

Mateusz Hohol (UPJPII, UJ)

Michała Hellera nieliniowy model ewolucji nauki

Wprowadzenie

Pomimo upływu wielu lat od debaty, jaka rozegrała się pomiędzy zwolennikami poglądów Karla Poppera, Thomasa Kuhna i Paula Feyerabenda, spór o mechanizmy rozwoju nauki pozostaje tematem wciąż aktualnym. Podstawowym zagadnieniem jest w tym kontekście pytanie, czy nauka rozwija się pod wpływem „wewnętrznej” logiki (internalizm), czy też kierują nią czynniki zewnętrzne (eksternalizm)? Pytanie to rozpada się na wiele pytań szczegółowych, dotyczących między innymi metody uprawiania refleksji metanaukowej: czy nauka powinna być badana przez filozofów nauki, czy też raczej przez socjologów, historyków i psychologów? Jeśli chodzi o zagadnienie samego rozwoju, odpowiedzieć należy również na pytanie: czy nauka rozwija się przez kumulację uzyskanych wyników, czy też na drodze rewolucji, które wiążą się z radykalną zmianą paradygmatu? Zagadnienia te wpisują się w szerszy spór o racjonalność nauki, w którym niemalże antagonistami są filozofowie i socjologowie nauki. W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną poglądy filozofów nauki nawiązujące do obydwu możliwych odpowiedzi. W pierwszej kolejności zreferowane zostaną krótko stanowiska *skrajne*, w drugiej zaś koncepcje *wyważone*, które należy traktować w refleksji nad nauką poważnie. Następnie zaprezentowany zostanie, oparty na teorii układów dynamicznych, model ewolucji nauki Michała Hellera¹, który zachowuje najlepsze cechy obydwu stanowisk. Model ten, jak się wydaje, przyczynić może się do wygaszenia sporu pomiędzy zwolennikami *logiki odkrycia* oraz entuzjastami koncepcji *rewolucji naukowych*. Już na wstępie zaznaczyć warto, że model Hellera związany jest badaniami nad strukturami czasoprzestrzennymi w teoriach fizycznych. Model ten wypływa więc z „wnętrza nauki”, co czyni za dość promowanej przez Michała Hellera idei „filozofii w nauce” czy też „filozofowania w kontekście nauk”.

¹ Zob. M. Heller, *Nieliniowa ewolucja nauki*, [w:] *idem*, *Szczęście w przestrzeniach Banacha*, Kraków: Znak 1997, ss. 159-160 oraz M. Heller, *Nieliniowy model ewolucji nauki*, [w:] *idem*, *Filozofia nauki*, Kraków: Petrus 2009, ss. 84-92.

I

Spór o rozwój nauki: stanowiska skrajne

W pierwszej kolejności rozważyć należy stanowiska skrajne w kwestii rozwoju nauki. Wyidealizowanym modelem logicznego rozwoju jest *kumulatywizm*, który głosi, że ewolucja nauki dokonuje się poprzez liniowy przyrost wyników i narzędzi badawczych. W takim wypadku, nauka rozumiana może być jako nieustannie powiększający się zbiór wyników i metod. Najważniejszą zasadą „logiki nauki” jest w tym kontekście tzw. zasada korespondencji, zgodnie, z którą nowa, ogólniejsza teoria nie przekreśla starej, ale „wchłania” ją jako przypadek graniczny². Przykładem podawanym zwykle przez entuzjastów tego stanowiska jest przypadek mechaniki klasycznej i Ogólnej Teorii Względności. Teoria Einsteina nie spowodowała uznania mechaniki Newtonowskiej za fałszywą, ale inkorporowała ją, jako pewien przypadek graniczny. Mechanika klasyczna pozostaje bardzo przydatnym i prostym narzędziem do badania ruchu ciał, gdy uwzględnianie efektów relatywistycznych nie jest konieczne. Taki model ewolucji nauki nie zakłada konieczności odwoływania się do czynników zewnętrznych w refleksji metanaukowej. Ze współczesnej perspektywy wydaje się on jednak dość naiwny i posiada wiele słabości wypunktowywanych zarówno przez historyków nauki (ignoruje fakty historyczne), jak i metodologów. Przykładowo, zdaniem Paula Feyerabenda, nawet gdyby zasada korespondencji była możliwa do urzeczywistnienia nie promowałaby ona nowatorskich teorii istotnie ograniczając dynamikę rozwoju nauki³.

Jeśli chodzi o poglądy samego Paula Feyerabenda, również należy zaklasyfikować je jako skrajne. W tym wypadku jednak, pytanie o prawidłowości rządzące rozwojem nauki wydaje się źle postawione. Feyerabend w swojej głośniej książce *Przeciw metodzie*⁴ zaproponował filozofię nauki określaną jako „anarchizm metodologiczny”. Zgodnie z zaproponowaną przez niego regułą heurystyczną, opierającą się na hasle *anything goes*, co w języku polskim oddaje się najczęściej jako „wszystko ujdzie”, należy doceniać różne nieprzystające do siebie teorie i nie odrzucać starych. Nigdy nie wiadomo bowiem, co okaże się w przyszłości przydatne. Nie należy wyznaczać również linii demarkacyjnej pomiędzy nauką, a tym, co nauką nie jest. Zdaniem Feyerabenda, należy skończyć z „tyranią nauki”, która związana jest z dyskryminacją innych form aktywności ludzkiej, takich jak uprawianie

² Zob. np. A. Grobler, *Metodologia nauk*, Kraków: Aureus-Znak 2008, ss. 201-202.

³ Zob. *ibidem*, s. 202.

⁴ Zob. P. Feyerabend, *Przeciw metodzie*, przeł. P. Wiertlewski, Wrocław: Siedmioróg 2001.

astrologii czy magii. W takim ujęciu, nauki nie można ująć w żaden racjonalny schemat. Podejście Feyerabenda toruje drogę metodą socjologicznym i historycznym w refleksji nad nauką.

II

Spór o rozwój nauki: poglądy wyważone

Przejsć należy obecnie do bardziej wyważonych poglądów w kwestii rozwoju nauki. Ich prezentację wypada zacząć od Karla Poppera, który niewątpliwie jest jednym z najważniejszych i najbardziej wpływowych filozofów nauki w XX wieku. Swoje poglądy w kwestii rozwoju nauki oraz w kwestii niezwykle ważnego dla metodologii nauk problemu demarkacji wyłożył on w *Logice odkrycia naukowego*⁵ oraz wielu późniejszych książkach. Jego zdaniem rozwój nauki skorelowany jest ściśle z *rozwiązywaniem problemów*. To właśnie problemy są tym, co napędza naukę i powoduje tworzenie nowych, coraz lepszych teorii. Z drugiej strony jednak, nowe teorie naukowe generują coraz to nowe problemy. Schemat rozwoju nauki obejmuje problemy wyjściowy (P_1), śmiałą hipotezę lub inaczej próbną teorię (PT), której zadaniem jest rozwiązanie problemu, proces, w którym błędy są eliminowane przez wysuwanie coraz lepszych teorii (EB) oraz nowe problemy, które wyłaniają się podczas tego procesu (P_2)⁶:

$$P_1 \rightarrow PT \rightarrow EB \rightarrow P_2.$$

Takie podejście do rozwoju nauki w swojej *Autobiografii intelektualnej* Popper podsumowuje stwierdzeniem: „Nauka wychodzi od problemów i na problemach kończy”⁷. Filozof ten sprzeciwiał się indukcyjnej metodologii zgodnie, z którą nauka dążyć ma do potwierdzania teorii przez wyniki eksperymentów. Źródłem teorii w takim ujęciu jest indukcyjne uogólnienie poszczególnych wyników pomiarów. Nie ma tu miejsca na szczegółowe rozważanie zarzutów Poppera wobec indukcjonizmu. Wskazać należy jednak na istotne miejsce Popperowskiej falsyfikacji dla rozwoju nauki. Falsyfikacjonistyczna metodologia nakazuje tworzenie *śmiałych* hipotez, a następnie ich eksperymentalne testowanie. Zadaniem eksperymentu nie jest potwierdzenie, ale *obalenie* (falsyfikacja) hipotezy. Teorie naukowe

⁵ Zob. K. Popper, *Logika odkrycia naukowego*, przeł. U. Niklas, Warszawa: Aletheia 2002.

⁶ Zob. K. Popper, *Wiedza a zagadnienie ciała i umysłu*, przeł. T. Baszniak, Warszawa: Książka i wiedza 1998.

⁷ K. Popper, *Nieustanne poszukiwania. Autobiografia intelektualna*, przeł. A. Chmielewski, Kraków: Znak 1997, s. 185.

wysuwane są więc zawsze „na próbę”. Nieco precyzyjniej falsyfikacja zawiera trzy elementy: (1) wyjściową hipotezę o postaci zdania ogólnego wyrażonego schematem logicznym: $(\forall x)[W(x) \rightarrow Z(x)]$, który rozumieć należy jako: „gdy pewien obiekt x znajdzie się w warunkach W zachowa się w sposób Z ”; (2) zdanie opisujące warunki początkowe eksperymentu: $W(a)$; oraz (3) konkretnego przewidywania (predykcji) teorii, które w wyniku eksperymentu okazuje się fałszywe $\sim Z(a)$. Stąd wniosek: wyjściowa hipoteza (1) jest fałszywa. Schematycznie⁸:

$$\frac{\forall(x)[W(x) \rightarrow Z(x)], W(a), \sim Z(a)}{\sim \forall x[W(x) \rightarrow Z(x)]}$$

W takim ujęciu, logika nauki polega nie tyle na nieustannym przyroście wyników, jak w opisanym wyżej kumulatywizmie, ale na nieustannym ulepszaniu własnych metod poprzez wysuwanie teorii coraz bliższych rzeczywistości. Za szczegółowe reguły „logiki nauki” w ujęciu Poppera uznać można podawane przez niego warunki przyrostu wiedzy ((W0)-(W3)), jakie spełniać musi każda nowa teoria naukowa. Zgodnie z (W0) nowa teoria naukowa musi tłumaczyć zjawiska, co najmniej tak dobrze, jak stara teoria. Ponadto musi tłumaczyć ona pewną klasę zjawisk, które nie uzyskały wytłumaczenia na gruncie wcześniejszych teorii. Zasada (W1), która nazywana jest *warunkiem treści empirycznej*, mówi natomiast, że nowa teoria powinna mieć jak najwięcej potencjalnych falsyfikatorów, czyli przewidywań, które mogą zostać obalone eksperymentalnie. Kolejny z warunków (W2) związany jest z *prostotą* teorii. Im hipoteza prostsza, tym bardziej narażona jest ona obaleniu. Ostatni (W3), określić można jako *warunek względnego sukcesu empirycznego*. Zgodnie z nim, część przewidywań teorii powinna być *skoroborowana*, co wiąże się z niepowodzeniem prób falsyfikacji⁹. Powyższe normy uznać można za konkretne reguły, jakimi rządzi się logika nauki. Program ten jest oczywiście dyskusyjny i budzi wciąż liczne kontrowersje, jednak zasługuje on na uznanie, jako klasyczny już przykład racjonalnej filozofii nauki.

Wspomnieć należy krótko również o innych próbach budowania „logiki nauki”. Przykładem może być tu oparty na analizie możliwych światów interrogacyjny model nauki Jaakko Hintikki. Zgodnie z tą koncepcją, naukę rozumieć należy, jako grę pomiędzy Naukowcem i Przyrodą. Cel gry stanowi znalezienie w zbiorze światów możliwych świata

⁸ Zob. A. Grobler, *op. cit.*, ss. 65-66. Negacja predykcji, czyli $\sim Z(a)$, może oznaczać, nie tylko, że fałszywa jest nie teoria wyjściowa, ale również, że błędne jest zdanie opisujące warunki początkowe doświadczenia, czyli $W(a)$. Wiaże się to z tzw. problemem rewizji wiedzy zastanej.

⁹ Zob. *ibidem*, ss. 78-80. Jak zaznacza m.in. Grobler, niektórzy filozofowie nauki z warunku (W3) wyciągają twierdzenie, zgodnie z którym, Popper jest zakamuflowanym indukcjonistą. Zarzut taki wydaje się jednak kompletnym nieporozumieniem.

rzeczywistego. Rolą naukowca jest zadawanie Przyrodzie pytań. Pytaniami tymi są eksperymenty. Naukowiec, na podstawie wyników eksperymentów eliminuje możliwe światy, które niezgodne są z odpowiedziami Przyrody¹⁰. Z teorią Hintikki związana jest koncepcja implikacji erotetycznej A. Groblera i J. Wiśniewskiego, będąca związkiem pomiędzy pytaniem implikującym Q , pewnym zbiorem zdań oznajmujących X oraz pytaniem implikowanym $*Q$. Oznaczana jest ona symbolicznie jako: $Im(Q, X, *Q)$. Nauka, zdaniem Groblera, rozwija się zgodnie z „logiką pytań”: $Im(Q, W, ?E)$, gdzie Q jest pytaniem o rozwiązanie pewnego problemu naukowego, W oznacza karpus wiedzy zastanej, która konieczna jest m.in. do określenia warunków początkowych eksperymentu, natomiast $?E$ oznacza pytanie o wynik doświadczenia¹¹. Zgodnie z powyższymi koncepcjami ewolucję nauki ująć można w pewien logiczny i racjonalny schemat, który nie wymaga uwzględnienia czynników zewnętrznych (społecznych, ekonomicznych, psychologicznych, historycznych).

Z logicznymi ujęciami rozwoju nauki nie zgadzał się historyk i filozof nauki Thomas Kuhn. Swoje refleksje metanaukowe Kuhn opierał na wnikliwych badaniach historycznych, w których najwięcej uwagi poświęcał rewolucji Kopernikańskiej. W książce *Struktura rewolucji naukowych*¹² wysunął on pogląd, zgodnie z którym, rozwój nauki dzieli się na tzw. *okresy normalne* oraz *rewolucje*. Związane jest z tym pojęcie *paradygmatu*. Na obowiązujący paradygmat składa się przyjmowany obraz świata, metody odróżniania nauki, od tego, co nauką nie jest (demarkacja), metody rozwiązywania problemów naukowych oraz kryteria oceny teorii. Podczas obowiązywania danego paradygmatu, czyli w okresie *normalnym*, mówić można o ewolucji nauki, którą badać można środkami logiczno-analitycznymi. Ewolucja ta odbywać może się przez kumulację. Rewolucja naukowa powoduje jednak zmianę paradygmatu. Wiąże się to z radykalną *niewspółmiernością* pojęć stosowanych w teoriach z okresu przedrewolucyjnego i porewolucyjnego. Niewspółmierność nie pozwala jego zdaniem na zastosowanie zasady korespondencji i porównywanie teorii przy pomocy metod logiczno-analitycznych, gdyż te same terminy używane są w innych znaczeniach (grozi to logicznym błędem ekwiwokacji). Przykładem niewspółmierności pojęciowej jest „równoczesność zdarzeń” w mechanice klasycznej i fizyce relatywistycznej. W fizyce Newtona równoczesność zdarzeń określana jest przy pomocy dwuargumentowego predykatu: „ X jest równoczesne z Y ”. Natomiast na gruncie teorii względności Einsteina konieczne jest uwzględnienie układu odniesienia, a więc równoczesność opisywana jest przy pomocy relacji

¹⁰ Zob. *ibidem*, s. 94.

¹¹ Zob. *ibidem*, ss. 95-96.

¹² Zob. *Struktura rewolucji naukowych*, przeł. H. Ostromecka, Warszawa: Aletheia 2009.

trójczłonowej: „X jest równoczesne z Y w Z”¹³. W związku z wyżej opisanymi trudnościami, Kuhn sądził, że rozwój nauki badać można tylko przy pomocy metod historyczno-socjologicznych. W niniejszej części opracowania zrekonstruowane zostały poglądy zarówno zwolenników, jaki i przeciwników „logiki nauki”. Choć koncepcje Poppera i Kuhna podatne są na krytykę należy traktować je poważnie w refleksji metanaukowej.

III

Struktury czasoprzestrzenne od Arystotelesa do OTW

Po krótkim przedstawieniu najważniejszych stanowisk w kwestii rozwoju nauki, przejść należy do koncepcji Michała Hellera. Inspiracją dla nieliniowego modelu rozwoju nauki były badania nad ewolucją struktur czasoprzestrzennych, które Heller prowadził wraz z Derekiem Rainem. Owocem badań jest ich wspólna książka *The Science of Space-Time*¹⁴. Mieć na uwadze należy, jak zaznacza sam Heller, że model ten nie wynika z przemyśleń nad pracami filozofów nauki i metodologów, ale z refleksji nad teoriami fizycznymi¹⁵. Autorzy drobiazgowej analizie poddali teorie fizyczne od dynamiki Arystotelesa, przez kinematykę Kopernika, mechanikę Newtona po teorię względności Einsteina (STW i OTW). Metodą badawczą było tłumaczenie starszych teorii fizycznych na język geometrii różniczkowej. Zdaniem Hellera, zabieg ten ujawnił pewną „logikę ewolucji” struktur czasoprzestrzennych. Warto przedstawić obecnie (w dużym skrócie i uproszczeniu) wyniki, jakie uzyskali Heller i Raine.

U Arystotelesa za strukturę czasoprzestrzeni odpowiada pierwsza zasada dynamiki, zgodnie, z którą: „Cokolwiek się porusza, przez coś innego jest poruszane”¹⁶. Gdy brakuje „czynnika poruszającego”, ciało znajduje się w absolutnym spoczynku. Jest o nim mowa, gdy dane ciało zajmuje to samo miejsce w różnych chwilach. Gdy ciała, będące w absolutnym spoczynku wyposaży się w zegary, ta sama chwila stwierdzana może być w różnych miejscach. Czasoprzestrzeń Arystotelesa reprezentowana jest iloczynem kartezjańskim absolutnej przestrzeni i absolutnego czasu. Przestrzeń określona jest trójwymiarową rozmaitością (przestrzeń Euklidesowa), natomiast czas rozmaitością jednowymiarową.

Kolejną teorią rozważaną przez Hellera i Reinego jest mechanika klasyczna bez grawitacji. Newton jako uprzywilejowaną, wyróżniał pewną klasę ruchów, zwaną *ruchami*

¹³ Zob. A. Grobler, *op. cit.*, s. 93.

¹⁴ Zob. M. Heller, D. J. Raine, *The Science of Space-Time*, Tucson: Pachert 1981.

¹⁵ Zob. M. Heller, *Nieliniowa ewolucja nauki...*, *op. cit.*, ss. 159-160.

¹⁶ *Ibidem*, s. 166.

inercjalnymi. Pojęcie tego samego miejsca w różnych chwilach, które obecne było w teorii Arystotelesa na gruncie mechaniki klasycznej traci sens, jednak zachowane zostaje pojęcie absolutnego czasu. Dzięki wyróżnionej klasie ruchów inercjalnych, w czasoprzestrzeni mechaniki klasycznej sensowne jest pojęcie przeniesienia równoległego, co związane jest z możliwością porównywania równoległości oddalonych wektorów. Czasoprzestrzeń przestaje być określana iloczynem kartezjańskim, jednak struktura taka przywracana jest na poziomie wiązki baz nad czasoprzestrzenią¹⁷. Przejście od mechaniki klasycznej bez grawitacji, do mechaniki klasycznej uwzględniającej grawitację powoduje również utratę struktury iloczynu kartezjańskiego. Jest to jednak utrata na poziomie wiązek baz nad czasoprzestrzenią, a nie na poziomie samej czasoprzestrzeni¹⁸.

Kolejną teorią, na gruncie, której struktury czasoprzestrzenne ulegają ewolucji jest Szczególna Teoria Względności Einsteina. Czasoprzestrzeń w tym wypadku powstaje dzięki nałożeniu struktury metrycznej Minkowskiego na czasoprzestrzeń Newtonowskiej mechaniki bez grawitacji. Dzięki temu zabiegowi znika obecne w powyższych teoriach pojęcie absolutnego czasu, jednak struktura STW uwzględnia istnienie czasu własnego. Czasoprzestrzeń postulowana na gruncie STW jest płaska. Czasoprzestrzeń Ogólnej Teorii Względności powstaje natomiast, gdy na czasoprzestrzeń mechaniki Newtonowskiej uwzględniającej grawitację nałoży się metrykę Lorentza. W tym wypadku równania Einsteina wiążą pole grawitacyjne z metryczną krzywizną czasoprzestrzeni¹⁹. Czasoprzestrzeń OTW uzyskuje lokalnie własności czasoprzestrzeni postulowane na gruncie STW.

Warto zauważyć, że Michał Heller rozpatruje rozwój nauki z punktu widzenia ewolucji *struktur matematycznych*. Rozwój ten rządzi się pewną „wewnętrzną logiką”, która nie polega jednak na prostej kumulacji²⁰. Logika rządząca ewolucją struktur czasoprzestrzennych jest nieliniowa i statystyczna. Struktury matematyczne są bardziej pierwotne od pojęć, które uwikłane są w różne procesy językowe (np. nadawanie znaczenia). Oczywiście przejście od fizyki Newtonowskiej do teorii względności było rewolucją naukową, jednak na poziomie struktur matematycznych nie wiąże się w konieczny sposób z niewspółmiernością pojęciową. Nie obowiązuje tu opisana wyżej naiwna zasada korespondencji. Logika rozwoju nauki ujawnia się jednak na poziomie geometrycznych struktur teorii fizycznych. Wyżej przedstawione wyniki stanowią „kontekst odkrycia” dla koncepcji rozwoju nauki Michała Hellera.

¹⁷ Zob. *ibidem*, ss. 168-169.

¹⁸ Zob. *ibidem*, ss. 171-172.

¹⁹ Zob. *ibidem*, ss. 172-173.

²⁰ Zob. *ibidem*, ss.

IV

Ewolucja biologiczna a ewolucja nauki

W tekstach filozofów nauki często pojawiają się porównania rozwoju nauki do ewolucji biologicznej. Choć jest to oczywiście tylko pewna analogia, nie jest ona pozbawiona racji. Przyjmując koncepcję, zgodnie, z którą rozwojem nauki rządzi pewna „wewnętrzna logika” można odnieść się do pojęć ewolucji biologicznej. Z koncepcji Karla Poppera wynika, że teorie naukowe coraz lepiej wyjaśniają rzeczywistość. Można zauważyć tu pewną analogię z działaniem doboru naturalnego, do czego zresztą sam Popper się przyznawał. W biologicznej teorii ewolucji, jak pisze Francisco Ayala, dobór naturalny określany jest jako:

„(...) zróżnicowana reprodukcja alternatywnych odmian, polegająca na tym, że niektóre cechy tych odmian są korzystne, zwiększając prawdopodobieństwo, że posiadające je organizmy przeżyją dłużej albo wykażą się większą płodnością niż organizmy mające odmienne cechy”²¹.

Jak zostało już wyżej powiedziane, teoria naukowa jest śmiałą hipotezą, której zadaniem jest rozwiązanie konkretnego problemu naukowego. Teoria taka podlega następnie testom empirycznym, które są swego rodzaju mechanizmem selekcyjnym. Teorie, które nie wytrzymują próby empirycznej zostają odrzucone (sfalsyfikowane), a ich miejsce zajmują nowe teorie, których zadaniem jest lepszy opis rzeczywistości. Proces eliminacji teorii i zastępowania ich lepszymi jest nieustanny. Zdaniem Poppera podobny jest zresztą punkt wyjścia ewolucji organizmów żywych i teorii naukowych. Jest nim *problem*, który należy rozwiązać. Jak pisze Popper: „(...) Wydaje mi się, że lepiej jest uznać organizmy za istoty rozwiązujące problemy aniżeli istoty dążące do określonych celów”²².

Narzędziami, które pozwalają modelować procesy ewolucji biologicznej jest matematyczna teoria układów dynamicznych oraz termodynamika nieliniowa. Wymagają one pewnych wyjaśnień. W rozwoju termodynamiki należy wyróżnić trzy zasadnicze okresy²³. W pierwszym z nich, termodynamika zajmowała się badaniem stanów w *równowadze* (Carnot, Boltzmann). W drugim, były to stany *bliskie równowagi*. Z uwagi na liniowość równań, mówi się w tym wypadku o termodynamice liniowej (Onsager). Równanie jest liniowe, gdy suma jego rozwiązań sama jest rozwiązaniem tego równania. W najbardziej dojrzałym stadium

²¹ F. Ayala, *Dar Karola Darwina dla nauki i religii*, przeł. P. Dawidowicz, Warszawa: WUW 2009.

²² K. Popper, *Nieustanne poszukiwania...*, op. cit., s. 248.

²³ Zob. M. Heller, *Daleko od stanu równowagi*, [w:] M. Heller, J. Życiński, *Dylematy ewolucji*, Kraków: PTT 1990, ss. 105-106.

rozwoju, przedmiotem badań w termodynamice stały się *stany dalekie od równowagi*. Równania opisujące stany tego typu są nieliniowe, stąd mówi się o termodynamice nieliniowej. Wielki wkład do nauki wniósł w tej kwestii Ilya Prigogine²⁴. Jego badania pozwoliły przewyżżyć opinię, zgodnie, z którą teoria ewolucji nie respektuje drugiej zasady termodynamiki. Równowaga termodynamiczna powoduje bowiem anihilację organizmów żywych (tzw. kontrowersja Carnot vs Darwin). Dzięki rozwojowi termodynamiki nieliniowej wiemy, że mniemanie to było błędne. Życie istnieje nie tyle na przekór prawom termodynamiki, ale jest możliwe dzięki nim. W stanach dalekich od równowagi istnieć mogą trwałe struktury, jednak z uwagi na pojawiające się fluktuacje są to struktury dynamiczne. W takim ujęciu, jak pisze Michał Heller: „(...) życie jest strukturą dyssypacyjną w stanie dalekim od równowagi”²⁵. Strukturą dyssypacyjną, a więc taką, która nieustannie wymienia energię z otoczeniem, co wiąże się ze wspomnianą wcześniej dynamiką i rozwojem. Zgodnie z sugestią Hellera, termodynamika nieliniowa, której matematycznym narzędziem jest teoria układów dynamicznych jest również przydatna w modelowaniu procesów ewolucji nauki.

V

Koncepcja Hellera: nieliniowa ewolucja nauki

Jak zostało wyżej powiedziane, w stanach dalekich od równowagi termodynamicznej istnieć mogą stabilne, ale dynamiczne struktury. Z uwagi na różnorodne fluktuacje struktury te podlegają ewolucji. Wyróżnić należy dwa etapy ewolucji struktur (np. życia). Pierwszy z nich Heller nazywa *etapem stacjonarnym*. Kierunek ewolucji układu jest wtedy dobrze, choć statystycznie, określony. Drugim etapem jest *bifurkacja* nazywana również *przejęciem fazowym*. Z bifurkacją mamy do czynienia, gdy szczególnie wrażliwy na fluktuacje układ wybiera jedną z pośród kilku możliwych trajektorii rozwoju. Jest to wybór indeterministyczny. Nie zależy on od warunków początkowych, ale od działania przypadkowej fluktuacji²⁶. Dzięki bifurkacji układ otrzymuje nowy reżim ewolucyjny i zmierza w kierunku, który określony jest atraktorem. W takim ujęciu, etapy *bifurkacji*, które nazywane są również *rewolucjami*, wpisane są w porządek ewolucyjny danego układu. Jak pisze Heller: „(...) rewolucje nie są wynikiem tajemnego spisku, lecz stanowią istotną część programu”²⁷.

²⁴ Zob. I. Prigogine, I. Stengers, *Z chaosu ku porządkowi*, przeł. K. Lipszyc, Warszawa: PIW 1990.

²⁵ M. Heller, *Daleko od stanu równowagi...*, *op. cit.*, ss. 108.

²⁶ Zob. M. Heller, *Nieliniowa ewolucja nauki...*, *op. cit.*, s. 174.

²⁷ *Ibidem*, s. 175.

W tym kontekście Heller próbuje odpowiedzieć na pytanie: czy nauka rozwija się kierowana „wewnętrzną logiką”, czy też rozwój odbywa się na drodze rewolucji, które sprawiają, że różne teorie są względem siebie niewspółmierne? Zwraca on uwagę na znane filozofom nauki (np. Popper, Duhem) zjawisko *uteoretyzowania obserwacji*, z którego w potocznym języku wyciągnąć można następujący wniosek: nie istnieje coś takiego jak „nagie fakty”²⁸. Nie można oddzielić zatem całkowicie teorii od obserwacji. Koncepcja ta odnosi się również zdaniem Michała Hellera do refleksji metanaukowej. Historyczny ciąg zdarzeń podlega interpretacji, a przyjęta metoda w dużym stopniu determinuje uzyskane wyniki. Przyjmując metody historyczno-socjologiczne na pierwszy plan wysuwają się rewolucje naukowe, a także czynniki zewnętrzne, takie jak psychologiczne i ekonomiczne uwarunkowania odkryć. Natomiast stosowanie metod logiczno-analitycznych ujawnia przede wszystkim logiczny rozwój nauki.

Skoro nauka determinowana jest „od wewnątrz” odwoływanie się do mechanizmów zewnętrznych, o których w swoich pracach piszą np. psychologowie nie jest konieczne. Jak pisze Heller: „Trzeba podkreślić, że obie tendencje mają swoje źródło w zastosowanych metodach. Metoda ujawnia to, do czego została zaprojektowana”²⁹. Jego zdaniem mechanizm ewolucji nauki jest „czymś trzecim”. Naturalną strategią zdaje się być poszukiwanie komplementarności pomiędzy logiką a rewolucjami. Podkreśla jednak, że nie jest możliwe znalezienie ścisłej reguły typu zasada nieoznaczoności Heisenberga, która odpowiadałaby za komplementarność w kwestii rozwoju nauki³⁰. Pomocny może okazać się jednak przedstawiony wyżej model ewolucji, zgodnie, z którym *etapy stacjonarne* przerywane są przez *bifurkacje (przejścia fazowe)*. W etapach stacjonarnych nauka ewoluuje kierowana własną logiką wewnątrz określonego paradygmatu. Jest to tzw. „porządek przez fluktuacje”. W refleksji metanaukowej pożądane jest wtedy stosowanie metod logiczno-analitycznych. Podczas przejść fazowych nauka natomiast, jak określa to Heller, przeżywa „okresy wrzenia”³¹. Owocne jest wtedy stosowanie metod historyczno-socjologicznych, gdyż struktura logiczna tego typu stanów jest zbyt skomplikowana by ująć ją w schemat logiczny. Podkreślić należy, że jest to ograniczenie epistemologiczne, nie zaś ontologiczne. Na poziomie werbalnym uderzające jest podobieństwo do koncepcji Kuhna, który, jak zostało wyżej powiedziane, wyróżniał *okresy normalne* i *rewolucje naukowe*. Między rozważanymi koncepcjami istnieją jednak zasadnicze różnice.

²⁸ Zob. *ibidem*, s. 176.

²⁹ *Ibidem*.

³⁰ Zob. *ibidem*, s. 177.

³¹ *Ibidem*.

Zgodnie z teorią Hellera, przejścia fazowe nie generują niewspółmierności, o której pisze Kuhn. W nieliniowym modelu ewolucji nauki „wewnętrzna logika” nie zostaje uchylona podczas bifurkacji. Logika rozwoju nauki działa permanentnie, ujawniając dwie cechy: *nieliniowość* i *statystyczność*. Przewidywania rozwoju nauki w etapach stacjonarnych mogą być dość dokładne. Zawodzą jednak na etapie bifurkacji, gdyż pod wpływem drobnej, przypadkowej fluktuacji, układ wchodzi w zupełnie nowy (jeden z kilku możliwych) reżim ewolucyjny. Zdaniem Hellera możliwe jest jednak przewidywanie zbliżających się przejść fazowych. Koniec etapu stacjonarnego wiąże się bowiem z narastaniem trudności i degeneracją dotychczas używanych metod³². Można więc przewidzieć sam fakt wystąpienia bifurkacji, ale nie efekty. Racjonalność rozwoju nauki w modelu nieliniowym ujawnia się w tzw. „przewidywaniach wstecz”. Po przeprowadzeniu wnikliwych badań historycznych możliwa jest identyfikacja drobnych fluktuacji, które na etapie przejścia fazowego skierowały układ w konkretny reżim ewolucyjny. Przykładem „przewidywania wstecz” jest rekonstrukcja ewolucji struktur czasoprzestrzennych dokonana przez Hellera i Reinego. Jak zostało już wyżej powiedziane, mechanizmy rządzące nauką ujawniają się nie jako naiwnie rozumiana zasada korespondencji, ale na poziomie struktur matematycznych.

Michał Heller zauważa, że przyjęta przez niego metoda determinuje wyniki badań. Podstawowe założenie tej metody opiera się na przekonaniu, że teoria układów dynamicznych może adekwatnie modelować rozwój nauki. Procesy produkujące informacje przebiegają w stanach dalekich od równowagi termodynamicznej³³. Teorią fizyczną badającą tego typu procesy jest termodynamika nieliniowa. Proces rozwoju nauki w sposób konieczny związany jest z produkcją informacji. Jest to silny argument za przyjęciem metod opartych na teorii układów dynamicznych w badaniach metanaukowych. Zdaniem Hellera, nieliniowy model posiada dwie podstawowe zalety. Nie służy on tylko opisowi zjawiska rozwoju nauki, ale również wskazuje mechanizmy, jakie stoją za rozwojem nauki. Jest to model *dynamiczny*, a nie *kinematyczny*³⁴. Drugą zaletą jest sygnalizowane już na początku niniejszego opracowania połączenie dwóch koncepcji ewolucji nauki: logicznej i rewolucyjnej. Związane jest z tym wskazanie prawomocności zarówno metod logiczno-analitycznych, jak i historyczno-socjologicznych w badaniach nad rozwojem nauki.

³² Zob. *ibidem*, s. 179.

³³ Zob. *ibidem*, s. 180.

³⁴ Zob. *ibidem*, s. 181.

Zakończenie

Różnica pomiędzy wynikami uzyskanymi przez Kuhna i Hellera związana jest z badaniami na ewolucją nauki na różnych poziomach. Pierwszego z nich interesuje poziom zjawiskowy, który ujmowany jest z perspektywy historycznej. W tym wypadku opis zjawiska odbywa się głównie przy pomocy języka naturalnego. Pojęcia używane do opisu nie są idealnym odzwierciedleniem struktur matematycznych, które stanowią podstawę dla teorii. Michał Heller sięga natomiast głębiej rozważając bardziej fundamentalne matematyczne struktury, które podlegają ewolucji przy przejściu od jednej teorii do drugiej. Zabieg taki ma dwie podstawowe zalety. Pierwszą z nich jest wspomniana fundamentalność opisu, drugą natomiast brak uwikłania w mechanizmy językowe zniekształcające rzeczywistą treść teorii naukowej. Przy przekładzie poszczególnych teorii na język geometrii, niewspółmierności pojęciowe, pojawiające się w aparatach tych teorii mogą zostać zniwelowane. Jak pisze Paweł Polak:

„Zatem teza o nieprzekładalności terminów teorii oddzielonych rewolucją napotyka na ograniczenie: okazuje się, że możliwy jest przekład teorii starszej w terminach nowszych, ogólniejszych teorii. Wyniki Hellera i Reinego nie stanowią dowodu, iż musi się tak dzieć w każdym przypadku rewolucji naukowej, poddają jednak w wątpliwość tezę o absolutnej nieprzekładalności struktur teorii”³⁵.

Koncepcja Michała Hellera posiada, jak zostało wyżej powiedziane, szereg zalet. Ważnym wnioskiem jest stwierdzenie prawomocności zarówno metod logiczno-analitycznych, jak i historyczno-socjologicznych w badaniach nad nauką. Podkreślić należy, że historia nauki jest narzędziem niezbędnym do uprawiania, jakiegokolwiek refleksji nad zjawiskiem nauki i jej rozwoju. Bez znajomości historii nauki obyć nie mogą się ani filozofowie, ani socjologowie nauki. Wspomnieć należy także, że praktyczną aplikację układów dynamicznych znaleźć można w badaniach z zakresu naukometrii. Wiele konkretnych teorii (np. opartych na wykorzystywanych w modelowaniu procesów ewolucyjnych równaniach Fishera-Eigena-Schustera) omówionych zostało w cytowanej książce Pawła Polaka³⁶. Autor ten twierdzi

³⁵ P. Polak, *Dynamika nauki. Filozoficzne aspekty modelowania rozwoju nauki przy pomocy układów dynamicznych*, Kraków-Tarnów: OBI-Biblos 2004, s. 162.

³⁶ Zob. *ibidem*.

również, że badania naukometryczne oparte na układach dynamicznych są ważne dla metodologii i filozofii nauki, co koresponduje z koncepcją Michała Hellera.

Bibliografia:

- [1] F. Ayala, *Dar Karola Darwina dla nauki i religii*, przeł. P. Dawidowicz, Warszawa: WUW 2009.
- [2] P. Feyerabend, *Przeciw metodzie*, przeł. P. Wiertelwski, Wrocław: Siedmioróg 2001.
- [3] A. Grobler, *Metodologia nauk*, Kraków: Aureus-Znak 2008.
- [4] M. Heller, *Daleko od stanu równowagi*, [w:] M. Heller, J. Życiński, *Dylematy ewolucji*, Kraków: PTT 1990, ss. 104-109.
- [5] M. Heller, *Nieliniowa ewolucja nauki*, [w:] *idem*, *Szczęście w przestrzeniach Banacha*, Kraków: Znak 1997, ss. 158-184.
- [6] M. Heller, *Nieliniowy model ewolucji nauki*, [w:] *idem*, *Filozofia nauki*, Kraków: Petrus 2009, ss. 84-92.
- [7] M. Heller, D. J. Raine, *The Science of Space-Time*, Tucson: Pachert 1981.
- [8] T. Kuhn, *Struktura rewolucji naukowych*, przeł. H. Ostromęcka, Warszawa: Aletheia 2009.
- [9] P. Polak, *Dynamika nauki. Filozoficzne aspekty modelowania rozwoju nauki przy pomocy układów dynamicznych*, Kraków-Tarnów: OBI-Biblos 2004.
- [10] K. Popper, *Logika odkrycia naukowego*, przeł. U. Niklas, Warszawa: Aletheia 2002.
- [11] K. Popper, *Nieustanne poszukiwania. Autobiografia intelektualna*, przeł. A. Chmielewski, Kraków: Znak 1997.
- [12] K. Popper, *Wiedza a zagadnienie ciała i umysłu*, przeł. T. Baszniak, Warszawa: Książka i wiedza 1998.
- [13] I. Prigogine, I. Stengers, *Z chaosu ku porządkowi*, przeł. K. Lipszyc, Warszawa: PIW 1990.