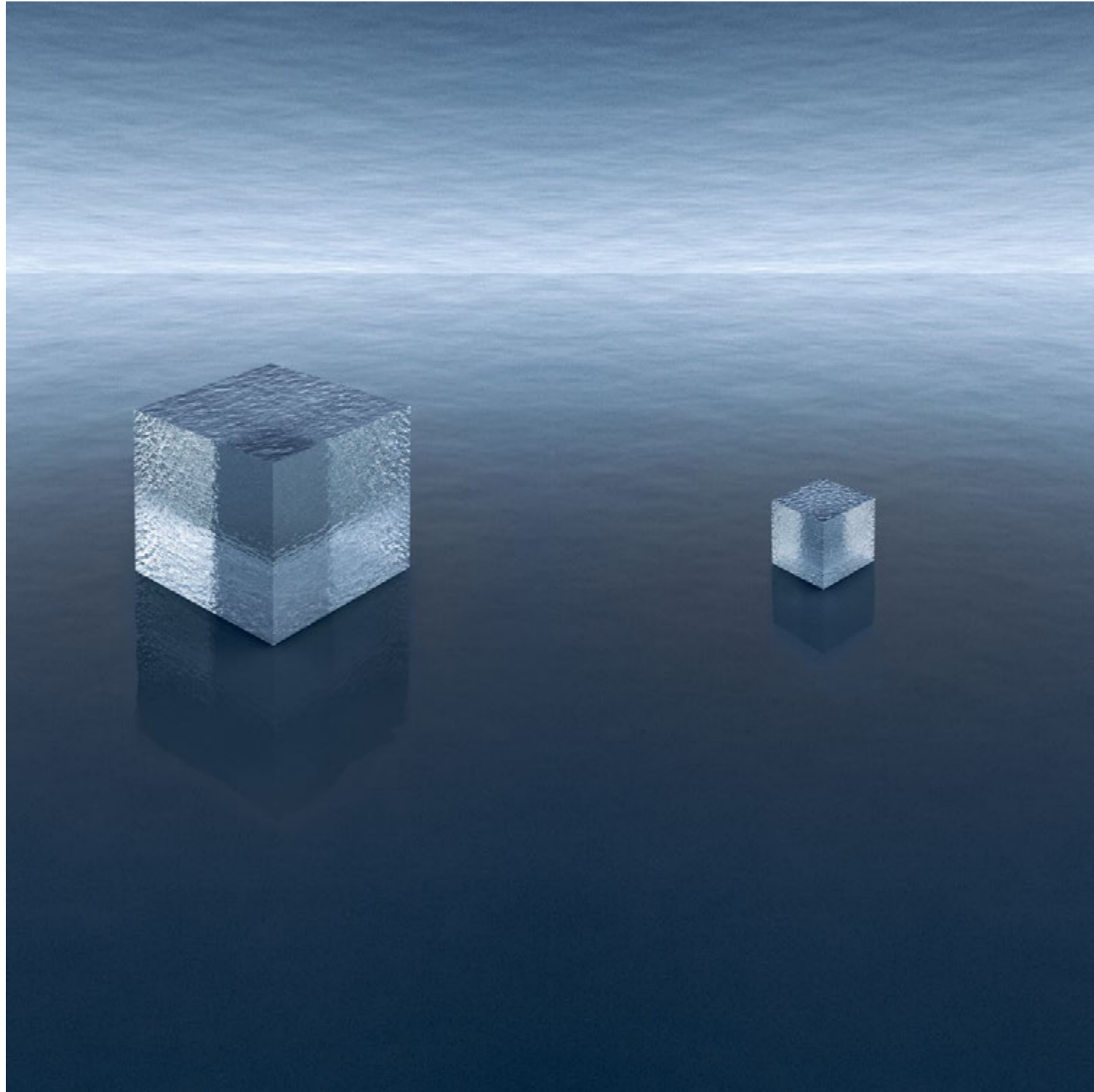












Dominika Sobolewska

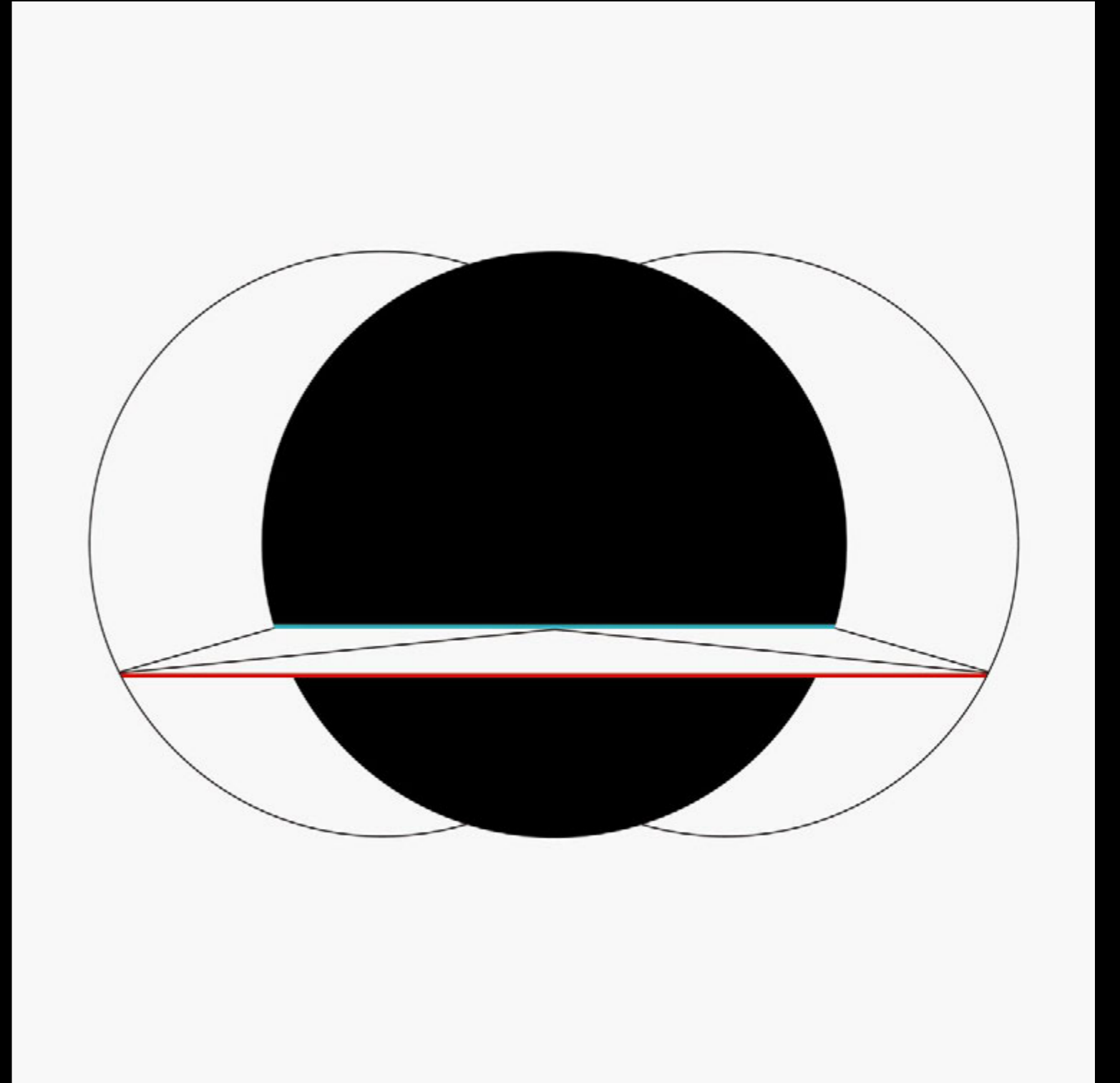
**298m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O / capita / per annum / PL**

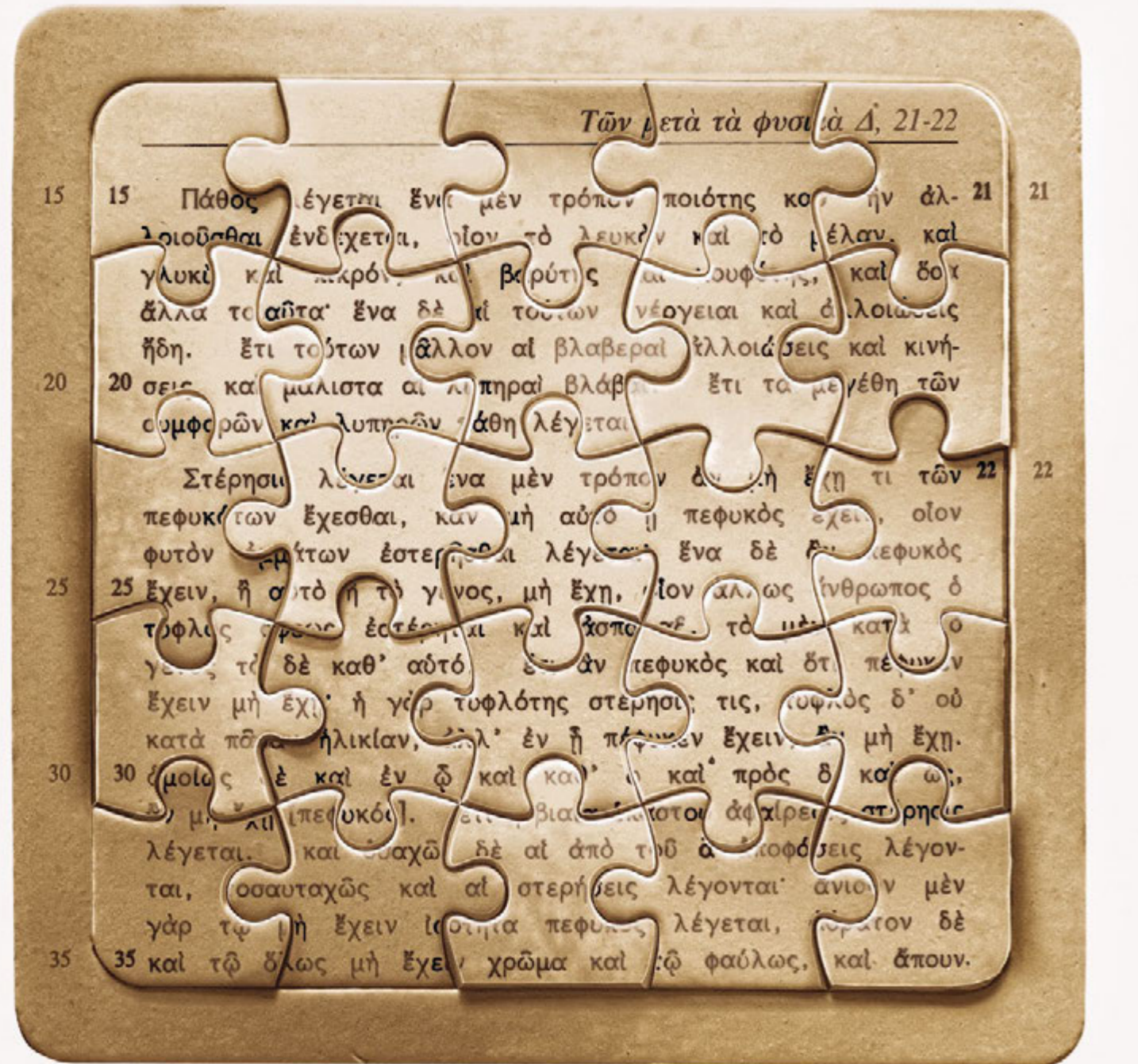
**versus**

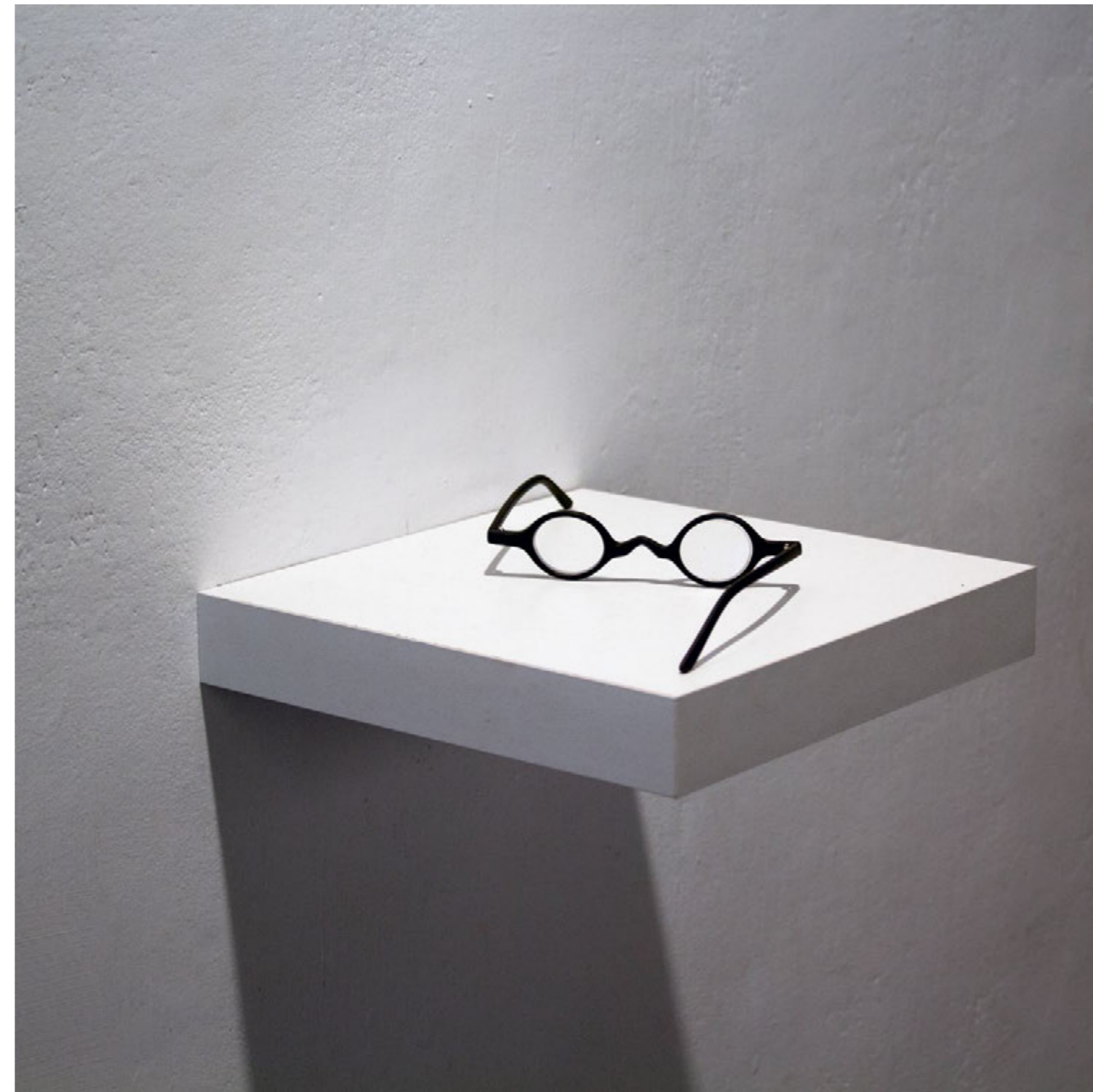
**15,19m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O / capita / per annum / UGA**

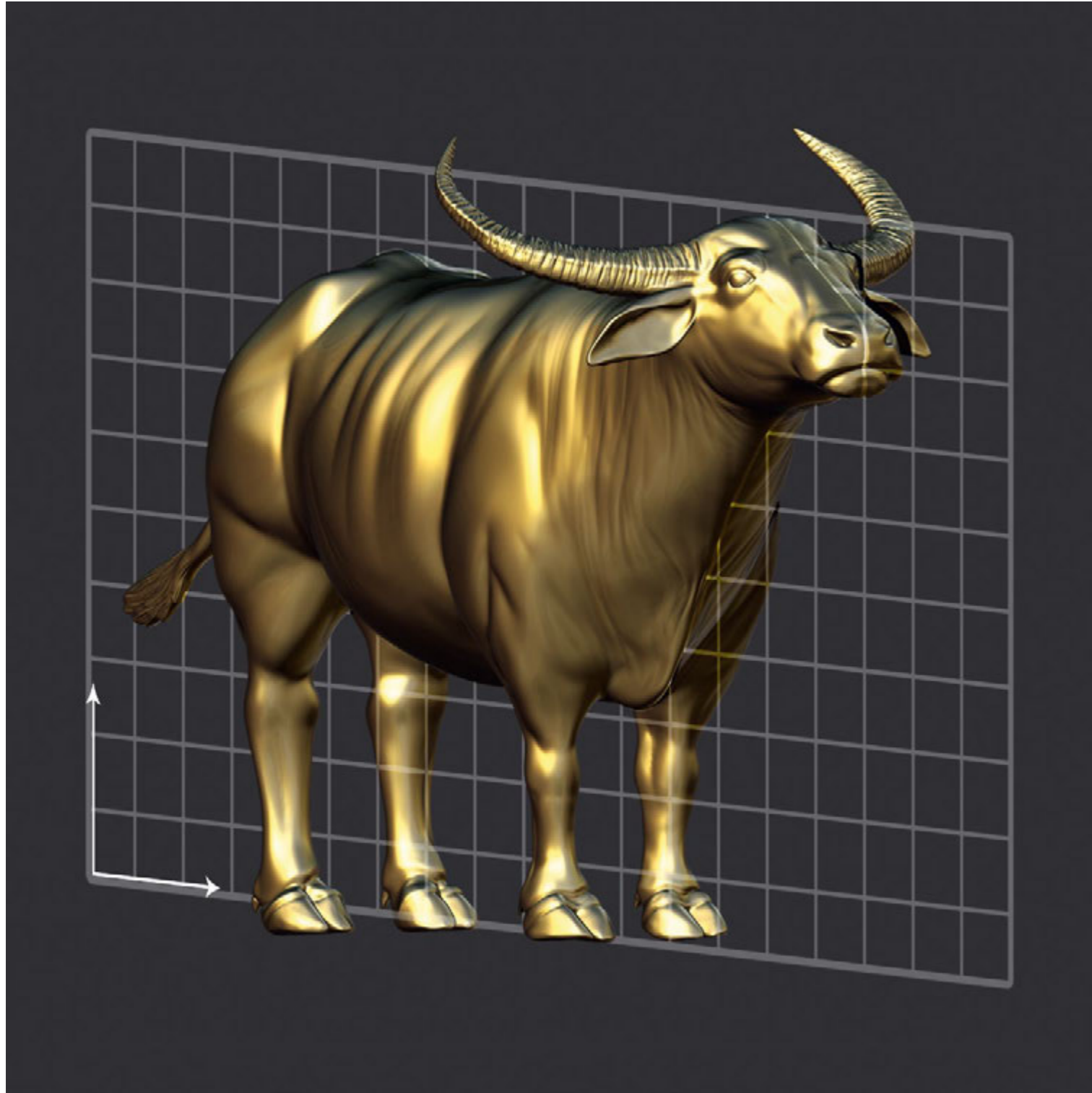
2021









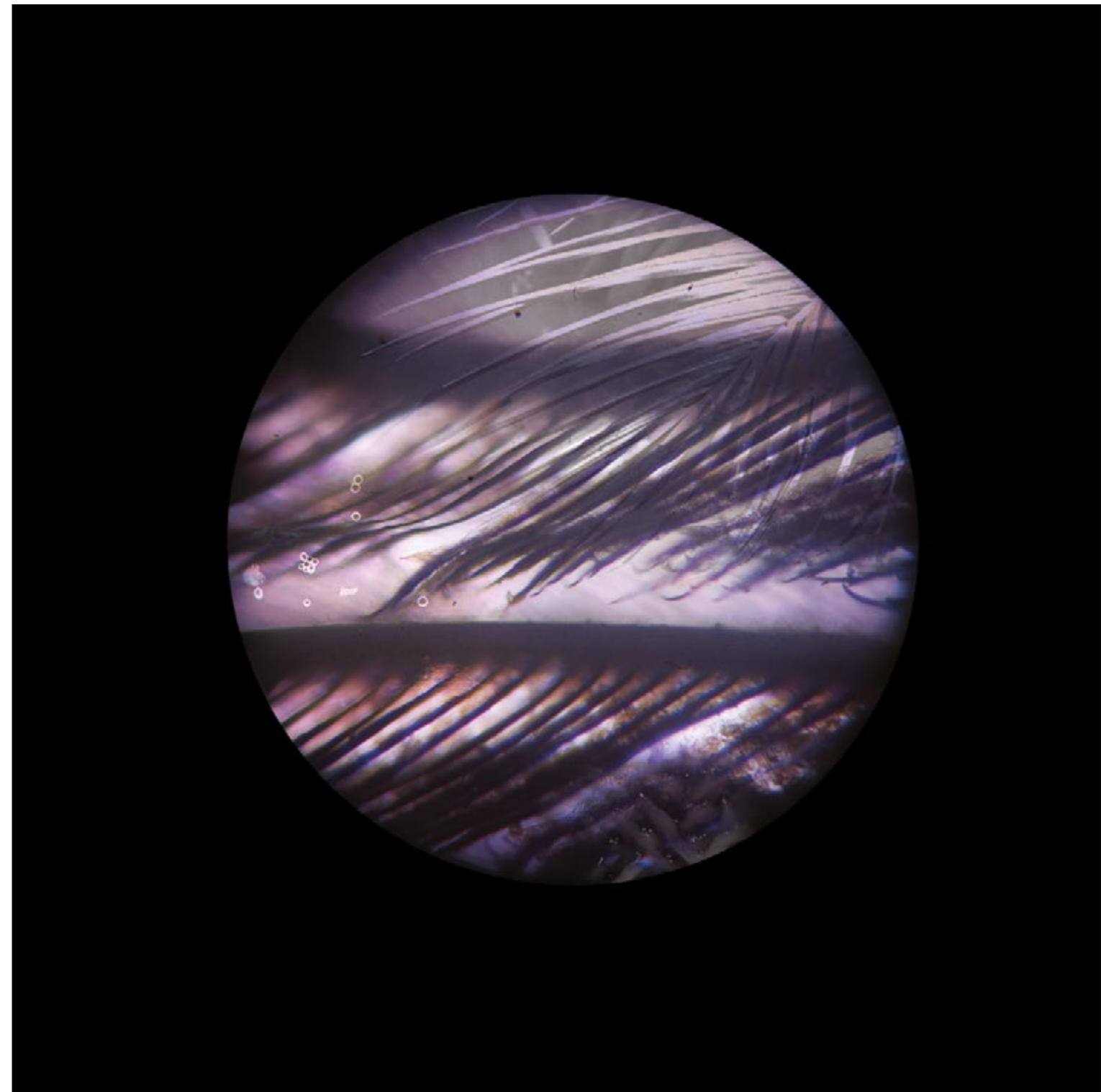






Anna Trojanowska

The Order of Entropy 08  
2020



Muchuan Wang

Away from Self  
2020









## Biogramy / Biograms

Monika Aleksandrowicz, 2017, 100%

**Monika Aleksandrowicz** Dr, artystka konceptualna zajmująca się liberaturą i tematyką otwartej książki oraz przenikaniem się nauki i sztuki, prowadzi Pracownię Komunikacji Twórczej, kierownik Katedry Mediacji Sztuki. PhD, conceptual artist dealing with liberature and the subject of the open book, as well as with the interpenetration of science and art. She runs the Studio of Creative Communication and heads the Department of Art Mediation.

**Ioannis Anastasiou** Mgr, doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, artysta wizualny i grafik, jego praktyka artystyczna koncentruje się wokół różnych form pamięci zbiorowej, jej błędnego rozumienia i jej artystycznych realizacji w ramach dyscypliny grafika. MA, member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, visual artist and printmaker, his artistic practice revolves around the various forms of collective memory, its misconceptions, and its artistic implementations within the printmaking discipline.

**Mira Boczniewicz (mirart.73)** Dr hab., adiunkt, artystka transdyscyplinarna, realizatorka obrazu filmowego i akcji somatycznych, eksploruje gramatykę obrazu i optykę płci, prowadzi przedmioty z obszaru: inwentyki, wiedzy o strukturach, designu, prezentacji i przekazu.

PhD habil., assistant professor, transdisciplinary artist, filmmaker and somatic action artist, explores the grammar of image and gender optics, teaches courses in: science of inventive creation, knowledge of structures, design, presentation and communication.

**Renata Bonter-Jędrzejewska**

Dr, adiunkt, projektantka, artystka wizualna, kuratorka, skupia się na korelacji technologii analogowych i cyfrowych, prowadzi Pracownię Innowacyjnych Procesów Projektowych w Ceramice, prodziekan Wydziału Ceramiki i Szkła. PhD, assistant professor, designer, visual artist

and curator, focuses on the correlation of analogue and digital technologies, runs the Studio of Innovative Design Processes in Ceramics. She is Deputy Dean of the Faculty of Ceramics and Glass.

**Matylda Bruniecka** Doktorantka Szkoły Doktorskiej, zajmuje się projektowaniem plakatu, znaków graficznych, ilustracją i identyfikacją wizualną, prowadzi zajęcia z *projektowania znaku*. PhD candidate at the Doctoral School, deals with poster and graphic signs design, illustration and visual identification; teaches courses in *sign design*.

**Anna Bujak** Dr, adiunkt, artystka wizualna, w swojej pracy artystycznej posługuje się różnymi technikami i materiałami, analizując wątki traumy, ekologii oraz tożsamości, prowadzi Pracownię Technik Rzeźbiarskich – Metal. PhD, assistant professor, visual artist; in her artistic work she uses various techniques and materials, analyzing the themes of trauma, ecology and identity; she runs the Sculpture–Metal Techniques Studio.

**Tomasz Dobiszewski** Dr, twórca wizualny, posługuje się fotografią, wideo, animacją, instalacjami multimedialnymi i site-specific, mail artem oraz książką artystyczną, asystent w Pracowni Działań Intermedialnych i Pracowni Fotografii Intermedialnej. PhD, visual artist, works with photography, video, animation, multimedia and site-specific installations, mail art and artistic book, assistant lecturer in the Studio of Intermedia Activities and the Studio of Intermedia Photography.

**Maja Dokudowicz** Doktorantka, w swojej pracy artystycznej łączy grafikę, książkę artystyczną oraz sztukę papieru, analizuje istotę fragmentu i jego miejsce oraz znaczenie w sztuce. Maja Dokudowicz – PhD candidate, in her artistic work she combines graphic art, artistic book and

Katarzyna Gwoździak, 2017, 100%

paper art, analyzes the essence of a fragment and its place and meaning in art.

Katarzyna Gwoździak, 2017, 100%

**Zuzanna Dyrda** Dr, adiunkt, łączy grafikę warsztatową z działaniami intermedialnymi i performatywnymi, prowadzi zajęcia w Pracowni Rysunku Kreatywnego, kierowniczka studiów MFA in Visual Arts z wykładowym językiem angielskim. PhD, assistant professor, combines graphic art with intermedia and performative activities, teaches at the Creative Drawing Studio, head of the MFA program in Visual Arts ran in English.

Wiesław Gołuch, 2017, 100%

**Wiesław Gołuch** Profesor sztuki, grafik intermedialny, fan budowania znaczeń, miłośnik paradoksów i treningów asocjacyjnych, prowadzi Redakcję Komunikatów Medialnych oraz przedmioty: *inwentyczne podstawy kreacji i komunikacja medialna*. Professor of Art, intermedia graphic designer, a fan of building meanings, enthusiast of paradoxes and associative training, runs the Editorial Office of Media Communications and the following courses: inventive basics of creation and media communication.

**Mariusz Gorzelak** Dr, adiunkt, zajmuje się grafiką artystyczną i badaniem ścieżek, które do niej prowadzą, pracuje w Pracowni Książki Artystycznej. PhD, assistant professor, deals with artistic graphic art and exploring the paths that lead to it, works at the Artistic Book Studio.

Marek Grzyb, 2017, 100%

**Marek Grzyb** Dr hab., profesor uczelni, w pracy artystycznej wykorzystuje komputer, wideo i fotografię, prowadzi Pracownię Projektowania Gier Komputerowych i Form Wirtualnych, Dziekan Wydziału Grafiki i Sztuki Mediów. PhD habil., university professor, in his artistic work uses computers, video and photography, runs the Studio of Computer Games and Virtual Forms Design; Dean of the Faculty of Graphic Arts and Media Art.

**Katarzyna Gwoździak** Projektant graficzny i ilustrator, wykładowca akademicki, asystentka w Pracowni Poznania Wizualnego. Graphic designer and illustrator, university lecturer, assistant lecturer at the Visual Cognition Studio.

**Jumana Hamdani** Wykładowca na Wydziale Planowania Przestrzennego w Blekinge Institute of Technology w Szwecji, architekt z ponad 20-letnim doświadczeniem na całym świecie, założycielka Jumana Hamdani Architects. Lecturer at the Blekinge Institute of Technology at the Spatial Planning Department in Sweden, architect with more than 20 Years of experience worldwide, founder of Jumana Hamdani Architects.

Aleksandra Janik, 2017, 100%

**Aleksandra Janik** Profesor sztuki, graficzka i kuratorka, pracuje w obszarze grafiki i fotografii intermedialnej, prowadzi Pracownię Druku Cyfrowego i Technik Eksperymentalnych. Professor of Art, graphic designer and curator, works in the field of graphic design and intermedia photography, runs the Studio of Digital Printing and Experimental Techniques.

Aga Jarząb, 2017, 100%

**Aga Jarząb** Dr, adiunkt, zajmuje się filmem animowanym i animacją eksperymentalną, prowadzi Laboratorium Filmu Animowanego. PhD, assistant professor, works with animated film and experimental animation, runs the Animated Film Lab.

**Jakub Jernajczyk** Dr hab., profesor uczelni, matematyk i artysta wizualny, popularyzator nauki, zajmuje się badaniem związków sztuki z nauką, prowadzi Pracownię Poznania Wizualnego, Dziekan Szkoły Doktorskiej ASP we Wrocławiu. PhD habil., university professor, mathematician and visual artist, popularizer of science, involved in research on the relationship between art and science, runs the Visual Cognition Studio, Dean of the Doctoral School at the Academy of Art and Design in Wrocław.

**Adam Jezierski** Profesor dr hab. nauk chemicznych, autor prac z dziedziny fizykochemii molekularnej, w szczególności struktury i symetrii układów magnetycznych badanych metodami rezonansowymi, pełnił funkcje Prorektora i Rektora Uniwersytetu Wrocławskiego.

PhD habil., professor of chemical sciences, author of works in the field of molecular physicochemistry, in particular on the structure and symmetry of magnetic systems studied by resonance methods, served as Vice-Rector and Rector of the University of Wrocław.

**Ryszard Jędroś** Profesor sztuki, działa w obszarze mediów cyfrowych (komputer, wideo, fotografia), tworzy instalacje i obiekty multimedialne, prowadzi przedmiot *kreacja przestrzeni multimedialnej*. Professor of Art, works in the field of digital media (computer, video, photography), creates multimedia installations and objects, teaches the *creation of multimedia space* course.

**Piotr Jędrzejewski** Profesor sztuki, projektant, artysta kinetyczny, prowadzi Pracownię Projektowania Kinetycznego, kierownik Katedry Wzornictwa. Professor of Art, designer, kinetic artist, runs the Studio of Kinetic Design, Head of the Department of Design.

**Ivan Juarez** Architekt krajobrazu, doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu w Pracowni Interaktywnych Obiektów i Przestrzeni, tworzy w różnych mediach, geografiach i skalach, badając dialog między krajobrazami, zmysłami i ekologiami. Landscape architect, member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław within the Laboratory of Interactive Objects and Spaces, he works across various media, geographies and scales, exploring the dialogue between landscapes, senses and ecologies.

**Dilay Kocogullari** Mgr sztuki, artystka wizualna, doktorantka Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, jej praktyka artystyczna opiera się na wykorzystaniu żywych organizmów jako tworzywa artystycznego do badania bieżących kwestii związanych ze zdrowiem i sprawiedliwością społeczną, od odżywiania i choroby wieńcowej noworodków po kobietobójstwo. MFA, visual artist, member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, her artistic practice based on uses living organisms as art material to explore current health and social justice issues, ranging from nutrition and infant coronary disease to femicide.

**Anna Kołodziejczyk** Dr hab., malarka, kuratorka sztuki, współkuratorka

m.in. Przeglądu Sztuki Survival, prowadzi dyplomującą Pracownię Malarstwa. PhD habil., painter, art curator, co-curator of i.a. Survival Art Review, runs a graduate Studio of Painting.

**Piotr Komorowski** Dr hab., profesor uczelni, w pracy artystycznej wykorzystuje fotografię cyfrową i analogową oraz komputer, prowadzi Pracownię Fotografii Inscenizowanej. PhD, habil., university professor, in his artistic work uses digital and analogue photography and computers, runs the Staged Photography Studio.

**Marzena Krzemińska-Baluch** Dr, adiunkt, artysta wizualny w obszarze szkła artystycznego, asystuje w Pracowni Szkła Artystycznego oraz prowadzi Laboratorium Działań Warsztatowych z Elementami Technologii Szkła, Dziekan Wydziału Ceramiki i Szkła ASP we Wrocławiu. PhD, assistant professor, visual artist in the area of artistic glass, an assistant in the Studio of Artistic Glass, runs the Laboratory of Workshop Activities with Glass Technology Elements, Dean of the Faculty of Ceramics and Glass at the Academy of Art and Design in Wrocław.

**Aleksandra Kujawska** Doktorantka w Katedrze Szkła ASP we Wrocławiu, rzeźbiarka i projektantka, zajmuje się obszarem tęsknoty miejskiego człowieka za naturą i wspólnotą, popularyzatorka sztuki. Doctoral candidate in the Department of Glass at the Academy of Art and Design in Wrocław, sculptor and designer, works in the field of the urban man’s longing for nature and community, popularizer of art.

**Agnieszka Leśniak-Banasiak** Dr, adiunkt, projektantka szkła, artystka sztuk wizualnych, pasjonatka gorącej materii szkła i geometrii w sztuce, współprowadzi Pracownię Podstaw Szkła Użytkowego oraz Pracownię Projektowania Konceptualnego. PhD, assistant professor, glass designer, visual artist, a fan of hot glass matter and geometry in art, co-runs the Studio of Applied Glass Basics and the Studio of Conceptual Design.

**Vinicius Libardoni** Licencjusz architektury i urbanistyki, magister sztuk wizualnych i doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, wychodząc od obiektywnego doświadczenia zawodo-

wego, podchodzi do struktur architektonicznych przez pryzmat subiektywnego punktu widzenia. B.Sc. in Architecture and Urban Design, MFA in Visual Arts and member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, from his objective professional experience he approaches architectural structures through a subjective point of view.

**Paweł Lisek**

Dr, adiunkt, artysta, twórca i realizator interaktywnych projektów multimedialnych, w których łączy warstwę dźwiękową z obrazem, prowadzi Pracownię Kreacji Przestrzeni Multimedialnej, kierownik Katedry Sztuki Mediów. PhD, assistant professor, artist, creator and executor of interactive multimedia projects, in which he combines the sound with image, runs the Multimedia Space Creation Studio, Head of the Media Art Department.

**Sebastian Łubiński**

Dr, adiunkt, w pracy artystycznej posługuje się grafiką artystyczną i rysunkiem, prowadzi zajęcia w Pracowni Rysunku Kreatywnego. PhD, assistant professor, in his artistic work uses graphic art and drawing, teaches at the Creative Drawing Studio.

**Maciej Majchrzak**

Asystent, projektant krojów pisma i typograf, prowadzi zajęcia w Pracowni Projektowania Pisma i Form Wydawniczych, kierownik Katedry Projektowania Graficznego.

Assistant lecturer, typeface designer and typographer, teaches at the Type and Publishing Forms Design Studio, head of the Department of Graphic Design.

**Beata Mak-Sobota**

Dr hab., profesor uczelni, twórczo pracuje w obszarze szkła artystycznego, eksplorując potencjał formalny szkła płaskiego w kontekście obiektu kinetycznego i ultraminimalizmu, prowadzi Pracownię Projektowania Integrującego, Prorektor ds. dydaktycznych i studenckich. PhD habil., university professor, works creatively in the field of artistic glass, exploring the formal potential of flat glass in the context of kinetic object and ultra-minimalism, runs the Integrative Design Studio, Vice-Rector for teaching and student affairs.

**Ewa Martyniszyn**

Dr, adiunkt, artystka działająca w obszarze fotografii inscenizowanej, badająca jej granice, twór-

czyni i popularyzatorka monideł, współprowadzi Pracownię Fotografii Inscenizowanej, prowadzi galerię Łącznik w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego. PhD, assistant professor, artist active in the field of staged photography, exploring its limits, creator and popularizer of *monidło* (hand-coloured wedding photography), co-runs the Staged Photography Studio, runs the Łącznik Gallery at the Institute of Computer Science at the University of Wrocław.

**Piotr Masny**

Mgr inż., wykładowca, realizator dźwięku, muzyk, kompozytor, tworzy również w obszarze sztuki konceptualnej i geometrycznej, grafiki i fotografii, prowadzi przedmioty *audio* i *programowanie mikrokontrolerów*. MSc, lecturer, sound engineer, musician and composer, works also in the field of conceptual and geometric art, graphics and photography, teaches courses in *audio* and *microcontroller programming*.

**Barnaba Mikułowski**

Dr, pracuje głównie w obszarze gier komputerowych i interaktywnych instalacji multimedialnych, asystent w Pracowni Projektowania Multimedialnego, prowadzi przedmiot *podstawy game art*. PhD, works mainly in the field of computer games and interactive multimedia installations, an assistant lecturer at the Multimedia Design Studio, teaches a course called *basics of game art*.

**Andrzej Moczydłowski**

Dr hab., profesor uczelni, projektant graficzny, autor cyfrowych grafik inspirowanych typografią łączących elementy warsztatu klasycznego i komputerowego, prowadzi Pracownię Projektowania Pisma i Form Wydawniczych. PhD habil., university professor, graphic designer, author of digital graphic works inspired by typography that combine elements of classical and computer techniques; runs the Studio of Writing and Publishing Forms Design.

**Jagoda Nowak-Bieganowska**

Doktorantka, artystka projektantka, głównym medium, w jakim pracuje, jest szkło, poprzez realizacje artystyczne opowiada o sytuacji ludzi w obecnym świecie. PhD candidate, designer artist, the main medium she works in is glass; through artistic realizations she talks about the situation of people in the current world.

**Ireneusz Olszewski**

Dr hab., profesor uczelni, zajmuje się malarstwem kartonowym, grafiką intermedialną, cyfrową i hybrydową, filmem animowanym, wideo, obiektem, instalacją, prowadzi Pracownię Działań Intermedialnych. PhD habil., university professor, works with cardboard painting, intermedia, digital, and hybrid graphics, animated film, video, object, installation; runs the Intermedia Activities Studio.

**Tomasz Opania**

Dr hab., profesor uczelni, artysta rzeźbiarz, prowadzi Pracownię Sztuki w Przestrzeni Publicznej w Katedrze Mediacji Sztuki, kierownik studiów podyplomowych Mediacja i rynek sztuki. PhD habil., university professor, sculptor, runs the Studio of Art in Public Space in the Department of Art Mediation, head of postgraduate studies Mediation and Art Market.

**Renata Pacyna**

Dr hab., profesor uczelni, zajmuje się książką artystyczną, projektowaniem graficznym i edytorskim, architekt wnętrz, prowadzi przedmiot *projektowanie edytorskie*, kierownik Katedry Działań Interdyscyplinarnych w Ceramice i Szkle. PhD habil., university professor, deals with artistic books, graphic and editorial design, interior designer, teaches a course in *editorial design*, head of the Department of Interdisciplinary Activities in Ceramics and Glass.

**Łukasz Paluch**

Dr, adiunkt, specjalizuje się w realizacjach dla instytucji kultury, artystów wizualnych i dźwiękowych, projektuje identyfikacje wizualne, książki, albumy oraz okładki płyt muzycznych, prowadzi Pracownię Projektowania Systemowego. PhD, assistant professor, specializes in projects for cultural institutions, visual and sound artists, designs visual identities, books, albums and music album covers, runs the Studio of Systemic Design.

**Michał Pietrzak**

Mgr inż. architektury, mgr sztuki, doktorant w Pracowni Technik Obrazowania Fotograficznego, porusza zagadnienia czasu i przestrzeni w kontekście jednostki, twórca stypizowanych obiektów fotograficznych oraz animacji poklatkowych. MSc in Architecture, MFA, PhD student at the Studio of Photographic Imaging Techniques, deals with issues of time and space in the context of an individual, creator of stylized photographic objects and stop-motion animations.

**Pablo Ramírez González**

Doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, artysta wizualny, jego badania koncentrują się na relacjach między sztuką a naturą w ujęciu dekolonialnym, tworzy instalacje, projekty zespołowe i fotografie. Member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, visual artist, his research focuses on the relationships between art and nature in the decolonial sense, creates installations, collaborative projects, and photographs.

**Sepa Sama**

Doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, zajmuje się chodzeniem jako badaniem i praktyką artystyczną, artysta i badacz w Jumana Hamdani Architects. Member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, works on walking as an artistic research and practice, artist and researcher at Jumana Hamdani Architects.

**Stanisław Sasak**

Dr hab., profesor uczelni, projektant i artysta wizualny, zajmuje się tworzeniem przekazów wizualnych o charakterze użytkowym i artystycznym, prowadzi Pracownię Projektowania Multimedialnego. PhD habil., university professor, designer and visual artist, deals with the creation of visual messages of applied and artistic nature, runs the Multimedia Design Studio.

**Artur Skowroński**

Dr hab., profesor uczelni, plakacista, projektant książek i znaków wizualnych, prowadzi Pracownię Reklamy i Informacji Wizualnej. PhD habil., university professor, designer of posters, books and visual signs, runs the Studio of Advertising and Visual Information.

**Eugeniusz Smoliński**

Profesor sztuki, zajmuje się rysunkiem, malarstwem i grafiką, prowadził zajęcia dydaktyczne w Katedrze Projektowania Graficznego, od 2016 r. utrzymuje związek z uczelnią uczestnicząc w wystawach i wydawnictwach. Professor of Art, works in drawing, painting and graphic design, taught in the Department of Graphic Design, since 2016 has maintained a relationship with the Academy by participation in exhibitions and publications.

**Dominika Sobolewska**

Dr hab., profesor uczelni, artystka, projektantka, kuratorka, autorka interaktywnych instalacji

przestrzennych oraz interwencji w przestrzeni publicznej, prodziekan Wydziału Architektury Wnętrz, Wzornictwa i Scenografii. PhD habil., university professor, artist, designer, curator, author of interactive spatial installations and interventions in public space, Vice-Dean of the Faculty of Interior Architecture, Design and Stage Design.

**Anna Stępkowska**

Doktorantka, zajmuje się projektowaniem graficznym i użytkowym, w twórczości artystycznej porusza się w obszarze sztuki geometrycznej i konceptualnej, współprowadzi Pracownię Reklamy i Informacji Wizualnej. PhD candidate, deals with graphic and applied design, in her artistic work she explores the field of geometric and conceptual art, co-runs the Studio of Advertising and Visual Information.

**Agata Szuba**

Dr hab., artystka intermedialna, w swoich instalacjach, fotografii, performance i wideo zajmuje się kwestią płynnej i kruchej tożsamości w czasach nowych mediów, prowadzi Pracownię Fotografii Intermedialnej. PhD habil., intermedia artist, in her installations, photography, performances and videos she deals with the issue of fluid and fragile identity in the times of new media, she runs the Intermedia Photography Studio.

**Karolina Szymanowska**

Dr, artystka wizualna, zajmuje się rzeźbą i instalacją, asystentka w Pracowni Projektowania Rzeźby w Architekturze i Urbanistyce. PhD, visual artist, works in sculpture and installation, assistant lecturer at the Studio of Sculpture Design in Architecture and Urban Planning.

**Agnieszka Talik**

Artystka multimedialna poruszająca się w obszarach grafiki 3D oraz animacji 2D/3D, asystentka w Pracowni Projektowania Gier Komputerowych i Form Wirtualnych. Multimedia artist working in the field of 3D graphics and 2D/3D animation, assistant lecturer at the Studio of Computer Games and Virtual Forms Design.

**Joanna Teper**

Dr hab., profesor uczelni, zajmuje się ceramiką unikatową, rysunkiem i malarstwem, prowadzi Pracownię Technologii i Technik Ceramicznych w Malarstwie i Rzeźbie.

PhD habil., university professor, works in the field

of unique ceramics, drawing and painting, runs the Studio of Ceramic Technologies and Techniques in Painting and Sculpture.

**Aleksandra Trojanowska**

Artystka interdyscyplinarna i biologka, bada zagadnienia biocentryczne w sztuce, którą łączy z naukami o życiu (*art + science*), asystentka w Pracowni Narracji i Interakcji w Nowych Mediach. Interdisciplinary artist and biologist, studies bio-centric issues in art, which she combines with life sciences (art + science), assistant lecturer at the Studio of Narration and Interaction in New Media.

**Anna Trojanowska**

Dr hab., profesor uczelni, zajmuje się grafiką artystyczną, animacją i projektowaniem interfejsu, prowadzi Pracownię Projektowania Interfejsu Graficznego, prodziekan Wydziału Grafiki i Sztuki Mediów. PhD habil., university professor, works in the fields of artistic graphics, animation and interface design, leads the Graphic Interface Design Studio, Vice-Dean of the Faculty of Graphic Arts and Media Art.

**Muchuan Wang**

Doktorant Szkoły Doktorskiej Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu, pracuje głównie z rzeźbą w metalu, szkle, ceramice, papierze i innych, prowadzi zajęcia z *rzeźby*. Member of the Doctoral School of the Academy of Art and Design in Wrocław, he works mainly with sculpture in metal, glass, ceramic, paper, and other materials, he offers sculpture courses.

**Maja Wolińska**

Dr hab., profesor uczelni, artystka multimedialna, pracuje w obszarze audiowizualnych mediów temporalnych i interaktywnych, twórczyni filmów, instalacji i fotografii, prowadzi Pracownię Narracji i Interakcji w Nowych Mediach. PhD habil., university professor, multimedia artist, works in the field of audiovisual temporal and interactive media, author of films, installations and photographs, runs the Studio of Narration and Interaction in New Media.

**Magdalena Wosik**

Dr hab., profesor uczelni, tworzy plakaty, ilustracje książkowe i rysunki satyryczne, prowadzi Pracownię Książki. PhD habil., university professor, creates posters, book illustrations and satirical drawings, runs the Book Studio.

Arystoteles, *Metafizyka*, tłum. K. Leśniak, Warszawa 2013.

K. Brading, E. Castellani, N. Teh, *Symmetry and Symmetry Breaking*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2021 Edition), Edward N. Zalta (red.), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/symmetry-breaking/>.

I. Dziubiński, T. Świątkowski (red.), *Poradnik matematyczny*, t.1, Warszawa 1985.

R.P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, t. 1.1, tłum. Z. Królikowska, Warszawa 2001.

M.C. Ghyka, *Złota liczba*, tłum. I. Kania, Kraków 2001.

M. Heller, T. Pabjan, *Elementy filozofii przyrody*, Kraków 2014.

P. Hemenway, *Sekretny kod*, tłum. B. Fabiszewski, Evergreen, Koeln 2009.

Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Zaproszenie do fizyki współczesnej*, tłum. Z. Jacyna-Onyszkiewicz i in., Poznań 1995.

E. Mach, *Analiza Wrażeń*, tłum. M. Miłkowski, Warszawa 2009.

D. Miłkowska, *Eugeniusz Smoliński*, seria: Wrocławskie Środowisko Artystyczne, Wrocław 2020.

J. Mozrzyms, *Ewolucja idei symetrii*, Wrocław 1992.

Platon, *Timajos, Kritias albo Atlantyka*, tłum. P. Siwek, Warszawa 1986.

A. S. Posamentier, I. Lehmann, *Niezwykłe liczby Fibonacciego*, tłum. J. Szajkowska, Warszawa 2014.

C. Rovelli, *Tajemnica czasu*, tłum. J.K. Ochab, Łódź 2019.

W. Tatarkiewicz, *Historia estetyki*, t.1. Estetyka starożytna, Warszawa 1985.

H. Weyl, *Symetria*, tłum. S. Kulczycki, Warszawa 1997.

F. Wilczek, *Piękne pytanie. Odkrywanie głębokiej struktury świata*, tłum. B. Bieniok i E.L. Łokas, Warszawa 2016.

F. Wilczek, B. Devine, *W poszukiwaniu harmonii*, tłum. E.L. Łokas i B. Bieniok, Warszawa 2006.

Aristotle, *Metaphysics*, transl. C.D.C. Reeve, Indianapolis: Hackett Publishing 2016,

K. Brading, E. Castellani, N. Teh, *Symmetry and Symmetry Breaking*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/symmetry-breaking/>.

I. Dziubiński, T. Świątkowski (ed.), *Poradnik matematyczny [Mathematical Manual]*, vol. 1, Warszawa 1985.

R.P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 1, California Institute of Technology, 2010, [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I\\_toc.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_toc.html).

M.C. Ghyka, *The Golden Number*, Inner Traditions 2016.

M. Heller, T. Pabjan, *Elementy filozofii przyrody [Elements of the philosophy of nature]*, Kraków 2014.

P. Hemenway, *The secret code*, Evergreen, 2008.

Q. Ho-Kim, N. Kumar, C.S. Lam, *Invitation to contemporary physics*. World Scientific 2004

E. Mach, *The Analysis of Sensations*, transl. C.M. Williams, Dover Publications 1959

D. Miłkowska, *Eugeniusz Smoliński*, series: *Artistic Milieu of Wrocław*, Wrocław 2020.

J. Mozrzyms, *Ewolucja idei symetrii [Evolution of the idea of symmetry]*, Wrocław 1992.

Plato, *Timaeus*, transl. Donald J. Zeyl, [in:] Plato, *Complete Works*, ed. J.M. Cooper, Indianapolis: Hackett Publishing 1997.

A.S. Posamentier and I. Lehmann, *The fabulous Fibonacci numbers*, Prometheus Books 2007.

C. Rovelli, *The Order of Time*, Riverhead books 2018.

W. Tatarkiewicz, *History of Aesthetics*, vol. 1, *Ancient aesthetics*, transl. A. Czerniawski, A. Czerniawska, Hague, Paris: Mouton, 1970.

H. Weyl, *Symmetry*, Princeton University Press 1952.

F. Wilczek, *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design*, Penguin, 2015.

F. Wilczek, B. Devine, *Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics*, WW Norton & Company, 1988.

Abel, Niels 63  
 Aleksandrowicz, Monika 16–17, 20, 146  
 Anastasiou, Ioannis 16–17, 23, 146  
 Arystoteles/Aristotle 10–11, 150  
 Baum, Frank L. 60–61  
 Bieniok, Bogumił 10, 63, 66, 150  
 Boccaccio, Giovanni 54  
 Boczniewicz, Mira 16–17, 24, 146  
 Bonter-Jedrzejewska, Renata 12–13, 27, 146  
 Boyé, Edward 54  
 Brading, Katherine 10–11, 14–15, 150  
 Bruniecka, Matylda 16–17, 146  
 Bujak, Anna 16–17, 31, 146  
 Castellani, Elena 10–11, 150  
 Curie, Piotr 63  
 Czerniawska, Ann 11, 150  
 Czerniawski, Adam 11, 150  
 Dąbrowski, Witold 57  
 Descartes, René 55  
 Devine, Betsy 66, 150  
 Dobiszewski, Tomasz 16–17, 32, 146  
 Dokudowicz, Maja 16–17, 34, 146  
 Duerer, Albrecht 59  
 Dyrda, Zuzanna 16–17, 36, 146  
 Dziubiński, Izydor 12–13, 150  
 Einstein, Albert 63  
 Fabiszewski, Bartosz 67, 150  
 Feynman, Richard 14–15, 150  
 Ghyka, Matila C. 10–11, 67, 150  
 Gołuch, Wiesław 16–17, 39, 146  
 Gorzelak, Mariusz 16–17, 40, 146  
 Grzyb, Marek 16–19, 43, 146  
 Gwoździk, Katarzyna 16–17, 44, 147  
 Hamdani, Jumana 16–17, 118, 147  
 Heller, Michał 14–15, 150  
 Hemenway, Priya 67, 150  
 Ho-Kim, Quang 65–66, 150  
 Hugo, Wiktor 54  
 Janik, Aleksandra 16–17, 47, 147  
 Janoś, Tomasz 18–19  
 Jarząb, Aga 16–17, 48, 147  
 Jędroś, Ryszard 16–17, 67, 147  
 Jędrzejewski, Piotr 16–17, 70, 147  
 Jernajczyk, Jakub 8, 51, 147  
 Jezierski, Adam 14–15, 18–19, 52, 147  
 Juarez, Ivan 16–17, 73, 147

Kania, Ireneusz 10, 67, 150  
 Kartezjusz vide Descartes  
 Kepler, Johannes 10, 13, 55, 58, 61–62  
 Kocogullari, Dilay 16–17, 74, 147  
 Kołodziejczyk, Anna 16–17, 77, 147  
 Komorowski, Piotr 16–17, 78, 147  
 Kotarbiński, Tadeusz 57  
 Królikowska, Zofia 14, 150  
 Krzemińska-Baluch, Marzena 16–17, 81, 147  
 Kujawska, Aleksandra 16–17, 82, 147  
 Kulczycki, Stefan 12, 58, 150  
 Kumar, Narendra 65–66, 150  
 Lam, Chi-Sing 65–66, 150  
 Le Corbusier [C.-É. Jeanneret-Gris] 54  
 Lehmann, Ingmar 67, 150  
 Leighton, Robert B. 14–15, 150  
 Lem, Stanisław 53  
 Leonard, William Ellery 54  
 Leśniak, Kazimierz 10, 150  
 Leśniak-Banasiak, Agnieszka 16–17, 85, 147  
 Libardoni, Vinicius 16–17, 86, 147  
 Libbrecht, Kenneth G. 55  
 Lisek, Paweł 16–17, 89, 148  
 Łokas, Ewa L. 10, 63, 66, 150  
 Łubiński, Sebastian 16–17, 90, 148  
 Lukrecjusz [Titus Lucretius Carus] 54  
 Mach, Ernst 12–13, 150  
 Majchrzak, Maciej 16–17, 93, 148  
 Mak-Sobota, Beata 16–17, 94, 148  
 Mandaljan, Andrzej 57  
 Martyniszyn, Ewa 12, 15, 97, 148  
 Masny, Piotr 16–17, 98, 148  
 Mickiewicz, Adam 56  
 Mikułowski, Barnaba 16–17, 101, 148  
 Miłkowska, Dorota 8–9, 150  
 Miłkowski, Marcin 12, 150  
 Moczydłowski, Andrzej 16–17, 102, 148  
 Mozrzyms, Jan 61, 150  
 Nakaya, Ukichiro 55  
 Noether, Amalie Emmy 65  
 Norwid, Cyprian Kamil 57–58  
 Nowak-Bieganowska, Jagoda 16–17, 105, 148  
 Olszewski, Ireneusz 16–17, 106, 148  
 Opania, Tomasz 16–17, 109, 148  
 Pabjan, Tadeusz 14–15, 150  
 Pacyna, Renata 16–17, 110, 148

Paluch, Łukasz 16–17, 113, 148  
 Payne, John 54  
 Picasso, Pablo 54  
 Pietrzak, Michał 16–17, 114, 148  
 Pitagoras/Pythagoras 57–58, 61–62  
 Platon/Plato 10–11, 13–14, 57–58, 61–62, 150  
 Poliklet/Polykleitos 59  
 Posamentier, Alfred S. 67, 150  
 Pukocz, Wojciech 18–19  
 Ramírez González, Pablo 16–17, 117, 149  
 Reeve, Charles D. C. 11, 150  
 Rovelli, Carlo 14–15, 150  
 Sama, Sepa 16–17, 118, 149  
 Sands, Matthew Linzee 14–15, 150  
 Sasak, Stanisław 16–17, 120, 149  
 Selver, Paul 57  
 Siwek, Paweł 10, 150  
 Skowron, Bartłomiej 18–19  
 Skowroński, Artur 16–17, 122, 149  
 Smoliński, Eugeniusz 6, 8–9, 18–19, 149, 150  
 Sobolewska, Dominika 16–17, 125, 149  
 Sołowjow, Władimir 57  
 Stępkowska, Anna 16–17, 126, 149  
 Świątkowski, Tadeusz 12–13, 150  
 Szajkowska, Julia 67, 150  
 Szuba, Agata 16–17, 129, 139  
 Szymanowska, Karolina 16–17, 130, 149  
 Tajber, Artur 18–19  
 Talik, Agnieszka 12–13, 133, 149  
 Tatarkiewicz, Władysław 10–11, 150  
 Teh, Nicholas 10–11, 150  
 Teper, Joanna 16–17, 134, 149  
 Trojanowska, Aleksandra 16–17, 138, 149  
 Trojanowska, Anna 16–17, 137, 149  
 Tuwim, Julian 54  
 Wang, Muchuan 16–17, 141, 149  
 Weyl, Hermann 12–13, 58–59, 61, 150  
 Wilczek, Frank 10, 13–15, 63–64, 66, 150  
 Williams, Mark Christian 13, 150  
 Witkacy [Stanisław Ignacy Witkiewicz] 54  
 Wolińska, Maja 16–17, 142, 149  
 Woroszyński, Wiktor 57  
 Wosik, Magdalena 16–17, 144, 149  
 Wu, Chien-Shiung 60  
 Zalta, Edward N. 10–11, 150  
 Zeyl, Donald J. 11, 150



Głównym celem nowej serii wydawniczej „Ćwiczenia z widzenia” jest podkreślenie wagi intelektualnego, analitycznego aspektu sztuki współczesnej. Wypowiedź artystyczna, formułowana w postaci różnych artefaktów wizualnych, stanowić może bowiem samodzielny i znaczący głos również na płaszczyźnie dyskursu teoretycznego. Jest to więc seria skierowana do wszystkich odbiorców, którzy zainteresowani są poznawczą i wiedzotwórczą rolą sztuk wizualnych.

The main aim of the new publishing series „Exercises in seeing” is to emphasize the importance of the intellectual, analytical aspect of contemporary art. Artistic expression, formulated in the form of various visual artefacts, may constitute an independent and significant voice also on the plane of theoretical discourse. Thus, this series is addressed to all readers who are interested in the cognitive and knowledge-creating role of the visual arts.

ISBN 978-83-66321-69-4



AKADEMIA SZTUK PIĘKNYCH  
IM. EUGENIUSZA GEPPERTA  
WE WROCŁAWIU