



Koncepcje chaosu w fizyce i filozofii¹

Estera Rączkowiak

*kl. 2 Tbe – Technikum Ekonomiczne
Zespół Szkół im. Gen. Tadeusza Kutrzeby w Obornikach*

W rzeczywistości żadne „ja”, nawet najbardziej naiwne, nie jest jednością, lecz bardzo zróżnicowanym światem, małym gwiazdzistym niebem, chaosem form, stopni i stanów, dziedzicznych obciążeń i możliwości. Każda jednostka dąży do uznania tego chaosu za jedność i mówi o swoim „ja”, jak gdyby ono było zjawiskiem prostym, zdecydowanie ukształtowanym, jasno nakreślonym; ale jest to złudzenie, właściwe każdemu człowiekowi, nawet najdoskonalszemu, jest – jak się zdaje – pewną koniecznością, postulatem życia, tak jak odychanie i jedzenie.

Hermann Hesse, *Wilk stepowy*

Jesteśmy bytami, które chcąc nie chcąc, stykają się z otaczającą rzeczywistością nieustannie. Z tego powodu, już starożytni filozofowie zaczęli zastanawiać się nad właściwościami tych realiów, próbując ustalić pierwsze przyczyny oraz wyłonić jakiś ogólny porządek rządzący światem. Chcieli oni ukazać przasadę wszechrzeczy, czyli tzw. *arché*. Według nich świat początkowo był chaosem, a następnie został uporządkowany przez Boga – tak powstał Kosmos (w języku greckim oznaczający ład i porządek). Od pryncypów, przez Ptolemeusza, Kopernika aż do Einsteina włącznie, uznawano pogląd, że Kosmos jest statyczny i niezmienny. Współczesna nauka stwierdza jednak, że Wszechświat rozpoczął swoje istnienie od stanu najwyższego porządku i trwa w stanie maksymalnego chaosu. Również według poety, satyryka i aforysty – Stanisława Jerzego Leca, *chaos to Ład, który zniszczono przy Stworzeniu Świata*. Innymi słowy: na początku był Kosmos, a obecnie cały świat materii dąży do chaosu – wbrew temu, co sądzili greccy filozofowie. Istotny jest fakt, iż zakres wszelkich praw – fizycznych, biologicznych, chemicznych itd. – jest zarazem czymś w rodzaju „bezpiecznego” podłoża pod ludzkie bytowanie. Pomyślmy, czy nie czujemy się lepiej, gdy wszystko, co nas otacza, jest ułożone i pewne? Czy nie jest tak, że możemy odetchnąć z ulgą, gdy mamy pewność, że po nocy nastąpi dzień, a po dniu noc? Poza tym prawdą jest, że ludzie to takie istoty, dla których niewiedza jest wręcz niezręczna, gdyż wskazuje na naszą ograniczoność poznawczą i intelektualną. Mówiąc wprost – człowiek nie lubi nie wiedzieć. Prawa natury pokazują i udowadniają rozwój intelektualny człowieka, zapewniają mu poczucie, że obszarów niedostępnych jego poznaniu jest coraz mniej. W tym momencie nasuwa się



¹ Praca finalistki konkursu „Fizyczne Ścieżki” 2013.

pytanie, czy owa bezgraniczna wiara w prawa przyrody nie jest zgubna? Czy pod ich „płaszczkiem” nie kryje się jakiś znaczący element, który może nam pokazać, że świat wcale nie jest taki harmonijny i poukładany? Według mnie, piękno chaosu tego świata może zostać dostrzeżone jedynie przez umysł wolny od ograniczeń, którymi są właśnie wszelkie prawa. Ale... czym właściwie jest chaos? Według Owidiusza, chaos to całkowity brak porządku (tak jak w rozumieniu potocznym): *Przed morzem i ziemią, i tym, które odkrywa wszystko, niebem, jedna była postać całej natury świata, którą nazwano chaosem, surowe i nieuporządkowane siły i nic poza bezkształtną bryłą, w której zgromadziły się początki rzeczy, niezgodą rozłącznie.* Jednak w fizyce nie jest chaosem to, co gwałtowne, nieprzewidywalne lub nieuporządkowane, bowiem istnieje tzw. chaos deterministyczny. Sam termin wydaje się wewnętrznie sprzeczny. Łączy w sobie bowiem chaos, czyli brak porządku i determinizm, jednoznacznie porządkujący procesy. Takie ujęcie zmieniło radykalnie nasze wyobrażenie o charakterze świata opisywanego klasyczną mechaniką Newtona. Teoria chaosu jest często nazywana dynamiką nieliniową, gdyż w istocie jest rozszerzeniem klasycznej mechaniki na procesy nieliniowe. Z tego powodu świat klasycznej fizyki był w znacznym stopniu światem prostych zjawisk liniowych. Tymczasem obecnie wiemy, że świat jest przeważnie nieliniowy, a procesy liniowe występują w nim rzadko i na pewno nie są typowe dla całej materii. Jedną z najważniejszych konsekwencji dawnego podejścia było przekonanie, że ruch powinien być regularny i przewidywalny. Z tego powodu jądrem mechanicznego schematu świata stał się właśnie determinizm przeciwstawiany stochastyczności. Problem fizyków z uwzględnieniem przez nich nowych odkryć mechaniki kwantowej jest wyraźnym dowodem na to, że przez wiele lat jednoznaczną przyczynowość wiązano z mechaniką w sposób nierozzerwalny. To ona pomagała wyobrazić sobie porządek świata. Z jej powodu Einstein w liście do Borna z 1944 r. napisał następujące słowa: *Ty wierzysz w Boga, który gra w kości?* Można to odczytać jako zarzut w stosunku do zwolenników nowej fizyki, którzy zgodzili się przecież na rezygnację z determinizmu. Dzięki teorii chaosu naukowcy dokładnie poznali i zrozumieli procesy, które od dawna badali. Dobrym przykładem, lecz nie jedynym, jest turbulencja, w której dla pewnych wartości parametrów dynamicznych obserwowano porządek, dla innych zaś pojawiało się zachowanie skomplikowane i trudne do zobrazowania. Opisujące ją równania nieliniowe były znane od początku ubiegłego stulecia i znaleziono ich przybliżone rozwiązania, ale dopiero niedawno sformułowano ścisłą teorię tego zjawiska. Pod tym względem teoria chaosu nie jest zatem teorią istotnie nową. Można ją uważać za dalszy, ważny krok w ciągu teorii realizujących program badawczy mechaniki. Procesy chaotyczne nie muszą ograniczać się do świata makroskopowego i obserwuje się je także w mikroświecie. Prace fizyków wykazały, że chaos kwantowy jest bardziej ograniczony i regularny od klasycznego i pod tym względem mechanika klasyczna jest bardziej nieregular-

na niż kwantowa. Ograniczenia chaosu kwantowego wynikają stąd, że w mikroświecie dopuszczalne są tylko określone stany dynamiczne, np. w atomie elektronu mogą znajdować się tylko na wyróżnionych orbitach, w porównywanym z atomem układzie planetarnym, tory planet nie są niczym ograniczone. Dochodzimy w ten sposób do stwierdzenia, że w deterministycznej mechanice klasycznej możliwe są procesy mniej regularne i bardziej chaotyczne niż procesy zachodzące w indeterministycznym świecie kwantowym. W dyskusjach poświęconych działaniu układów nieliniowych czasem pojawia się zagadnienie praw celowych i ich roli w przyrodzie. Arystoteles stworzył słynną klasyfikację przyczyn i podzielił je na: sprawcze, celowe, formalne i materialne. Dla nauk przyrodniczych, których zadaniem jest wyjaśnianie powodów powstania i przebiegu zjawisk szczególnie ważne okazały się przyczyny celowe i sprawcze, czyli wszelkiego rodzaju siły i oddziaływania. Celowość odgrywała bardzo ważną rolę w nauce, zwłaszcza w biologii. Przykładowo, rozwój organizmu tłumaczono jako skutek jego dążenia do celu, którym jest uzyskanie dojrzałej postaci. Podobnie charakter celowy zdawało się mieć wiele przystosowawczych cech zwierząt, np. długa szyja żyrafy. Lamarck w swojej teorii ewolucji również podkreślał rolę przyczyn celowych. Jednak według Marka Tempczyka teoria Darwina ukazała proces powstawania i rozwoju gatunków jako grę przypadków – mutacje czy selekcyjne oddziaływania czynników środowiskowych – w ten sposób biologia dołączyła do fizyki, w której od czasów Galileusza zajmowano się jedynie przyczynami sprawczymi, czyli siłami. Wracając jednak do teorii kwantowej, a raczej jej twórcy – Maxa Plancka – twierdził on, że: *Dla wierzącego Bóg stoi na początku, dla fizyka zaś – na końcu wszelkich dociekań*. Dlaczego zatem wyeliminowano z fizyki teologiczne spojrzenie na świat? Otóż fakt ten uprościł naukę, nadał jej jednolitą metodologię i przyczynił się do ogromnego postępu badań. Postęp ten był jednak okupiony rezygnacją z ważnego wątku refleksji o otaczającym nas świecie. Wkrótce pojęcie celu zniknęło z fizycznego opisu świata. Czy stwierdzenie, że regularny ruch planet nie wynika z tego, że ich celem jest wyrażenie harmonii ciał, lecz z regularności rozwiązań równań ruchu opisujących grawitacyjne oddziaływania tych ciał miało z tym jakiś związek? Obserwowane w przyrodzie: harmonię i celowość, uznano za efekt uboczny. Choć ludzie wierzący w prawa fizyki widzieli wyraz celowego planu Boga, to dopuszczalna jest ona tylko w perspektywie filozoficznej i religijnej, gdyż wykracza poza naukę. Michaił Łomonosow w *Wierszach* twierdził, że: *Nauka i religia nie mogą się ze sobą kłócić, chyba, że ktoś kierowany pychą i chęcią mędrkowania, zasieje między nimi wrogość*. Zatem, próbując udzielić odpowiedzi na zadane wcześniej pytanie, czy teologiczne spojrzenie na świat wyeliminowano dlatego, aby oszczędzić naukowcom zbędnego chaosu myślowego? Chcąc rozstrzygnąć tytułową „walkę” (która takową może, lecz nie musi być) pomiędzy fizyką a filozofią, ontologiczny „spór” o chaos, posłużę się przykładami z różnych sfer życia. Pragnę wspomnieć, że gdybyśmy uznali, iż

układy złożone mają własności nieredukowalne, wynikające z ich całościowego działania, to rozwój świata materii prowadziłby do pojawienia się nowego spojrzenia – Wszechświat przestałby być wielką, cyklicznie działającą maszyną, a zacząłby przypominać organizm, rozwijający się od form prostych do coraz bardziej złożonych. Takich koncepcji w filozofii było wiele! Otóż podkreślały one szczególnie przełomowe znaczenie dwóch wydarzeń – powstania życia oraz intelektu. Istnieje nawet powiedzenie, że wraz z pojawieniem się ludzi, Wszechświat zaczął sam siebie poznawać i rozumieć. M. Thomsen uważał, że *aby zrozumieć cały Wszechświat, należy poznać najpierw samego siebie*. Według niego, *świat żyje i myśli*. Nieprawdopodobne! Istotnym elementem tej wizji rozwoju świata było przekonanie, że układy złożone powstają w sposób przypadkowy i mogą istnieć jedynie w wyjątkowo korzystnych warunkach. Oceny takie prowadziły do wniosku, że szanse na spotkanie kosmitów są raczej niewielkie. W takim stanie rzeczy Ziemia jawiła się jako niezwykle rzadki wyjątek w nieprzychylnym w zasadzie Kosmosie. Dlaczego nieprzychylnym? Planety i przestrzeń kosmiczna mają niekorzystny wpływ na znane formy życia. Życie na Ziemi jest więc traktowane jako niezwykle mało prawdopodobny zbieg okoliczności. Obraz materii nie został „odkryty”, gdyż pojawiła się dalsza komplikacja. Twierdzono, że układy złożone mają własną dynamikę i wcale nie muszą czekać, aż łaskawy los da im szansę rozwoju. W tym miejscu pojawia się teoria układów nieliniowych, których uporządkowanie i rozwój nie są konsekwencją niezależnych przypadków, lecz wynikają z samej istoty zachodzących w nich procesów. Powiązane z sobą części selektywne oddziałują z otoczeniem, tworząc określone porządki i mają wyraźne tendencje rozwojowe, tak więc, zdolny do samorealizacji system wcale nie jest biernym przedmiotem zachodzącym w środowisku procesów. Dlaczego? Ponieważ wpływa na nie i jednocześnie dostosowuje się do nich, co zdecydowanie zwiększa jego możliwości. Wkrótce trendem stało się wiązanie ukierunkowanego rozwoju życia z własnościami tworzących go pierwiastków i ich zorganizowanych układów. Organizmy przestały być mało prawdopodobnymi wyjątkami, za to stały się typowymi układami. Dzięki symulacjom komputerowym i zastosowaniu dynamiki nieliniowej okazało się, że wystarczy, aby układ w minimalnym stopniu dopasował się do zmian, które początkowo mogą być przypadkowe, a szybko powstają w nim struktury, których dalsza przypadkowa ewolucja jest już niemalże nieprawdopodobna. W 1994 roku Nilsson i Pelger badając ewolucję oka stwierdzili, że wystarczy, aby całość reagowała na drobne zmiany, a szybko powstanie organ rozwinięty, ważny i użyteczny dla organizmu. Innym przykładem jest skrętność pewnych wielkocząsteczkowych związków organicznych, które w organizmach mają skomplikowaną strukturę przestrzenną. Często są skręcone i wtedy – potencjalnie – możliwe są oba kierunki skrętności: prawy i lewy. W późniejszym czasie zaobserwowano jednak, że w organizmach występują tylko cząsteczki lewoskrętne. Prowadziło to więc do pewnej nierównowagi,

która w gruncie rzeczy nie mogła być dziełem przypadku. Można obrazowo powiedzieć, że przyroda okazała się w tym wypadku „oszczędna”, gdyż po wykonaniu dokładnych obliczeń, okazało się, iż jedna z możliwych skłonności jest odrobinę bardziej korzystna energetycznie – ta znikoma różnica, nieodgrywająca w procesach chemicznych dostrzegalnej roli, wystarczyła do wyeliminowania z przyrody odmiany mniej korzystnej. Dziś w nauce dominuje przekonanie, że ewolucja materii nie jest przypadkowa, a samoorganizacja skomplikowanych struktur znacznie ją przyspiesza i stabilizuje. Jest to istotnie związany z dynamiką materii. Wielu badaczy dostrzega ten ukierunkowany rozwój nie tylko w sferze życia, lecz także pozostałych szczeblach organizacji materii. W tym momencie nie obeszłoby się bez wspomnienia filozofii sławnego antropologa francuskiego Teilharda de Chardin. Stworzył on koncepcję rozwoju całego świata materialnego poczynając od cząstek elementarnych, poprzez atomy, cząsteczki, organizmy komórkowe, po człowieka i społeczeństwo. Uważał, że każdy składnik materii posiada świadomość proporcjonalną do swego stopnia złożoności, a celem Wszechświata jest osiągnięcie najwyższej możliwej świadomości – po czym nastąpi koniec świata przewidywany przez Biblię. Podobnie uważał Władysław Grzeszczyk: *Na początku jest chaos. A po nim – koniec*. Doskonale ilustruje to pogląd, że Wszechświat jest określoną, dynamiczną całością, która rozwija się, dążąc do ostatecznego celu, tworząc po drodze coraz bardziej złożone obiekty materialne. W takim świecie człowiek nie jest przypadkowym produktem sprzyjających warunków, lecz ważnym etapem rozwoju materii. De Chardin równie trafnie spostrzega, że ***dzieje Wszechświata toczą się według programu z góry założonego przez Boga***. Spójrzmy wstecz – według klasycyzmu renesansowego, inspirowanego sztuką i światopoglądem antycznym, świat jest DOSKONAŁYM dziełem sztuki, które cechuje niezwykły ŁAD, PORZĄDEK I HARMONIA. *Deus artifex* natomiast jest twórcą tego dzieła. Czy więc chaos ma miejsce w świecie, czy nie? Determinizm? Chaos deterministyczny? Zapewne... Wracając – koncepcja samoorganizacji i ewolucji nie jest jednak ostatnim krokiem na drodze przechodzenia od świata całkowicie statycznego do świata dynamicznego pod każdym względem. Wciąż pozostają w nim chociażby podstawowe składniki materii i ich własności – jedynie pojawiają się ich coraz bardziej złożone układy. Twórcy dynamiki nieliniowej podkreślają, że same prawa organizacji układów złożonych także są uniwersalne i niezmiennie. Jest to widoczne podczas dróg przejścia od porządku do chaosu. Matematycy poznali trzy takie drogi, a przyroda dostarcza wielu przykładów każdej z nich. Upierałabym się tutaj nawet, że prawa rozwoju układów nieliniowych są nawet bardziej uniwersalne od praw rządzących cząstkami elementarnymi. Zatem, czy w chaosie istnieje porządek? Reasumując wszystkie fakty, które przedstawiłam w tej pracy, możemy stwierdzić, że chaos jest porządkiem, gdyż wszelkie procesy zachodzące w przyrodzie, a tym samym w fizyce, mają jakiś cel, do którego osiągnięcia dążą. Niejednokrotnie jest on

dla nas ukryty. Mimo, że dla wielu mógłby to być (potoczny) chaos to jednak wszystko ma swoje „dlatego”, swoje wytłumaczenie, rozwiązanie, a więc „chaotyczne” nie jest. Możemy sądzić, że jest tak w każdej dziedzinie życia, włączając filozofię. Sprawcą tego idealnego, harmonijnego chaosu wydaje się być BÓG.

Na podstawie:

I. Stewart, *Czy Bóg gra w kości*, Nowa matematyka chaosu, PWN, Warszawa 1996

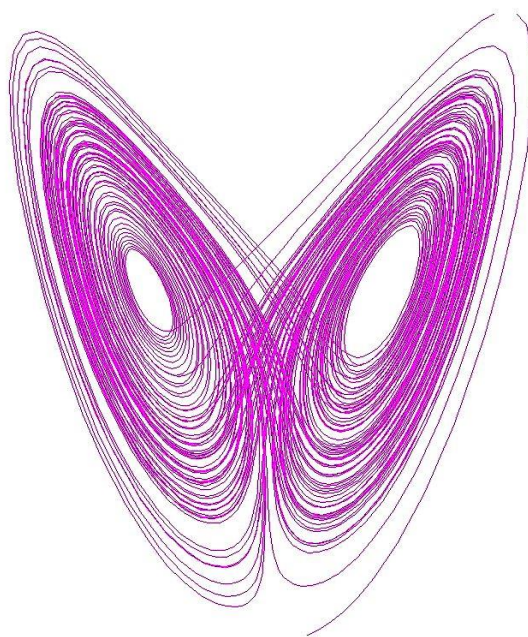
E. Ott, *Chaos w układach dynamicznych*, WNT, Warszawa 1993

M. Tempezyk, *Teoria chaosu a filozofia*, CiS, Warszawa 1998

J. Kozłowski, J. Pietrzak, *Dynamika nieliniowa i chaos na przykładzie układu RLC*,
Postępy Fizyki, tom 45, zeszyt 2, 1995

M. Gutzwiller, *Chaos kwantowy*, Świat Nauki, marzec 1995

A. Fuliński, *O chaosie i przypadku*, Postępy Nauki, 1993



Ikona chaosu deterministycznego