

ANDRZEJ ŁUKASIK

PROBLEM UPŁYWU  
CZASU, DETERMINIZMU I REDUKCJONIZMU  
W FILOZOFII FIZYKI SABINE HOSSENFELDER.  
ANALIZA KRYTYCZNA

WSTĘP

*Existential Physics. A Scientist's Guide to Life's Biggest Questions* wydana przez Copernicus Center Press (2023) pod polskim tytułem *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki* jest drugą pozycją książkową Sabine Hossenfelder, niemieckiej fizyczki cząstek elementarnych oraz popularyzatorce nauki. Jej poprzednia książka *Zagubione w matematyce. Fizyka w pułapce piękna* (tytuł oryginału *Lost in Math. How Beauty Leads Physics Astray*) wydana również przez Copernicus Center Press w 2019 r. wzbudziła duże zainteresowanie w środowisku fizyków i filozofów. Analizowała w niej rolę kryteriów o charakterze estetycznym w pracy fizyków i postawiła tezę, że nasze „subiektywne poczucie estetyki” (2019, 9), w szczególności zaś uznanie piękna, a także elegancji, prostoty i naturalności za „wyznaczniki prawdziwości” teorii, wiedzy – zgodnie z bardziej dosłownym tłumaczeniem podtytułu pracy – fizykę „na manowce”.

W pracy *Czy Wszechświat myśli?*<sup>1</sup> Hossenfelder podejmuje pewne problemy filozoficzne, na które próbuje dać odpowiedź na podstawie „ustalonych teorii naukowych popartych faktami” (13) oczywiście z zastrzeżeniem, że „dalszy

---

Dr hab. ANDRZEJ ŁUKASIK, prof. UMCS – Katedra Ontologii i Epistemologii Instytutu Filozofii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, adres do korespondencji: ul. Marii Curie-Skłodowskiej 4, 20-031 Lublin; e-mail: [andrzej.lukasik@mail.umcs.pl](mailto:andrzej.lukasik@mail.umcs.pl); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9939-9135>.

<sup>1</sup> Polski tytuł książki *Existential Physics* jest tytułem ósmego rozdziału książki Hossenfelder.

rozwój nauki może doprowadzić do zmiany aktualnych teorii” (TAMŻE). Podobnie jak niektórzy inni fizycy, w tym Stephen Hawking<sup>2</sup>, Hossenfelder utrzymuje, że współcześnie na pytania filozoficzne odpowiedzi może udzielić fizyka, a jeżeli odpowiedzi te nie są zgodne z „empirycznie potwierdzoną wiedzą”, to mamy do czynienia po prostu z urojeniami (2023, 15). Fizyka uznawana jest na najbardziej dojrzałą spośród nauk empirycznych, a jej rezultaty za najbardziej wiarygodne, dlatego sugestia, że otrzymujemy odpowiedzi na pytania filozoficzne, odpowiedzi które wynikają wprost z teorii fizyki współczesnej, jednoznacznie sugeruje, że odpowiedzi te cechuje szczególnie wysoki stopień wiarygodności.

Problem w tym, że zaprezentowane poglądy filozoficzne nie znajdują potwierdzenia w fizyce współczesnej albo są w najlepszym razie arbitralnie wybranymi interpretacjami teorii fizycznych.

W *Zagubione w matematyce* Hossenfelder napisała:

Jeśli tysiąc ludzi przeczyta jakąś książkę, to tak, jakby przeczytali oni tysiąc różnych książek. Ale jeśli tysiąc ludzi przeczyta jakieś równanie – to wszyscy przeczytali jedno i to samo równanie (22).

W książce *Czy Wszechświat myśli?* nie ma równań (poza wzorem Einsteina  $E = mc^2$ ), zatem przedstawione poniżej uwagi krytyczne stanowią rezultat jednego z wielu możliwych sposobów jej odczytania. Ograniczę się ponadto jedynie do trzech wybranych zagadnień: realności upływu czasu, determinizmu i redukcjonizmu, które wprawdzie nie wyczerpują zagadnień poruszanych w książce, ale mają charakter fundamentalny dla filozofii fizyki.

#### PROBLEM UPŁYWU CZASU

Szczególne teoria względności (STW) Einsteina zrewolucjonizowała nasze rozumienie czasu i przestrzeni, zastępując absolutny czas i absolutną przestrzeń Newtona czterowymiarową czasoprzestrzenią Minkowskiego, wykazała względność równoczesności zdarzeń, dylatację czasu i kontrakcję przestrzeni, a ogólna teoria względności (OTW), czyli Einsteina teoria grawitacji,

---

<sup>2</sup> „Czy możemy zrozumieć świat, w którym się znaleźliśmy? Jaki jest Wszechświat? Jaka jest natura rzeczywistości? Skąd to się wszystko wzięło? Czy Wszechświat wymaga stwórcy?” – pisze Hawking – „są to pytania z obszaru filozofii, ale dziś filozofia jest martwa, nie nadąża za rozwojem współczesnej nauki, zwłaszcza fizyki. To uczeni niosą obecnie znicz odkrycia w naszych poszukiwaniach wiedzy” (HAWKING I MŁODINOW 2017, 9).

powiązała ponadto metrykę czasoprzestrzeni z rozkładem materii, wykazała lokalną równoważność grawitacji i bezwładności oraz uczyniła z czasoprzestrzeni obiekt o charakterze dynamicznym w odróżnieniu od sztywnej „sceny” o własnościach czysto geometrycznych. Obie teorie sformułowane zostały ponad 100 lat temu (STW w 1905 r., OTW w 1915 r.), a ich przewidywania zostały potwierdzone ponad wszelką rozsądną wątpliwość. Nawet istnienie czarnych dziur i fal grawitacyjnych, co do których sam Einstein odnosił się sceptycznie, zostało potwierdzone empirycznie. Efekty, takie jak dylatacja czasu, muszą być uwzględniane przy projektowaniu GPS i bez obliczenia zmian w tempie upływu czasu zegarów na satelitach, spowodowanych zarówno ich prędkością względem Ziemi, jak i polem grawitacyjnym, system nawigacji satelitarnej nie byłby możliwy do skonstruowania. Nie zmienia to jednak faktu, że *filozoficzne interpretacje* różnych aspektów czasoprzestrzeni STW i OTW bynajmniej nie przestają budzić kontrowersji.

Jednym z takich problemów jest obiektywność upływu czasu i status ontyczny przeszłości, teraźniejszości i przyszłości. Przekonanie, że „czas płynie” (choćby twierdzenie to jest jedynie metaforą), wynika przede wszystkim z naszego codziennego doświadczenia – pamiętamy przeszłość, a nie przyszłość, obserwujemy ukierunkowanie zdarzeń w czasie i starzejemy się, a nie młodniejemy. Sądzymy, że przeszłość już nie istnieje, natomiast przyszłość jeszcze nie istnieje. Fizyka Newtona nie nakładała żadnych obiektywnych ograniczeń na prędkość rozchodzenia się sygnałów i dlatego na jej gruncie można było zdefiniować absolutną równoczesność zdarzeń, niezależnie od układu odniesienia (lub, jak się niekiedy mówi, „niezależnie od obserwatora”), jak również określić podział zdarzeń na przeszłe i przyszłe niezależnie od układu odniesienia, co w pełni odpowiada naszemu zdroworozsądkowemu pogładowi na „upływ czasu”. Newton pisał: „Absolutny, matematyczny i prawdziwy czas sam w sobie i przez jego własną naturę płynie równo w odniesieniu do wszystkiego zewnętrznego, który inaczej zwie się trwaniem” (2011, 190).

Jednak zgodnie z STW tempo upływu czasu zależy od stanu ruchu układu odniesienia – „poruszający się” zegar spóźnia się względem zegara „spoczywającego”. Hossenfelder pisze w związku z tym, że „Einstein uczynił z czasu wielkość subiektywną” (2023, 17), co jednak jest mylące, ponieważ zależność tempa upływu czasu od stanu ruchu układu odniesienia jest efektem fizycznym, obiektywnie mierzalnym, a nie czymś subiektywnym, czyli zależnym od podmiotu poznającego. Czas w STW jest jednym z wymiarów czterowymiarowej czasoprzestrzeni Minkowskiego i, podobnie jak trzy wymiary przestrzenne, ma charakter obiektywny. Subiektywny jest według Einsteina nie po

prostu czas, ale *upływ czasu*, czyli przekonanie, że przeszłe zdarzenia już nie istnieją (przeszłość jest zamknięta, zdeterminowana), a zdarzenia przyszłe jeszcze nie istnieją (przyszłość jest otwarta, niezdeterminowana). Einstein pisał: „Dla nas, wyznawców fizyki, rozróżnienie pomiędzy przeszłością, terażniejszością a przyszłością jest niczym innym, jak uparcie podtrzymywaną iluzją”<sup>3</sup>.

W filozofii wciąż żywy jest spór między stanowiskiem *eternalistycznym*, odrzucającym obiektywność upływu czasu, a *prezentystycznym*, przyjmującym obiektywność upływu czasu, i zwolennicy „obiektywnego upływu czasu [...] w żadnym razie się nie poddali” (WALLACE 2022, 72)<sup>4</sup>. Sam Einstein był zwolennikiem eternalizmu, a jego interpretację czasoprzestrzeni szczególnej teorii względności określa się często mianem *Block Universe* (Wszechświata blokowego), zgodnie z którą nie ma ontycznej różnicy między sposobem istnienia przeszłości i przyszłości: „według Einsteina przyszłość i przeszłość są tak samo rzeczywiste jak terażniejszość” (HOSSENFELDER 2023, 17). Twierdzenie to ma jednak charakter *metafizyczny* i jest jedną z możliwych interpretacji czasoprzestrzeni STW, a zwolennicy tezy o obiektywności upływu czasu również mają argumenty, które bynajmniej nie są sprzeczne z STW.

Fakt, że Einstein, twórca teorii względności, był zwolennikiem eternalizmu, nie przesądza jeszcze sporu na rzecz tezy o nierealności upływu czasu. W historii nauki niejednokrotnie zdarzało się, że filozoficzne przekonania uczonych niezupełnie zgadzały się z fizyczną treścią sformułowanych przez nich teorii (WOLEŃSKI 1981, 7-16; HELLER, ŻYCIŃSKI 1987, 7-16). Na przykład Newton był przekonany o istnieniu absolutnej przestrzeni, chociaż struktura mechaniki klasycznej nie wymaga tego założenia (por. HELLER 2004, 93)<sup>5</sup>, a James Clerk Maxwell wierzył w istnienie światłonośnego eteru, który wyeliminowany został z fizycznego obrazu świata przez teorię względności Einsteina.

Zależność podziału zdarzeń na przeszłe i przyszłe od układu odniesienia stanowi oczywiście poważny problem dla zwolenników tezy o obiektywności upływu czasu. „Zwolennik obiektywności upływu czasu akceptujący STW

---

<sup>3</sup> A. Einstein, list kondolencyjny do rodziny przyjaciela Michela Besso z dn. 21 marca 1955, Archiwum Einsteina 7-215, w: CALAPRICE, 1997, 85.

<sup>4</sup> Do obiektywistycznych koncepcji upływu czasu zaliczyć można upływ czasu pojmowany jako: 1) aktualizacja potencji; 2) ruch *Teraz*; 3) zmiana jakościowa; 4) absolutne stawanie się Broada; 5) dynamiczne istnienie rzeczy. Szczegółową analizę zawiera praca: GOŁOSZ 2011, s. 13-23.

<sup>5</sup> David Wallace pisze jednak, że „musimy wprowadzić przestrzeń absolutną, aby uzyskać «układ spoczynkowy», względem którego można określić ruchy używane w prawach Newtona (a w każdym razie potrzebujemy samego układu spoczynkowego, a nie da się go zastąpić żadnym układem określonym przez któreś z ciał materialnych” (2022, 39).

musi wyjaśnić, jak należy rozumieć terażniejszość w ramach tej teorii oraz czym jest upływ czasu” (GOŁOSZ 2011b, 109). Zdaniem Hossenfelder problem jest jednoznacznie rozstrzygnięty:

Z odkrytych do tej pory praw przyrody wynika, że przyszłość, terażniejszość i przeszłość istnieją w taki sam sposób. Bierze się to stąd, że bez względu na to, co dokładnie rozumiemy przez słowo *istnieć*, w odkrytych prawach nie ma niczego, co wyróżniałoby jedną określoną chwilę. Zatem przeszłość istnieje w taki sam sposób jak terażniejszość (2023, 43).

Fizycy często zarzucają filozofom, że przywiązują zbyt wielką wagę do definicji, do analiz pojęciowych, a przez to sprowadzają problemy wyłącznie do kwestii językowych. Należy jednak zauważyć, że fizycy piszący teksty filozoficzne wykazują się niekiedy pewną nonszalancją, jeśli chodzi o terminologię filozoficzną. Zwróćmy uwagę na sformułowanie Hossenfelder „bez względu na to, co dokładnie rozumiemy przez słowo *istnieć*”. Otóż zauważyć należy, że

bycie „realnym” i „epistemologicznie dostępnym” to są jednak całkiem *różne* rzeczy. Mogę, na przykład, nie wiedzieć, co w tej chwili robi autor analizowanego argumentu, albo też, co się aktualnie dzieje wewnątrz jądra Ziemi, lub w układzie Proxima Centauri, ale przecież nie będę z tego powodu utrzymywał, że któraś z tych rzeczy jest nierealna (GOŁOSZ 2011b, 108).

Wydaje się, że każdy rozumie zdanie „*teraz* na Proxima Centauri nastąpiło zdarzenie *X*” i każdy, kto zna podstawy teorii względności, rozumie, że informacja o tym jest dla mnie, oddalonego od tego układu o 4 lata świetlne, epistemologicznie niedostępna. Oczywiście, jak zauważa Richard Feynman, „Alfa Centauri «obecnie» jest jedynie tworem naszego umysłu, a nie czymś, co można w sensie fizycznym zdefiniować. Co więcej, owo «obecnie» zależy od układu współrzędnych” (1999, 140).

Zwolennicy tezy o obiektywności upływu czasu, a więc tezy o realności terażniejszości i nierealności przeszłości i przyszłości, przedstawili różne propozycje relatywistycznego odpowiednika terażniejszości. Zgodność z STW wymaga jednak „radikalnej zmiany naszych wyobrażeń dotyczących tego, czym jest terażniejszość i czym jest upływ czasu” (GOŁOSZ 2011b, 108). Jedną z takich propozycji, rozwijaną m.in. przez Jerzego Gołosza, jest „dynamiczna koncepcja istnienia”. Podstawą tej propozycji jest rezygnacja z pojęcia

„teraz” jako pierwotnego i odejście od pojmowania „istnienia” jako następujących po sobie warstw „teraz” oraz przyjęcie „Istnienia” (absolutnego stawania się) za termin pierwotny (GOŁOSZ 2011b, 108). Zgodnie z tą interpretacją „wchodzenie w istnienie” czy też „absolutne stawanie się” (GOŁOSZ 2011b, 110) przysługuje rzeczom jako fundamentalny dla nich sposób istnienia, a „teraźniejszość” określa się wtórnie jako to, co istniejące.

Otrzymujemy w ten sposób metafizyczną teorię *lokalnego* upływu czasu, w której upływ czasu polega na dynamicznym istnieniu (tensowym i nierelacyjnym) lub stawaniu się rzeczy. Fundamentalnym faktem jest tutaj lokalność upływu czasu, jest to po prostu sposób *dynamicznego istnienia* poszczególnych obiektów, których historia tworzy ich linie świata. Upływ czasu nie jest związany z żadną konkretną hiperpowierzchnią stałego czasu (GOŁOSZ 2011b, 110).

Gołosz argumentuje, że taki prezentystyczny obraz świata, stanowiący alternatywę dla eternalizmu, jest w zupełności do pogodzenia z STW:

świat składa się z istniejących dynamicznie (istniejących lokalnie) obiektów, których historie odmierzane czasem własnym tworzą – dobrze znane z teorii względności – linie świata. Ich sposobem istnienia jest endurowanie, czyli każdy z nich istnieje w całości w każdej chwili czasu. [...] [T]eraźniejszość jest zrelatywizowana do układu odniesienia. *W ten sposób przyjmuje się za współlistniejące (lub współstające się) zdarzenia i obiekty równoczesne w danym układzie odniesienia a za teraźniejszość hiperpowierzchnię zdarzeń równoczesnych dla obserwatora (lub obiektu) związanego z tym układem, czyli hiperpowierzchnie ortogonalne do linii świata obserwatora (lub danego obiektu)* (2011b, 117).

Należy zauważyć, że STW dopuszcza różne metafizyczne interpretacje i nie jest tak, jak pisze Hossenfelder, że uznanie realności przeszłości i przyszłości, czyli koncepcji *Block Universe*, jest logiczną konsekwencją teorii Einsteina. Oczywiście, rozważając filozoficzne problemy czasu i przestrzeni musimy wziąć pod uwagę to, co mówią nam współczesne teorie fizyczne, jednak fizyka (ani żadna z nauk szczegółowych) nie jest w stanie rozstrzygnąć sporów filozoficznych. Jest tak m.in. dlatego, że w sporach filozoficznych istotne znaczenie ma to, jakie pojęcia uznamy za pierwotne. Jeżeli za takie uznamy równoczesność zdarzeń, to z powodu względności równoczesności nie można zgodnie z STW zdefiniować absolutnej (niezrelatywizowanej do układu odniesienia) teraźniejszości, co uznaje się często za argument przeciw

prezentyzmowi (GRYGIANIEC 2011, 223). Jeżeli natomiast za pierwotne uznamy, jak czynią to zwolennicy obiektywności upływu czasu, pojęcie *istnienia*, a nie pojęcie *teraźniejszości*, to konstruowanie hiperpowierzchni równoczesności i określenie (lokalnej) *teraźniejszości* jest już czymś wtórnym i taka metafizyka nie jest niezgodna z STW.

Drugi, i jak się wydaje, znacznie poważniejszy zarzut dotyczący tezy o nie-realności upływu czasu związany jest z tym, że eternalizm traktuje upływ czasu jako złudzenie świadomości, ale nie jest w stanie wyjaśnić, jako owo złudzenie powstaje. Jeżeli przeszłość, *teraźniejszość* i przyszłość są równie realne, a upływ czasu jest jedynie iluzją świadomości, to zwolennicy eternalizmu stoją przed trudnością związaną z faktem, że wszelkie procesy świadomościowe przebiegają w czasie i „jeżeli mamy stwarzać iluzję upływu czasu, to musimy to robić w czasie” (GOŁOSZ 2011a, 33). Jeżeli nasza świadomość wytwarza jedynie iluzję upływu czasu, to należy wyjaśnić, jak powstaje subiektywne przekonanie o realności upływu czasu, a STW nic nie mówi na ten temat. Eternalizm zakłada „radikalny dualizm aczasowego świata i czasowej świadomości” (CZERNIAWSKI 2009, 222), ale nie oferuje żadnej teorii, w jaki sposób konstytuuje się czasowość świadomości w beczasowym świecie. Świadomość jest w analizowanej pracy rozumiana w sposób naturalistyczny, co oznacza, że doświadczenie (iluzja?) upływu czasu musi mieć ostatecznie podłoże w procesach fizycznych zachodzących w mózgu, ale mózg jest częścią świata fizycznego i jeśli świat ten jest aczasowy, to jest zupełnie niezrozumiałe, jak świadomość może wykazywać charakter czasowy.

#### PROBLEM DETERMINIZMU

Przez determinizm Hossenfelder rozumie pogląd głoszący, że „wszystkie przyszłe zdarzenia możemy wyznaczyć, przynajmniej teoretycznie, z dowolnej chwili wcześniejszej” (2023, 31). Mamy zatem do czynienia ze ścisłym powiązaniem determinizmu ontologicznego z przewidywalnością zjawisk, co jednak okazuje się stanowiskiem nie do utrzymania. Przywołany jest oczywiście demon Laplace’a, który jest eksperymentem myślowym ilustrującym tezę klasycznego mechanistycznego determinizmu: istota dysponująca intelektem znacznie potężniejszym niż ludzki, która znałaby prawa przyrody, działające siły i warunki początkowe, mogłaby z dowolną dokładnością prze-

widzieć przyszłość Wszechświata i odtworzyć jego przeszłość w najdrobniejszych szczegółach (LAPLACE 1814, 3-4). Wielokrotnie powtarzane jest twierdzenie:

Prawa przyrody, którymi się obecnie posługujemy, są w większości przypadków deterministyczne i zawierają jedynie pewien losowy element wynikający z mechaniki kwantowej. Oznacza to, że przyszłość jest z góry ustalona z wyjątkiem zachodzących od czasu do czasu kwantowych zdarzeń, na które nie mamy wpływu (HOSSENFELDER 2023, 169).

Determinizm był istotnym aspektem klasycznego obrazu świata, którego fundamentem była fizyka Newtona. Liniowe równania różniczkowe modelujące dynamikę układów klasycznych są istotnie deterministyczne w tym sensie, że jeżeli dany jest stan układu w pewnej chwili, to możemy obliczyć stan układu w dowolnej chwili późniejszej, jednak w praktyce tak się dzieje jedynie w wyidealizowanych przypadkach i tylko dla bardzo prostych układów. Równania Newtona nie mają analitycznych rozwiązań już dla trzech zderzających się kul lub trzech ciał oddziałujących grawitacyjnie. Możliwe są jedynie rozwiązania przybliżone (Stewart 1995, 48).

Radykalny kres determinizmu mechanistycznego przyniosła mechanika kwantowa (QM), która jest powszechnie uznawana za jedną z dwóch, obok ogólnej teorii względności Einsteina, fundamentalnych teorii fizyki współczesnej. Równanie Schrödingera w QM jest wprawdzie deterministyczne, ponieważ jest to liniowe równanie różniczkowe opisujące ewolucję w czasie funkcji falowej i znając matematyczną postać funkcji falowej w pewnym czasie możemy obliczyć jej postać w dowolnej chwili późniejszej, to jednak zgodnie ze standardową interpretacją fizycznego znaczenia funkcji falowej sformułowaną przez Maxa Borna, możemy obliczyć jedynie prawdopodobieństwo wyniku pomiaru. Proces pomiaru jest ponadto nieodwracalny w czasie. Proces ten traktowany jest przez Hossenfelder jako jeden z dwóch (oprócz promieniowania Hawkinga dotyczącego czarnych dziur) wyjątków od powszechnego determinizmu i odwracalności w fizyce (HOSSENFELDER 2023, 33-39). Problem jednak polega na tym, że jeżeli QM jest teorią fundamentalną, a fizyka klasyczna jest teorią przybliżoną, to również indeterminizm należy uznać za fundamentalną własność natury, a klasyczny determinizm jedynie za przybliżenie. Taki pogląd znajdujemy nawet w podręcznikach mechaniki kwantowej:

W rzeczywistości cała fizyka jest fizyką kwantową – prawa fizyki kwantowej są najogólniejszymi znanymi nam prawami przyrody. [...] fizyka klasyczna dotyczy



tych aspektów przyrody, które nie wiążą się bezpośrednio z zagadnieniem podstawowych składników przyrody (WICHMANN 1975, 17).

Jeżeli tak jest, to trudno zgodzić się z twierdzeniem, że zjawiska kwantowe zachodzą „od czasu do czasu” (HOSSENFELDER 2023, 173). Wprost przeciwnie, na poziomie fundamentalnym nieustannie zachodzą zjawiska kwantowe, a rzeczywistym problemem jest to, co Roger Penrose nazywa „wyłonieniem się świata klasycznego” (1997, 62-63), co oczywiście wiąże się z problemem pomiaru w QM i zagadnieniem redukcji funkcji falowej, a różne rozstrzygnięcia tego problemu prowadzą do różnych interpretacji QM.

Ponadto w teoriach fizyki współczesnej obecne są zarówno prawa jednoznaczne, jak i statystyczne, a wśród tych ostatnich wyróżnia się prawa statystyczne w węższym sensie i prawa statystyczne w szerszym sensie (KRAJEWSKI 1998, 152-161). Prawa jednoznaczne, zwane również deterministycznymi, ustalają zależność między pewnymi parametrami układu fizycznego, które spełnione są w każdym pojedynczym wypadku, natomiast prawa statystyczne, zwane również probabilistycznymi, „ustalają tylko prawdopodobieństwo zjawiska, określają więc przebieg zjawisk w skali masowej, ale nie w każdym poszczególnym wypadku” (KRAJEWSKI 1998, 153). Jako przykład prawa jednoznacznego można podać drugą zasadę dynamiki Newtona: przyspieszenie jest wprost proporcjonalne do działającej siły a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała ( $a = F/m$ ). Zależność ta jest spełniona w każdym pojedynczym przypadku i nie dopuszcza wyjątków. Prawa statystyczne w węższym sensie mówią *explicitie* o prawdopodobieństwie zdarzeń – przykładami mogą być rozkład Maxwella prawdopodobieństwa prędkości molekuł w gazie doskonałym czy też prawo rozpadu promieniotwórczego. Dodać warto, że w przypadku rozpadu promieniotwórczego powszechnie przyjmuje się, że nie istnieją żadne (nawet „ukryte”) przyczyny, które determinowałyby, że dany atom rozpadnie się w określonej chwili czasu. Zjawisko rozpadu promieniotwórczego jest przykładem zjawiska czysto losowego, czyli przypadkowego (KRAJEWSKI 1998, 177). Prawa statystyczne w szerszym sensie są to prawa, które spełnione są jedynie z pewnym prawdopodobieństwem. Na przykład druga zasada termodynamiki, czyli prawo wzrostu entropii, jest tym lepiej spełnione, im większą liczbę molekuł gazu rozważamy.

Ścisłe połączenie determinizmu ontologicznego z epistemologicznym, czyli z przewidywalnością zjawisk, całkowicie załamuje się również w odniesieniu do układów nieliniowych, których dynamika opisywana jest przez nieliniowe równania różniczkowe. W układach takich, opisywanych przez teorię chaosu

deterministycznego, nawet najmniejszy błąd w określeniu warunków początkowych szybko prowadzi do bardzo dużych różnic w przyszłym zachowaniu układów, a zatem do nieprzewidywalności, czego najlepiej znanym przykładem są zjawiska pogodowe. Układy takie wykazują wrażliwość na warunki początkowe (efekt motyla) i ich zachowanie jest nieprzewidywalne pomimo deterministycznego charakteru opisujących je równań.

Teoria chaosu ma również drugi aspekt niezgodny z determinizmem. Jest on związany z istnieniem atraktorów, czyli obszarów przestrzeni fazowej, do których dążą trajektorie układów niezależnie od warunków początkowych. Porządek generowany przez atraktory ma charakter globalny i w znacznym stopniu niezależny od lokalnych oddziaływań między składnikami układu. Dla pewnych obszarów przestrzeni fazowej rozwiązania równań nie są jednoznacznie określone przez warunki początkowe, a co więcej – rozwiązania równań przyjmują podobną postać całkowicie niezależnie od warunków początkowych (TEMPCZYK 1998, 242).

#### PROBLEM REDUKCJONIZMU

Hossenfelder deklaruje stanowisko redukcjonizmu, przez co rozumie pogląd głoszący, że „całość *jest* sumą części – niczym więcej i niczym mniej [...] i jeśli wiemy, jak zachowują się te mniejsze kawałki, to możemy przewidzieć, co zrobią zbudowane z nich większe obiekty” (2023, 117). Pogląd ten traktowany jest jako niebudzący najmniejszych wątpliwości, a w książce znajdujemy zapewnienie, że nie istnieją żadne przykłady przeczące redukcjonizmowi, a wszyscy, którzy twierdzą przeciwnie, są w błędzie (HOSENFIELDER 2023, 124). Okazuje się jednak, że argumentów przeciwko uniwersalności redukcjonizmu można znaleźć wiele – zarówno w filozofii nauki, jak i w samej fizyce.

W filozofii wyróżnia się *redukcjonizm metodologiczny* oraz *redukcjonizm ontologiczny*. Pierwszy jest regułą metody naukowej, drugi natomiast stanowiskiem z dziedziny ontologii. Redukcjonizm metodologiczny polega na sprowadzeniu twierdzeń jednej teorii do twierdzeń innej teorii, obejmującej bardziej podstawowy poziom organizacji materii tak, że „twierdzenia redukowane stają się logicznymi konsekwencjami twierdzeń, do których się je redukuje” (KRAJEWSKI 1996, 172-173). Znanym przykładem z historii nauki może być redukcja praw termodynamiki fenomenologicznej do fizyki statystycznej, będąca dziełem Jamesa Clerka Maxwella i Ludwiga Boltzmann, która miała

fundamentalne znaczenie w fizyce XIX wieku dla upowszechnienia atomistycznej teorii budowy materii. Wielu filozofów nauki jest przekonanych o możliwości redukcji praw psychologii do praw biologii, praw biologii do praw chemii, a tych ostatecznie do praw fizyki. Mielibyśmy wówczas do czynienia z redukcją praw nauki obejmującej węższy i bardziej złożony poziom strukturalny organizacji materii do praw nauki obejmującej poziom szerszy i prostszy. Ostatecznie wszystko sprowadzałoby się do praw fizyki fundamentalnej.

Pogląd ten nie jest jednak powszechnie przyjmowany w filozofii nauki. Nawet najmniej kontrowersyjna, jak się wydaje, teza o możliwości redukcji chemii do fizyki jest kwestionowana przez wielu filozofów chemii. Na przykład Paweł Zeidler broni autonomii chemii jako nauki laboratoryjnej:

Nie ulega wątpliwości, że elementy (w sensie mereologicznym) układów chemicznych (atomy, elektrony, jądra atomowe, protony, neutrony) są opisywane przez fizykę, lecz w układach chemicznych – przede wszystkim cząsteczkach – wykazują nowe właściwości i powinny być analizowane z chemicznego punktu widzenia. Takie pojęcia, jak: aromatyczność, kwasowość, zasadowość, grupa funkcyjna, efekt podstawnika, nie mogą zostać zmatematyzowane ani jednoznacznie zdefiniowane [...]. Ich sens jest konstytuowany przede wszystkim przez laboratoryjną praktykę badawczą chemii, a tego aspektu tworzenia się znaczeń terminów stosowanych w chemii nie sposób uwzględnić w trakcie rozważań prowadzonych nad zagadnieniem redukcji chemii do fizyki. Jedno z centralnych pojęć chemii – pojęcie wiązania – posiada różne eksplikacje w języku mechaniki kwantowej, lecz jego sens może być oddany jedynie na poziomie chemicznym, gdyż jest ono stosowane do opisu i wyjaśniania właściwości specyficznie chemicznych, przede wszystkim reaktywności, która jest ujawniana w trakcie badań laboratoryjnych (ZEIDLER 2011, 23).

Filozofia nauki XX wieku – od Koła Wiedeńskiego, przez Karla R. Poppera po Thomasa Kuhna i Paula Feyerabenda – zdominowana była przez podejście, które koncentrowało się na analizie teorii naukowych, marginalizując analizę eksperymentu i sprowadzając jego rolę wyłącznie do testowania teorii. Ian Hacking książką *Representing and Intervening* zapoczątkował nurt zwany „nowym eksperymentalizmem”, który kładzie nacisk na autonomię eksperymentu i laboratoryjnej praktyki badawczej, będącej „w pewnym stopniu samodzielny źródłem wiedzy o świecie, odgrywającym zasadniczą rolę w jego przekształcaniu” (SOBCZYŃSKA, ZEIDLER 1984, 5). W ramach tego nurtu che-

mia jest definiowana jako „makroskopowa nauka o substancjach i ich przemianach” (ZEIDLER 2011, 30), w której mikroskopowe teorie budowy cząsteczek i związków chemicznych mają wprawdzie znaczenie dla zrozumienia i projektowania reakcji chemicznych, ale podporządkowane są praktycznej działalności chemików. Jak zauważa Zeidler, taka wizja chemii ma wyraźnie antyredukcyjny charakter i podkreśla specyfikę metodologiczną chemii jako nauki laboratoryjnej (TAMŻE).

Podobne argumenty antyredukcyjne możemy znaleźć w filozofii nauki Nancy Cartwright, która zauważa, że nawet w przypadku chemii kwantowej redukcja chemii do fizyki (kwantowej) jest wysoce problematyczna.

Aby doszło do takiej redukcji, powinniśmy być w stanie wyprowadzić właściwości atomów i cząsteczek z opisującego je równania Schrödingera. Jednak, jak zauważa wielu filozofów chemii, rzadko zdarza się, aby ten surowy wymóg klasycznej redukcji był spełniony (CARTWRIGHT 2022,104).

Analityczne rozwiązania równania Schrödingera są możliwe jedynie dla wodoru i innych układów jednoelektronowych, a w większości przypadków musimy korzystać z przybliżeń, modeli i metod należących do chemii klasycznej, niewiele mających wspólnego z mechaniką kwantową. Na przykład przybliżenie Borna- Oppenheimera polega na faktoryzacji funkcji falowej na część jądrową i część elektronową, przy czym przyjmuje się, że jądro atomowe jest w istocie klasyczną cząstką, co jest niezgodne z zasadą nieoznaczoności Heisenberga, jedną z fundamentalnych zasad mechaniki kwantowej. Jeżeli, przynajmniej na obecnym etapie rozwoju nauki, nawet pojęć i teorii chemii nie da się efektywnie zredukować do pojęć i teorii fizyki, to tym bardziej pojęcia i teorie biologii, psychologii czy socjologii nie poddają się takiej redukcji.

Hossenfelder przyjmuje dość szeroko rozpowszechniony pogląd na naukę, ukształtowany jeszcze w ramach filozofii mechanicyzmu, zgodnie z którym różne nauki tworzą swego rodzaju „piramidę”, której podstawą jest fizyka, a wszystkie inne nauki zbudowane są z tych samych podstawowych „cegielek”, co fizyka (CARTWRIGHT 2022, 2). Nie jest to jednak powszechnie przyjęty pogląd. Przykładem radykalnie odmiennej wizji jest filozofia nauki Nancy Cartwright, którą sama nazywa „łaciatym światem” (*dappled world*) (CARTWRIGHT 2005). Zgodnie z tym poglądem nauka przypomina raczej „mozaikę” niż „piramidę”, jeśli pozostać przy metaforycznych porównaniach. Nauka składa się z ogromnej różnorodności dyscyplin, sub-dyscyplin itd.

lużno ze sobą powiązanych, które próbują uchwycić różnorodne aspekty świata. Według Cartwright zwolennicy redukcjonizmu nie mówią o nauce takiej, jaką faktycznie jest, z różnorodnymi metodami, kryteriami prawomocności rezultatów poznawczych i wieloma ograniczeniami, ale raczej o pewnej fantazji na temat nauki. Niewątpliwie grupy społeczne, istoty żywe, komórki, molekuły i atomy składają się z cząstek elementarnych, ale zapewnienie Hossenfelder, że *gdybyśmy* tylko dysponowali odpowiednio potężnym komputerem „to nie ma niczego, co mogłoby nam przeszkodzić w symulacji mózgu, atom po atomie” (HOSSENFELDER 2023, 118) i że układy złożone, takie jak mózg, społeczeństwo czy Wszechświat jako całość „mogą przejawiać jakikolwiek rodzaj zachowania, który nie wynika z zachowania ich części składowych” (TAMŻE, 119), nie bazuje na tym, jakie są faktyczne, a nie domniemane możliwości poznawcze nauki. Cartwright pisze:

Ale co uzasadnia to wielkie twierdzenie „gdyby tylko”, które stoi w sprzeczności z tym, czego niezmiennie doświadczamy? Moim zadaniem jest przyjrzeć się nauce – rozumiem, że oznacza to prawdziwą naukę, taką, jaka faktycznie jest – a nie nauce będącej zlepkiem fantazyjnych spekulacji na temat tego, co by było, gdyby (2022, 81).

Jeżeli chodzi o aspekt ontologiczny, to ważne argumenty przeciwko uniwersalności redukcjonizmu znajdujemy w teorii chaosu deterministycznego. Otóż redukcjonistyczne wyjaśnianie własności i dynamiki całości przez odwołanie się do własności i dynamiki elementów składowych sprawdza się w układach liniowych (modelowanych matematycznie przez liniowe równania różniczkowe) lub gdy stopień nieliniowości jest niewielki, natomiast całkowicie zawodzi w przypadku układów nieliniowych, czyli w układach chaotycznych. Z teorii chaosu deterministycznego wynika, że nawet bardzo proste układy hydrodynamiczne, atmosferyczne czy ekologiczne „nie mogą być w jednoznaczny sposób podzielone na części, których znajomość jest wystarczająca dla zrozumienia całości, ponieważ części te są słabo wyodrębnione z całości, a ich dynamika dostosowuje się do aktualnego stanu otoczenia” (TEMPCZYK 2005, 157). Podsumowując ontologiczne implikacje teorii chaosu Michał Tempczyk pisze:

Nie ma już mowy o redukcji wszystkich rodzajów obiektów, procesów i własności materii do pewnej podstawowej wiedzy o jej najmniejszych, fundamentalnych składnikach, ich własnościach i oddziaływaniach. Uczni coraz lepiej rozumieją dynamikę materii, prawa jej rozwoju i organizacji. Wszechświat jawi się jako

całość rozwijająca się zgodnie z autonomicznymi prawami, niesprowadzalna do swoich składników, a w wielu przypadkach ważniejsza od nich (1998, 251).

Jeżeli istotnie układy liniowe stanowią jedynie wąską klasę układów w przyrodzie, to redukcjonizm również ma ograniczone zastosowanie.

Nawet w samej fizyce cząstek elementarnych, w której specjalizuje się Hossenfelder, znajdujemy sytuacje, w których stwierdzenie „całość *jest* sumą części – niczym więcej i niczym mniej” (HOSSENFELDER 2023, 117), okazuje się wątpliwe. Chodzi mianowicie o kwantowe splątanie, jeden z najbardziej zdumiewających rezultatów QM. Badania stanów splątanych rozpoczęły się od sławnego eksperymentu myślowego zaproponowanego przez Einsteina i współpracowników, zwanego „paradoksem EPR” (EINSTEIN, PODOLSKY, ROSEN 1935, 777-780), w którym argumentował on, że – wbrew interpretacji kopenhaskiej Bohra i Heisenberga – mechanika kwantowa jest teorią niezupełną, chyba że przyjmemy, że stan cząstki *A* zależy od stanu cząstki *B*, przestrzennie od niej oddzielonej, i pomiar dokonywany na cząstce *A* natychmiast i bez żadnego oddziaływania ustala stan cząstki *B*, co Einstein nazwał „upiornym działaniem na odległość”. Obecnie istnienie stanów splątanych jest dobrze potwierdzone empirycznie – Alain Aspect, John F. Clauser i Anton Zeilinger otrzymali w 2022 r. Nagrodę Nobla z fizyki właśnie za eksperymenty ze splątanymi fotonami, ustalenie naruszenia nierówności Bella i pionierską informatykę kwantową. Jeżeli dwie cząstki<sup>6</sup>, każda o spinie  $\frac{1}{2}$  znajdują się w stanie splątanym i całkowity spin układu wynosi 0, wówczas muszą mieć spiny skierowane przeciwnie. Jednak funkcja falowa reprezentująca stan układu dwóch cząstek jest dobrze określona, natomiast stany poszczególnych cząstek są w ogóle nieokreślone, a nie tylko nieznanne, aż do chwili pomiaru spinu jednej z nich (co jednocześnie ustala spin drugiej cząstki). Jeżeli w stanach splątanych stan całości układu nie jest określony przez stany elementów składowych, to taki stan rzeczy jest niezgodny z redukcjonizmem (ontologicznym) (MAULDIN 1998, 46-60).

Stwierdzenie, że zachowanie obiektu złożonego wynika z zachowania jego części składowych (i oczywiście oddziaływań między nimi) zakłada, że w ogóle istnieją takie dobrze wyodrębnione i trwałe części. Taki pogląd powszechnie przyjmowano w ramach mechanistycznego obrazu świata, jednak model standardowy fizyki cząstek elementarnych i kwantowa teoria pola prowadzą do całkowicie odmiennego poglądu na elementarne składniki materii.

---

<sup>6</sup> Wersja EPR podana przez Davida Bohma.

Zgodnie z nim „cząstki elementarne są bytami względnymi, zależnymi od otoczenia, wyłaniającymi się z otaczającej je przestrzeni [...], w świecie cząstek elementarnych nie ma dobrze określonych, trwałych składników” (TEMPCZYK 1998, 308-309). Większość cząstek elementarnych jest nietrwała i „rozpada się”, a właściwie nieustannie przekształca się w inne cząstki. Nawet cząstki trwałe, takie jak elektrony czy protony w rezultacie zdarzenia ze swoją antycząstką ulegają anihilacji i przestają istnieć. W procesach kreacji par cząstka-antycząstka cząstki elementarne nieustannie powstają z kwantowej próżni. Zgodnie z kwantową teorią pola każda cząstka elementarna otoczona jest chmurą cząstek wirtualnych i nie istnieje bez swojego wirtualnego otoczenia, nie jest zatem dobrze wyodrębniona w przestrzeni.

Na zakończenie jeszcze jeden argument przeciwko uniwersalności redukcjonizmu związany z sytuacją poznawczą w mechanice kwantowej. Poznanie świata fizycznego zawsze jest związane z materialnym oddziaływaniem na badany przedmiot. W fizyce klasycznej przyjmowano, że oddziaływanie to może być dowolnie małe i nie ma istotnego epistemologicznego znaczenia, to znaczy, że mierząc własność jakiegoś obiektu (np. pęd lub położenie cząstki) nie zaburzymy jego stanu i rezultatem pomiaru jest obiektywna własność tego obiektu, to znaczy własność, jaką miał on przed pomiarem i całkowicie niezależnie od niego. Otóż sytuacja poznawcza w mechanice kwantowej jest całkowicie odmienna. Jak podkreślał Niels Bohr, w procesie pomiaru kwantowego mamy do czynienia z niekontrolowanym zaburzeniem badanego obiektu, którego z przyczyn zasadniczych, tzn. z powodu istnienia elementarnego kwantu działania Plancka, nie możemy uczynić dowolnie małym. W procesie pomiaru badany obiekt i przyrząd pomiarowy tworzą niepodzielną całość i nie można przypisać wartości parametrów fizycznych badanemu przedmiotowi niezależnie od przyrządu pomiarowego (BOHR 1963, 44). Rezultat pomiaru nie zawiera informacji o obiektywnym, czyli niezależnym od sytuacji poznawczej stanie mikroobektu, ale o całości, do której należy również przyrząd pomiarowy. Tę formę holizmu Bohr nazywał niepodzielnością, całościowością lub indywidualnością (*wholeness*) zjawisk kwantowych: „w procesach atomowych – pisał Bohr – występują pewne cechy całościowe, mające swe źródło w istnieniu kwantu działania” (tamże, 9). Co więcej, w zależności od przeprowadzonego eksperymentu mikroobiekty wykazują komplementarne (np. korpuskularne albo falowe) własności, których nie możemy zobiektywizować, czyli scalić w model samoistnego przedmiotu fizycznego.

Poważnym problem dla redukcjonisty jest to, że jeżeli twierdzi on, że własności układu złożonego wynikają z własności elementów składowych, to

zgodnie z mechaniką kwantową nie można przypisać żadnych wartości obserwabli elementarnym składnikom materii całkowicie niezależnie od przyrządów pomiarowych, a ponadto w zależności od użytych przyrządów otrzymujemy komplementarne, a więc wykluczające się (choć uzupełniające do całości) własności mikroobiektów.

### WNIOSKI

W artykule dokonano krytycznej analizy rozwiązań trzech istotnych problemów filozofii fizyki: realności upływu czasu, determinizmu i redukcjonizmu zaproponowanych przez Sabine Hossenfelder. Wnioski z przeprowadzonych analiz są następujące:

1. Koncepcja świata bezczasowego (eternalizm) jest tylko jedną z możliwych interpretacji czasoprzestrzeni STW, nie lepiej uzasadnioną niż interpretacja przeciwna; zwolennicy prezentyzmu mają przekonujące argumenty na rzecz realności upływu czasu, całkowicie zgodne z STW a zarazem bliższe naszemu bezpośredniemu doświadczeniu „upływu czasu”, czego w filozofii nie powinno się ignorować. Ponadto uznanie upływu czasu za iluzję świadomości przy naturalistycznym podejściu do świadomości nie wyjaśnia, w jaki sposób powstaje taka iluzja w umyśle, który jest częścią świata fizycznego, jeśli świat fizyczny miałby być aczasowy.

2. Determinizm rozumiany jako możliwość jednoznacznego przewidywania (przynajmniej „w zasadzie”) przyszłych stanów układu nie jest do pogodzenia z QM, fundamentalną teorią fizyki współczesnej, która jest teorią probabilistyczną, ponieważ jej formalizm matematyczny pozwala na przewidywanie jedynie prawdopodobieństw rezultatów pomiarów. Przewidywalność ewolucji układów jest także w istotny sposób ograniczona w układach chaotycznych, opisywanych przez teorię chaosu, ponieważ pomimo deterministycznego charakteru równań wrażliwość układów nieliniowych na warunki początkowe prowadzi do tego, że bardzo małe różnice w określeniu warunków początkowych prowadzą do bardzo dużych różnic w zachowaniu układu.

3. Podejście redukcjonistyczne jest w istotny sposób ograniczone w układach nieliniowych opisywanych przez teorię chaosu deterministycznego, w której całość okazuje się ważniejsza niż elementy składowe, a dynamika całości nie daje się sprowadzić do dynamiki składników układu. Ponadto nawet w samej QM proces pomiaru nie pozwala na ustalenie niezależnych od



aparatury pomiarowej własności mikroobiektów, a kwantowe splątanie zdecydowanie przeczy tezie, że „całość jest sumą części”, ponieważ stan układu złożonego jest dobrze określony, a stany elementów składowych są w ogóle nieokreślone.

Wizja świata przedstawiona na kartach *Czy Wszechświat myśli?* miała być oparta na solidnych fundamentach najnowszych teorii fizyki. Tymczasem krytyczna analiza pokazuje, że jest ona adekwatna raczej do fizyki XIX niż XXI wieku. W szczególności deterministyczna i redukcjonistyczna wizja świata osadzona jest w paradygmacie fizyki klasycznej i filozofii mechanicyzmu, który z perspektywy fizyki najnowszej jest całkowicie anachroniczny.

## REFERENCJE

- BOHR, Niels. 1963. *Fizyka atomowa a wiedza ludzka*. Tłum. Waclaw Staszewski, Stanisław Szpikowski, Armin Teske. Warszawa: PWN.
- CALAPRICE, Alice. 1997. *Einstein w cytatach*. Tłum. Marek Krośniak. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- CARTWRIGHT, Nancy. 2022. *A Philosopher Looks at Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CARTWRIGHT, Nancy. 2005. *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CZERNIAWSKI, Jan. 2009. *Ruch, przestrzeń, czas. Protofizyczne i metafizyczne aspekty podstaw fizyki relatywistycznej*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- EINSTEIN, Albert, Boris PODOLSKY i Nathan ROSEN. 1935. „Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?”. *Physical Review* 47: 777-780. Tłum. polskie: 1999. „Czy opis kwantowomechaniczny rzeczywistości fizycznej można uznać za zupełny?”. W: Stanisław BUTRYN, red. *Albert Einstein. Pisma filozoficzne*, Tłum. Kazimierz Napiórkowski, 117-123. Warszawa: Wydawnictwo IFiS PAN.
- FEYNMAN, Richard P. 1999. *Sześć trudniejszych kawalków*. Tłum. Piotr Amsterdamski et al. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- GOŁOZ, Jerzy. 2011. *Upływ czasu i ontologia*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- GOŁOZ, Jerzy. 2011. „Upływ czasu i teoria względności”. *Filozofia Nauki* 73, nr 1: 95-131.
- GRYGIANIEC, Mariusz. 2011. „Trwanie w czasie”. W: *Przewodnik po metafizyce*, red. Sebastian T. KOŁODZIEJCZYK, 211-276. Kraków: Wydawnictwo WAM.
- HACKING, Ian. 1983. *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge–London–New York–New Rochelle–Melbeurn–Sydney: Cambridge University Press.
- HAWKING, Stephen i Leonard Mlodinow. 2017. *Wielki projekt*. Tłum. Jarosław Włodarczyk. Warszawa: Wydawnictwo Albatros.
- HELLER, Michał. 2004. *Filozofia przyrody. Zarys historyczny*. Kraków: Wydawnictwo Znak.

- HELLER, Michał i Józef ŻYCIŃSKI. 1987. „Epistemologiczne aspekty związków filozofii z nauką”. W: Michał HELLER, Alicja MICHALIK, Józef ŻYCIŃSKI, red. *Filozofować w kontekście nauki*, 7-16. Kraków: Polskie Towarzystwo Teologiczne.
- HOSSENFELDER, Sabine. 2023. *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*. Tłum. Bogumił Bieniok, Ewa L. Łokas. Kraków: Copernicus Center Press.
- HOSSENFELDER, Sabine. 2019. *Zagubione w matematyce. Fizyka w pułapce piękna*. Kraków: Copernicus Center Press.
- KRAJEWSKI, Władysław, red. 1996. *Słownik pojęć filozoficznych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR.
- KRAJEWSKI, Władysław. 1998. *Prawa nauki. Przegląd zagadnień metodologicznych i filozoficznych*. Warszawa: Książka i Wiedza.
- LAPLACE, Pierre-Simon de. 1814. *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris: V Courcier.
- MAULDIN, Tim. 1998. „Part and Whole in Quantum Mechanics”. W: Elena CASTELLANI, red. *Interpreting Bodies. Classical and Quantum Objects in Modern Physics*, 46-60. Princeton: Princeton University Press.
- NEWTON, Isaac. 2011. *Matematyczne zasady filozofii przyrody*. Tłum. Jarosław Wawrzycki. Kraków: Copernicus Center Press.
- PENROSE, Roger. 1997. *Makroświat, mikroświat i ludzki umysł*. Tłum. Piotr Amsterdamski. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- SOBCZYŃSKA, Danuta i Paweł ZEIDLER. 1984. *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM.
- STEWART, Ian. 1995. *Czy Bóg gra w kości. Nowa matematyka chaosu*. Tłum. Michał Tempczyk, Włodzimierz Komar. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- TEMPCZYK, Michał. 2005. *Ontologia świata przyrody*. Kraków: Universitas.
- TEMPCZYK, Michał. 1998. *Teoria chaosu i filozofia*. Warszawa: Wydawnictwo CIS.
- WALLACE, David. 2022. *Filozofia fizyki*. Tłum. Wojciech Sady. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- WICHMANN, Eyvind H. 1975. *Fizyka kwantowa*. Tłum. Waldemar Gorzkowski, Andrzej Szymacha. Warszawa: PWN.
- WOLEŃSKI, Jan. 1981. „O tak zwanych filozoficznych założeniach nauki”. W: Stanisław BUTRYN, red. *Z zagadnień filozofii nauk przyrodniczych*, 7-16. Warszawa: Wydawnictwo PAN.
- ZEIDLER, Paweł. 2011. *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM.
- ZEIDLER, Paweł. 2011. *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM.

PROBLEM UPŁYWU CZASU, DETERMINIZMU I REDUKCJONIZMU  
W FILOZOFII FIZYKI SABINE HOSSENFELDER.

## ANALIZA KRYTYCZNA

## Streszczenie

Artykuł niniejszy jest polemiką z niektórymi tezami sformułowanymi w pracy Sabine Hossenfelder *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*. Podano argumenty, że 1) twierdzenie o realnym istnieniu przeszłości, teraźniejszości i przyszłości jest tylko jedną z możliwych filozoficznych interpretacji czasoprzestrzeni szczególnej teorii względności, a teza o obiektywnym upływie czasu jest możliwa do pogodzenia z fizyką współczesną; 2) determinizm jest istotnie ograniczony przez probabilistyczny charakter jednej z fundamentalnych teorii fizyki współczesnej jaką jest mechanika kwantowa; 3) podejście redukcjonistyczne jest istotnie ograniczone przez teorię chaosu deterministycznego, w której zachowanie układów fizycznych jest opisywane przez nieliniowe równania różniczkowe, a także przez sytuację poznawczą w mechanice kwantowej.

**Słowa kluczowe:** upływ czasu; determinizm; redukcjonizm

THE PROBLEM OF THE FLOW OF TIME, DETERMINISM AND REDUCTIONISM  
IN SABINE HOSSENFELDER'S PHILOSOPHY OF PHYSICS.

## CRITICAL ANALYSIS

## Summary

This article is a polemic against some of the theses formulated in Sabine Hossenfelder's work *Existential Physics. A Scientist's Guide to Life's Biggest Questions*. It is argued that 1) the claim of the real existence of the past, present, and future is only one of the possible philosophical interpretations of the space-time of special relativity and that the thesis of the objective time flow is reconcilable with modern physics; 2) determinism is significantly limited by the probabilistic nature of one of the fundamental theories of modern physics that are quantum mechanics, and the thesis that 3) "reductionism is a fact" is not supported by chaos theory, in which the behaviour of physical systems is described by nonlinear differential equations.

**Keywords:** time flow; determinism; reductionism