

# Andrzej Koleżyński

---

## Symetria — arche Wszechświata?

---

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce nr 40, 135-141

---

2007

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

ukowi, jest zbyt mocno ugruntowany w świecie codziennych zmysłowych doświadczeń i zdrowego rozsądku (choćby wyobrażeń dotyczących czasu, przestrzeni, pojęcia indywidualium), żeby można było w pełni wyświetlić charakter istnienia takich bytów czy struktur.

I po trzecie, a co ściśle łączy się z wymową właściwie większości artykułów zamieszczonych w omawianym tomie, za dość ryzykowne można odczytywać próby programowego zacierania różnic między zdrowym rozsądkiem a nauką, czy mówiąc językiem Sellarsa, między wizerunkiem jawnym a naukowym. Takiego zacierania nie powinno także usprawiedliwiać przyjęcie takiej a nie innej perspektywy filozoficznej (np. pragmatystycznej, empirystycznej, naturalistycznej), a tym bardziej mody intelektualnej. Tymczasem charakterystyczną cechą niemal wszystkich prac zamieszczonych w 17. tomie „*Australasian Studies in History and Philosophy of Science*” jest usilne poszukiwanie niemalże w każdej podejmowanej kwestii elementów myślenia zdroworozsądkowego. Z drugiej strony nie ma w nim natomiast zbyt wielu uwag chociażby na temat różnic dzielących poznanie naukowe od zdroworozsądkowego.

Zredagowana przez Clarke’a i Lyonsa książka jest o tyle interesująca i inspirująca, o ile głównie przypomina o napięciach na linii między nauką, jej filozoficznymi uję-

ciem, a zdrowym rozsądkiem. Warto na zakończenie przypomnieć słowa obydwu redaktorów, że te napięcia także podlegają ewolucji w miarę rozwoju nauki. Można do tego dodać, że rozwijają się i ewoluują również „moce przerobowe” zdrowego rozsądku, a więc i Sellarsowski jawny wizerunek świata, będący w końcu naturalnym środowiskiem intelektualnym tak przyrodników, filozofów, jak i chyba każdego człowieka.

Jacek Rodzeń

#### SYMETRIA — ARCHE WSZECHŚWIATA?

◇ Leon M. Lederman, Christopher T. Hill, *Symmetry and the Beautiful Universe*, L.M. Lederman, Ch.T. Hill, “Symmetry and the beautiful universe”, Prometheus Books, New York (2004), ss. 363.

Symetria jest wszechobecna — w niezliczonych wzorach i kształtach występujących w przyrodzie zarówno w sposób naturalny (płatki śniegu, kryształy, kwiaty, drzewa, cykliczny ruch słońca, księżyca, cykle życia roślin i zwierząt itp.), jak również w wytworach ludzkich rąk i umysłów — w muzyce, sztuce, tańcu, poezji, architekturze. Każdy człowiek, od dziecka napotyka różnorodne przejawy symetrii w otaczającym go świecie i potrafi je intuicyjnie rozpoznać i wskazać. Ludzie

od wieków wiązali symetrię z pięknem i doskonałością. Starożytni architekci, podobnie jak ich następcy w wiekach średnich i czasach nowożytnych, projektowali budowle wykorzystując różnorodne symetrie kształtów (bryły foremne) i układu przestrzennego. Muzycy tworzyli utwory, których forma i struktura wewnętrzna opierały się na symetrii (zarówno czasowej, jak i dźwięków).

Matematycznym językiem opisu symetrii, jest teoria grup, odgrywająca fundamentalną rolę we wszystkich współczesnych teoriach fizycznych. Symetria wydaje się być dla współczesnej fizyki koncepcją kluczową, narzucając postać podstawowym prawom fizycznym, rządząc strukturą i dynamiką materii i definiując fundamentalne siły natury. Natura, na swoim najbardziej podstawowym, najgłębszym poziomie, wydaje się być zdefiniowana przez symetrię.

Na początku XX wieku, młoda, niemiecka matematyczka Emmy Noether, udowodniła twierdzenie, które stało się dla fizyki teoretycznej kamieniem milowym w rozumieniu fundamentalnych praw rządzących przyrodą. Twierdzenie to, bezpośrednio łączy symetrię z fizyką, a dokładniej z prawami zachowania, które mówią nam, że pewne mierzalne wielkości fizyczne w izolowanym układzie (całkowita energia, pęd, moment pędu itp.), pozostają niezmiennie w każdym procesie. Z twierdzenia Noether wy-

nika, że te prawa (zasady) zachowania są skutkiem istnienia ciągłych symetrii przestrzeni i czasu — np. z niezmienniczości translacyjnej przestrzeni wynika wprost zasada zachowania pędu, z niezmienniczości rotacyjnej zasada zachowania momentu pędu, a z niezmienniczości translacyjnej czasu, zasada zachowania energii.

Inną manifestacją symetrii, leżącą głęboko u podstaw praw fizycznych, jest niezmienniczość tych praw względem różnych przekształceń. W mechanice klasycznej, wszystkie ciała poruszające się w inercjalnych układach odniesienia, podlegają dokładnie takim samym prawom fizycznym. Korzystając z przekształcenia zwanego transformacją Galileusza, można przejść do opisu danego zdarzenia, lub sekwencji zdarzeń z jednego inercjalnego układu odniesienia, do dowolnego innego, bez zmiany praw fizyki klasycznej. W mechanice klasycznej, zgodnie z jej równaniami, obiekty mogą poruszać się z prędkościami znacznie przekraczającymi prędkość światła, co stoi w jawnej sprzeczności z wynikami eksperymentów. Albert Einstein, w swojej szczególnej teorii względności rozwiązał ten problem, dodając do klasycznej zasady względności dodatkowe założenie, o niezmienniczości prędkości światła dla wszystkich inercjalnych układów odniesienia. Odpowiednikiem transformacji Galileusza, jest

tu transformacja Lorentza. W przypadku układów nieinercjalnych, opisanych równaniami ogólnej teorii względności, obowiązuje ogólna zasada kowariancji (niezmienniczości praw fizyki podczas dowolnej zmiany układu współrzędnych).

Obok powyższych symetrii ciągłych, istnieje bardzo ważna grupa symetrii dyskretnych. Najbardziej typowym przykładem obiektów charakteryzujących się taką symetrią, są kryształy, w których wewnętrzna struktura i związana z nią symetrię opisujemy przy pomocy teorii grup i symetrii translacyjnej dla sieci periodycznych.

Ważnymi elementami kwantowego opisu przyrody są również inne symetrie dyskretne: symetria permutacyjna (związana z fundamentalną własnością cząstek elementarnych, tzn. ich nierozróżnialnością; możemy zamienić miejscami w opisie dwie cząstki i otrzymamy w wyniku funkcję, która jest identyczna z funkcją pierwotną — dla bozonów lub różni się tylko znakiem — dla fermionów), symetria zwierciadlana (parzystość **P**), odwracalność w czasie (zmiana znaku czasu w równaniach **T**) oraz parzystość ładunkowa (zmiana znaku ładunku **C**). Elektromagnetyzm, grawitacja i oddziaływania silne, są niezmiennicze względem każdej z tych trzech symetrii osobno, jednakże w przypadku oddziaływań słabych niezmienniczość jest zachowana tylko w przypadku łącznego ich

działania **CPT** (rozpad  $\beta$  łamie symetrię **P** i **C**, ale zachowuje połączoną symetrię **CP**, która dla odmiany jest łamana w przypadku rozpadu mezonów **K**).

Symetria cechowania (z globalnym lub lokalnym przekształceniem cechowania), jest kolejnym, bardzo ważnym rodzajem symetrii. W teorii pola, równania opisujące pola mają rozwiązania z dokładnością do stałej lub przesunięcia w fazie. Przekształcenie cechowania jest taką operacją matematyczną w teorii pola, która zastosowana do równań opisujących pola, zmienia np. wartości stałej dla potencjału elektrostatycznego czy grawitacyjnego, albo fazę dla funkcji falowej, pozostawiając niezmiennione wielkości obserwowalne. Obecnie uważa się, że wszystkie siły występujące w przyrodzie, rządzone są przez symetrie cechowania.

Jak widać, zagadnienie symetrii ma w opisie przyrody fundamentalne znaczenie — przy braku symetrii opis taki byłby niezmiernie trudny, jeśli w ogóle możliwy. Równocześnie, narasta przekonanie o dominującej roli nie tyle samych zasad symetrii w przyrodzie, co ich łamania (w szczególności spontanicznego łamania symetrii), w kontekście obiektów, zjawisk i praw fizycznych oraz wynikających stąd skutków: powstania, ewolucji i aktualnej struktury otaczającego nas świata.

Zagadnienia symetrii, niezmiernie ważne dla nauk przyrodniczych,

siłą rzeczy generują szereg pytań filozoficznych, dotyczących np. znaczenia symetrii w teoriach fizycznych, jej roli porządkującej (np. klasyfikacja kryształów przy pomocy grup symetrii), normatywnej (poprzez wymóg niezmienniczości, narzucającej ścisłe warunki na kształt teorii), unifikującej (np. próba unifikacji wszystkich oddziaływań w jednej teorii za pomocą lokalnych grup symetrii), czy wyjaśniającej. Równie ważne pytania dotyczą statusu ontologicznego symetrii (czy symetrie są częścią świata fizycznego — reprezentują własności istniejące w naturze czy też opisują strukturę świata) i epistemologicznego (symetria, wiążąc się ściśle z niezmienniczością i zasadą równoważności, narzuca granicę naszemu poznaniu — istnieją pewne własności obiektów, niedostępne naszemu poznaniu). Zagadnienia te prowadzą do dalszych, bardziej tradycyjnych pytań — o ontologię świata, status praw przyrody, czy związki pomiędzy matematyką, teoriami fizycznymi, a światem.

Biorąc pod uwagę znaczenie symetrii, nie należy się więc dziwić, że napisano tak wiele książek dotyczących zagadnień związanych z symetrią — teoretycznych i aplikacyjnych podręczników oraz monografii, przeznaczonych dla początkujących i zaawansowanych adeptów nauk przyrodniczych, książek popularnonaukowych, czy dzieł filozoficznych (z dziedziny filozofii przyrody,

filozofii nauki, metafizyki itp.). Powstaje w związku z tym pytanie, czy potrzebna jest kolejna popularnonaukowa książka, traktująca o symetrii.

Negatywna odpowiedź wydaje się narzucać sama, tym niemniej książka Leona M. Ledermana i Christophera T. Hilla pt. *Symmetry and the Beautiful Universe* ma jedną, niezaprzeczną zaletę, która powoduje, że pojawienie się takiej książki było moim zdaniem potrzebne — książka ta, kładąc silny nacisk na twierdzenie Noether i jego znaczenie dla współczesnej fizyki, pokazuje jednoznaczne związki symetrii w przyrodzie z zasadami zachowania i wynikającą stąd zasadniczą zamianę ról — *to prawa przyrody wynikają z symetrii, a nie symetria z praw*. Przekonanie autorów o fundamentalnej roli symetrii w przyrodzie, jako swoistej filozoficznej *arche* — mimo iż nie sformułowane wprost jako problem filozoficzny — jest wyraźnie widoczne na stronicach książki, co pozwala z dużą dozą pewności stwierdzić, że odpowiedź Ledermana i Hilla, na pytanie postawione w tytule recenzji byłaby jednoznacznie pozytywna.

Książka ta może — moim zdaniem — stanowić dla zainteresowanych czytelników doskonale wprowadzenie w zagadnienia symetrii w fizyce. Autorzy zadedykowali swoją książkę wspomnianej Emmie Noether, która wg nich była jednym z najwybitniejszych matematyków

w historii, a jej praca „splata nasze rozumienie przyrody — poprzez fizykę i matematykę — z pięknem i harmonią, która nas otacza we wszystkich formach, w naturze, muzyce i sztuce. Emmy Noether, poprzez swoje twierdzenie, dokonała jednego z najbardziej znaczących wkładów do skarbnicy ludzkiej wiedzy. Twierdzenie to, całkowicie i bezspornie jednoczy symetrię ze złożoną dynamiką fizyki, tworząc podstawę dla ludzkiej myśli, do inwazji w wewnętrzny świat materii, dla najbardziej ekstremalnych wartości energii i odległości” (s. 23). Narzuca to, w sposób jednoznaczny, prowadzenie czytelnika przez różnorodne zagadnienia związane z symetrią w kontekście ich związku z twierdzeniem Noether, co też autorzy konsekwentnie czynią.

Autorzy książki to znani fizycy. Leon M. Lederman jest fizykiem eksperymentalnym, obecnie emerytowanym dyrektorem w Fermi National Accelerator Laboratory, laureatem nagrody Nobla z 1988 roku za prace dotyczące neutronów, oraz autorem kilku książek popularnonaukowych (w Polsce wydana została, napisana wraz z Dickiem Teresi, książka pt. *Boska cząstka* — Prószyński i s-ka, Warszawa 1996). Christopher Hill jest natomiast fizykiem teoretykiem (absolwent MIT, doktorat uzyskał w Caltech), zajmującym się cząstkami elementarnymi, pracu-

jącym na wydziale fizyki teoretycznej tegoż samego FermiLabu.

Pisząc omawianą książkę, Lederman i Hill, podjęli się niezmiernie trudnego zadania — pokazania (w sposób możliwie prosty, a zarazem bez nadmiernych uproszczeń), że symetria jest fundamentem, pierwotną zasadą, na której zbudowany jest otaczający nas świat z całym swoim pięknem, harmonią i złożonością. Książka pisana jest językiem prostym i klarownym; autorzy unikają wzorów matematycznych, co wszakże czasem zamiast pomagać, może trochę utrudnić zrozumienie pewnych zagadnień — jeden prosty wzór mówi nieraz więcej niż kilka stron objaśnień. Zapewne jednak autorzy, świadomi znanego stwierdzenia, że każdy wzór zmniejsza liczbę potencjalnych czytelników co najmniej o połowę, postanowili całkowicie z nich zrezygnować, aby dotrzeć ze swoim przesłaniem do jak największej liczby czytelników (autorzy piszą w zakończeniu, że książka wyewoluowała z programu, utworzonego w celu przekonania nauczycieli nauk przyrodniczych szkół średnich i college'ów, do wprowadzenia ważnych koncepcji symetrii do programów nauczania fizyki, chemii, czy biologii).

Brak wzorów matematycznych, nie stanowi jednak przeszkody w zrozumieniu istoty różnorodnych zasad symetrii. W pierwszych rozdziałach książki, autorzy prowadzą czytelnika

przez różne aspekty symetrii, spotykane w codziennym życiu, poczynając od przytoczenia prostych przykładów symetrii w przyrodzie czy muzyce, przedstawienie najwcześniejszych wysiłków starożytnych Greków i Rzymian, starających się zrozumieć zasady działania przyrody i ich koncepcji (czasem bardzo bliskich prawdzie i stanowiących punkt wyjścia dla rozważań ich następców), aż po ukazanie istoty twierdzenia Noether. W kolejnych rozdziałach omawiają ciągle symetrie translacyjne w przestrzeni i czasie i symetrię rotacyjną w przestrzeni, wraz z wynikającymi z nich, na mocy twierdzenia Noether, zasadami zachowania. Następnie przechodzą do omówienia problemu bezwładności, praw mechaniki klasycznej i teorii grawitacji Newtona oraz odkrytej przez Galileusza zasady względności, aby płynnie przejść do Einsteina oraz zagadnień współczesnej szczególnej teorii względności i transformacji Lorentza.

Po omówieniu symetrii ciągłych, autorzy przechodzą do zagadnień symetrii dyskretnych — parzystości, odwracalności w czasie, i parzystości ładunku, pokazując, że symetrie te są łamane w niektórych procesach i przechodzą do krótkiego omówienia istoty i wagi procesów spontanicznego łamania symetrii w przyrodzie.

W kolejnych rozdziałach, autorzy wprowadzają czytelnika w wy-

brane zagadnienia mechaniki kwantowej, pokazując symetrię permutacyjną, związaną z nierozróżnialnością cząstek, aby następnie omówić zagadnienia dotyczące symetrii cechowania i lokalnej niezmienniczości cechowania. Ostatni rozdział, poświęcony jest szczegółowemu opisowi bardziej współczesnych osiągnięć fizyki, w szczególności teorii cząstek elementarnych — kwarków i leptonów, związków wszystkich oddziaływań z polami i symetriami cechowania (w tym kontekście omawiają koncepcję diagramów Feynmana).

Autorzy dołączyli do książki krótki, 20-stronicowy dodatek, w którym przedstawili wprowadzenie do teorii grup — opisując w sposób bardzo elementarny operacje i grupy symetrii dyskretnych (pokazując przy okazji, w jaki sposób można określić wszystkie operacje symetrii w grupie) oraz grupy symetrii ciągłej (translacyjne i rotacyjne). Na końcu książki znajdują się uwagi do treści zawartych w poszczególnych rozdziałach książki, rozwijające lub komentujące wybrane stwierdzenia, często z przytoczonymi odnośnikami do stron w Internecie, lub tytułami książek, omawiających dane zagadnienie szerzej.

Na zakończenie kilka uwag krytycznych — zawartość załącznika, dotyczącego teorii grup, wzbudza pewne wątpliwości — autorom przyświecał szczytny cel, przybliżenia

czytelnikom tej pięknej i trudnej zarazem teorii. Biorąc jednak pod uwagę bardzo krótką i siłą rzeczy pełną uproszczeń prezentację zagadnień, można mieć wątpliwości, czy taki opis, w tej postaci, pozwoli ten cel osiągnąć — moim zdaniem najprawdopodobniej nie. Rozdział dotyczący fikcyjnej fabryki ACME i perpetuum mobile, umieszczony w początkowej części książki, jako swoiste wprowadzenie do zasad zachowania i twierdzenia Noether, dość daleko odbiega od tematyki książki i z całą pewnością jego znaczące skrócenie i przeredagowanie, nie wpłynęłoby na zwartość merytoryczną całości. Konsekwentne unikanie wzorów, nie zawsze pomaga w rozumieniu omawianego zagadnienia, a stosowane przez autorów w kilku miejscach opisy słowne wzorów, wręcz to utrudniały i były zachętą do zapisania opisu słownego w postaci wzoru właśnie. Książka nie zawiera też wprost żadnych odniesień do zagadnień filozoficznych, co nie oznacza wszakże, że ich tam nie ma — autorzy starają się przekonać czytelnika niemal na każdej stronie, że symetria stanowi fundamentalną zasadę konstytutywną świata (*arche*), że prawa przyrody i zasady zachowania są skutkiem istnienia symetrii, a aktualna postać otaczającego nas świata jest wynikiem procesów spontanicznego łamania symetrii, zachodzących zarówno u początków istnienia Wszechświata, jak i obecnie

w niemal każdym procesie fizykochemicznym. Można pokusić się o schematyczne zapisanie myśli przewodniej autorów w sposób następujący: *fizyka = symetria = piękno*, oraz *symetria → prawa i zasady → Wszechświat*. Tych kilka uwag, w niczym nie umniejsza jednak mojej pozytywnej opinii o tej książce, którą można polecić wszystkim studentom i absolwentom kierunków technicznych, przyrodniczych i filozoficznych.

Ostatecznie, jak piszą autorzy „Zastanówmy się, co my jako ludzie staramy się zrobić. Poprzez mgłę, wciąż próbujemy zobaczyć, jak symetrie kształtują nasze myśli i równania, aby ostatecznie nadać formę naszym przekonaniom, że ich magia i rytm — nawet ich niedoskonałości — objawią nam, gdy mgła powoli osiadzie, piękno i elegancję wszechświata, w którym żyjemy” (s. 293). Aby w pełni docenić jego piękno, należy koniecznie zapoznać się bliżej z symetrią, a książka Ledermana i Hilla, może być początkiem pełnej wrażeń podróży, umożliwiającej kontemplację wielopoziomowego piękna otaczającego nas świata.

*Andrzej Koleżyński*

*KURTA GÖDLA DOWÓD NA  
ISTNIENIE BOGA*

◇ Kurt Gödel, *La prova matematica dell'esistenza di Dio*, red.: G.L. Lolli, P. Odifreddi, Wyd.