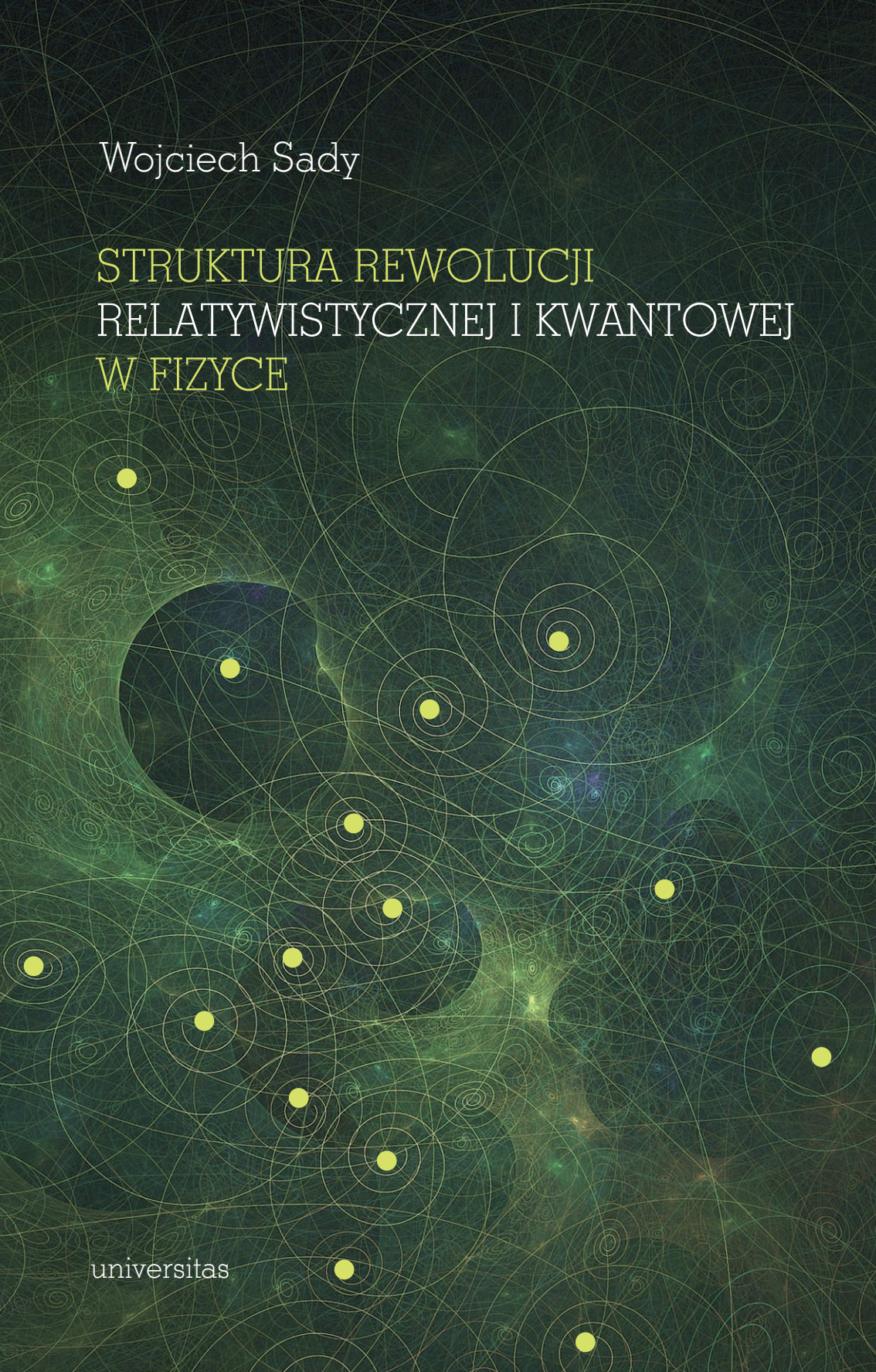
Wojciech Sady

STRUKTURA REWOLUCJI RELATYWISTYCZNEJ I KWANTOWEJ W FIZYCE

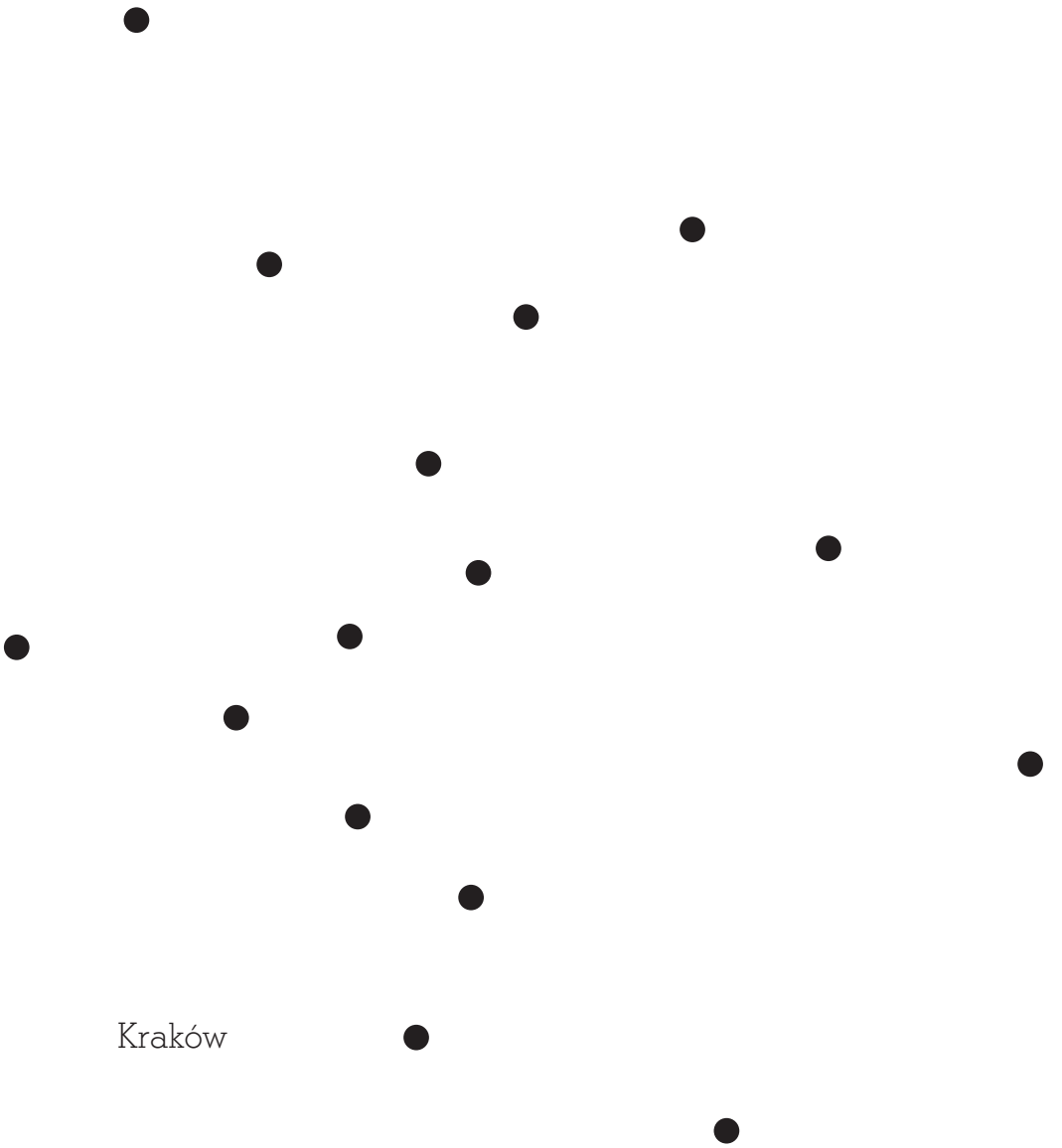


universitas

STRUKTURA REWOLUCJI RELATYWISTYCZNEJ I KWANTOWEJ W FIZYCE

Wojciech Sady

STRUKTURA REWOLUCJI RELATYWISTYCZNEJ I KWANTOWEJ W FIZYCE



Kraków

Publikacja dofinansowana przez Uniwersytet Pedagogiczny
im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

© Copyright by Wojciech Sady and Towarzystwo Autorów
i Wydawców Prac Naukowych UNIVERSITAS, Kraków 2020

ISBN 978-83-242-3659-6
e-ISBN 978-83-242-6497-1
TAiWPN UNIVERSITAS

Recenzja
Prof. dr hab. Adam Grobler

Opracowanie redakcyjne
Barbara Turnau

Projekt okładki i stron tytułowych
Sepielak

Na okładce
Obraz Pete'a Linfortha z Pixabay

www.universitas.com.pl

SPIS TREŚCI

Wstęp 9
1. Rewolucje relatywistyczna i kwantowa w fizyce 9
2. Pierwsze reakcje filozofów nauki 9
3. Obraz rewolucji naukowych w podręcznikach i pracach popularnonaukowych 10
4. Kuhn o strukturze rewolucji naukowych 11
5. Zasadniczy błąd Kuhna 13
6. Lakatos o racjonalności rewolucji naukowych 14
7. Rzut oka na debaty po Kuhnie i Lakatosie 14
8. Moje inspiracje 15

Rozdział 1. **Obraz świata mechaniki klasycznej** 19
1.1. UWAGI WSTĘPNE: Wspólnoty naukowe 19
1.2. UWAGI WSTĘPNE: Wdrażanie w naukowe style myślowe 21
1.3. UWAGI WSTĘPNE: Fizyczne obrazy świata i związane z nimi programy badawcze 24
1.4. CENTRALNE PYTANIE TEJ KSIĄŻKI 26
1.5. Obraz świata mechaniki klasycznej 27
1.6. Siły działające na odległość a siły działające przez kontakt 28
1.7. Prawa Coulomba dla sił między ładunkami elektrycznymi i biegunami magnesów 29
1.8. KOMENTARZ: O logice odkrywania 31

Rozdział 2. **Mechaniczna falowa teoria światła i jej nierozwiązywalne (?) problemy** 35
2.1. Pierwsze – mechaniczne – teorie światła 35
2.2. M-falowa teoria światła 36
2.3. „Anomalie” i „hipotezy ad hoc” 36
2.4. Daremne próby przeprowadzenia experimentum crucis między hipotezami ad hoc 39
2.5. Patowa sytuacja po dwóch eksperymentach Michelsona i Morleya . . . 42
2.6. KOMENTARZ: O rzekomych anomaliach i o tym, że bywają one bezpłodne 43

Rozdział 3. **Narodziny elektrodynamiki Maxwella i elektromagnetycznej teorii światła** 49
3.1. Odkrycie magnetycznych własności prądów 49
3.2. KOMENTARZ: O wpływie poglądów nienaukowych na rozwój nauki 52
3.3. Narodziny elektrodynamiki 53
3.4. Odkrycie indukcji elektromagnetycznej 55
3.5. Inne odkrycia w dziedzinie elektryczności i magnetyzmu 58
3.6. KOMENTARZ: Odkrycia „przegapione” 60
3.7. Siły elektryczne według Webera 61
3.8. Faraday o naturze linii sił 63
3.9. Zasada zachowania energii a zarzuty Maxwella wobec teorii Webera . . 64
3.10. KOMENTARZ: O dowolności wyboru programu badawczego 65
3.11. Maxwell o ruchu nieważkiej i nieściśliwej cieczy w ośrodku stawiającym opór 66
3.12. Oddziaływania elektromagnetyczne wyrażone matematycznie w języku pól 69
3.13. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobraźnia 71
3.14. Maxwella model wirów molekularnych a siły magnetyczne 73
3.15. Warstwy elektrycznych cząstek między wirami a indukowanie prądów 75
3.16. KOMENTARZ: Matematyka kontra wyobraźnia raz jeszcze 76
3.17. Model sprężystych wirów molekularnych a prąd przesunięcia 78
3.18. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze 80
3.19. Układ równań Maxwella i elektromagnetyczna falowa teoria światła . . 83
3.20. KOMENTARZ: Narodziny nowego programu badawczego 87
3.21. Końcowe stanowisko Maxwella 89

Rozdział 4. **Ku elektrodynamice ciał w ruchu** 93
4.1. Pierwsze reakcje na teorię Maxwella 93
4.2. Hertz odkrywa fale radiowe 94
4.3. KOMENTARZ: O mechanizmie akceptacji nowego programu badawczego 96
4.4. Klasyczne transformacje czasowe i przestrzenne a transformacje Voigta 97
4.5. FitzGerald o kontrakcji 99
4.6. Czy eter porusza się wraz z ciałami? 99
4.7. Droga Lorentza do elektrodynamiki ciał w ruchu 100
4.8. Lorentz o kontrakcji 101
4.9. Czas lokalny a czas uniwersalny 102
4.10. Larmor o eterze i materii 103
4.11. Kolejne kroki Lorentza 105
4.12. KOMENTARZ: Kolejne starcie matematyki z wyobraźnią 106
4.13. Badania nad wzrostem masy elektronów w ruchu 107
4.14. Czy wszystko jest zbudowane z eteru? 109
4.15. Poincaré o teorii Lorentza i czasie lokalnym 109
4.16. Skrajny empiryzm a fizyka bez eteru 111
4.17. Nowe badania eksperymentalne nad wpływem ruchu Ziemi na przebieg zjawisk elektromagnetycznych 111

4.18. Lorentz o zjawiskach elektromagnetycznych w układzie poruszającym się z dowolną prędkością mniejszą niż prędkość światła 111
4.19. Poincaré o dynamice elektronu 112
4.20. Einstein o elektrodynamice ciał w ruchu 113
4.21. Einstein o związku bezwładności ciała i zawartej w nim energii 115
4.22. KOMENTARZ: Co przywiodło Einsteina do sformułowania szczególnej teorii względności? 116
4.23. Reakcja Lorentza, Poincarégo i innych na pracę Einsteina 118
4.24. KOMENTARZ: A co, gdyby Einsteina nie było? 120

Rozdział 5. **Od zasad termodynamiki do pierwszych wzorów kwantowych** . . 123
5.1. Badania nad ciepłem do połowy XIX w. 123
5.2. Pierwsza zasada termodynamiki 124
5.3. Widma gazów i funkcja Kirchhoffa 124
5.4. Druga zasada termodynamiki 125
5.5. Kinetyczna teoria gazów 126
5.6. KOMENTARZ: O niejasnych związkach między termodynamiką a mechaniką 127
5.7. Początki fizyki statystycznej 128
5.8. Boltzmanna statystyczna interpretacja drugiego prawa termodynamiki 129
5.9. Planck przeciw fizyce statystycznej i atomizmowi 130
5.10. Pierwsze badania nad promieniowaniem ciał czarnych i pierwsze spekulacje teoretyczne 131
5.11. Dalsze badania eksperymentalne nad promieniowaniem ciał czarnych i towarzyszące im dociekania teoretyczne 132
5.12. Zasada chaosu molekularnego 134
5.13. Planck o procesach nieodwracalnych 134
5.14. Pomiary widma ciał czarnych dla dużych λT 136
5.15. Planck modyfikuje prawo Wiena 137
5.16. Kwanty energii i kwantowy wzór na jej rozkład w widmie ciała czarnego 138
5.17. KOMENTARZ: Co nie może zdarzyć się w umyśle jednostki, może zdarzyć się na papierze – raz jeszcze 140

Rozdział 6. **Odkrywanie elektronu i innych składników mikroświata** 145
6.1. Pierwsze badania nad promieniami katodowymi 145
6.2. Ku korpuskularnej teorii promieni katodowych 146
6.3. Ku falowej teorii promieni katodowych 147
6.4. Spory o naturę promieni katodowych 148
6.5. Pierwsze prace J.J. Thomsona 151
6.6. Wzór Balmera dla widma wodoru 152
6.7. Efekt fotoelektryczny 152
6.8. Dalsze badania nad promieniami katodowymi 154
6.9. Röntgen zauważa to, co inni „widzieli, a nie zobaczyli” 155
6.10. Badania Röntgena nad promieniami X 157
6.11. KOMENTARZ: Czy Röntgen dokonał rewolucji naukowej? 158
6.12. Dalsze systematyczne badania eksperymentalne nad promieniami X i towarzyszące im dociekania teoretyczne 161
6.13. Odkrycie helu 163

6.14. Promieniotwórczość uranu 163
6.15. Odkrywanie elektronu 164
6.16. Badania J.J. Thomsona nad promieniami katodowymi w pierwszych miesiącach 1897 166
6.17. J.J. Thomson, lato 1897 169
6.18. Dalsze systematyczne badania nad promieniami X, α, β i γ 171
6.19. Odkrycie polonu i radu 172
6.20. Dalsze badania nad promieniami X, α, β i γ 173
6.21. Atomy, elektrony, promieniotwórczość itd. 1902–1905 175
6.22. KOMENTARZ: Klasyczne odkrywanie nieklasycznych składników mikroświata 176

Rozdział 7. **Ku kwantowym modelom atomów** 179
7.1. Pierwsze spekulacje na temat budowy atomów 179
7.2. Kwanty światła 180
7.3. Atomy, elektrony i promieniotwórczość 1905–1907 182
7.4. Kwantowa teoria ciepła właściwego 183
7.5. Atomy, elektrony, promieniowanie 1908–1910 185
7.6. Odkrycie jądra atomowego 186
7.7. Reakcje na kwantową teorię światła 187
7.8. Kwantowe i niekwantowe modele atomów 188
7.9. KOMENTARZ: O walce logiki z wyobraźnią 190
7.10. Pierwszy kongres o promieniowaniu i kwantach 191
7.11. Postępy badań nad mikroświatem 193
7.12. Pierwsze dociekania Bohra 194
7.13. Bohr o budowie atomu wodoru 196
7.14. Bohr o budowie atomów i cząsteczek 199
7.15. KOMENTARZ: Sytuacja odkryciogenna 200
7.16. UZUPEŁNIENIE: Dalsza droga do mechaniki kwantowej 203

Rozdział 8. **O mechanizmie relatywistycznej i kwantowej rewolucji w fizyce** . . 209
8.1. Pierwsze refleksje 209
8.2. Badania normalne 210
8.3. Czy rozwój nauki jest zdeterminowany? 213
8.4. Rola wymiany pokoleń w procesie narodzin nowego programu badań 215
8.5. Niespójność systemu jako zarzewie rewolucji naukowej 216
8.6. Okres przejściowy, eklektyczny 217
8.7. Nowy obraz świata i nowy program badań 218
8.8. Mit geniuszu 219
8.9. Uwagi na zakończenie 220

Bibliografia 223

Indeks nazwisk 233

WSTĘP

1. Rewolucje relatywistyczna i kwantowa w fizyce

Na przełomie XIX i XX w. w fizyce miały miejsce dwie rewolucje: **mechanika klasyczna**, od dwustu lat stanowiąca podstawę tej dyscypliny, została zastąpiona przez **teorię względności** z jednej, a **mechanikę kwantową** z drugiej strony. Wprawdzie mechanika klasyczna pozostała użyteczna jako narzędzie obliczeń np. dla inżynierów projektujących mosty, ale kiedy myślimy o tym, **z czego i jak świat jest zbudowany**, to obrazy relatywistyczne i kwantowe nie mają wiele wspólnego z tym, co o świecie myśleli fizycy pod koniec XIX w. Wymianie uległy m.in. twierdzenia dotyczące natury czasu, przestrzeni, materii i przyczynowości – a zatem te, które Immanuel Kant (1781) uważał za konieczne sądy syntetyczne a priori.

Upadek mechaniki klasycznej zmienił raz na zawsze nasze pojmowanie natury wiedzy ludzkiej. Jeśli o filozofię chodzi, to klasyczny empiryzm, klasyczny racjonalizm, a także kantyzm odeszły do lamusa. Na znaczeniu, rzecz jasna, zyskał relatywizm. Sami naukowcy po takim doświadczeniu też zmienili swoje nastawienie: skoro raz się zdarzyło, że teoria fizyczna, która zdawała się (niemal) dowiedziona eksperymentalnie, upadła i trzeba było całą dyscyplinę zbudować na nowych fundamentach, to nie da się wykluczyć, że podobny los czeka w przyszłości teorie obecnie uważane za podstawowe.

2. Pierwsze reakcje filozofów nauki

Jeden z uczestników rewolucji relatywistycznej, Henri Poincaré, pod wpływem dokonujących się przemian stworzył epistemologię **konwencjonalistyczną**: zasady, leżące u podstaw fizycznego obrazu świata, są „definicjami w przebraniu", akceptowanymi na mocy milczącej umowy między uczonymi z uwagi na swą prostotę i piękno. Radził przy tej okazji uczonym, by zacho-

wali geometrię Euklidesa jako podstawę fizyki, a także by trwali przy mechanice klasycznej tak dalece, jak to będzie możliwe. Natomiast za „potępione" przez wyniki eksperymentów uznał prawo zachowania energii (Poincaré 1905a, rozdz. 9). Sprawy potoczyły się niezgodnie z tymi radami.

Ludwik Fleck, mikrobiolog ze Lwowa, przyglądając się procesowi powstawania fizyki kwantowej, poczynił ważną uwagę:

> Mamy obecnie szczęście być świadkami spektaklu narodzin, stworzenia nowego stylu myślowego. […] Wcześniej czy później wiele rzeczy się zmieni: prawo przyczynowości, pojęcia obiektywności i subiektywności. Inne będą oczekiwania wobec naukowych rozwiązań, ważność uzyskają inne problemy. Wiele rzeczy udowodnionych okaże się nieudowodnionych, wiele z nieudowodnionych okaże się zbędnymi. […] Stworzy się nową, przystającą do współczesności rzeczywistość (Fleck 1929).

Kilka lat później sformułował **teorię kolektywów myślowych i stylów myślowych**, kreśląc obraz natury i skutków tego rodzaju zmian (Fleck 1935a). Kolejne w historycznym rozwoju nauki style myślowe określił mianem **niewspółmiernych**. Przez następne pół wieku epistemologia Flecka pozostała niezauważona przez filozofów nauki i epistemologów.

W latach 1930. filozoficzna refleksja nad nauką została zdominowana przez **pozytywistów logicznych**, skoncentrowanych na poszukiwaniu **kryteriów empirycznej sensowności zdań**. Przemiany, do jakich doszło w fizyce na początku XX w., nie stanowiły dla nich źródła poważnych problemów. W tym samym okresie powstała **falsyfikacjonistyczna** metodologia Karla R. Poppera (1934), która wyrosła m.in. z refleksji nad pojawieniem się teorii względności, a w której **racjonalnej rekonstrukcji** poddaje się raczej rozwój wiedzy niż jej stan w danym czasie. Jednak Popper nie prowadził badań ani nad historią nauki, ani nad bieżącą praktyką badawczą, a poniższe studium przeobrażeń wiedzy wykaże, jak naiwny jest kreślony przez niego obraz.

Empirystów logicznych i Poppera łączyło przekonanie, że o **treści** teorii naukowych decydują **logika** i **wyniki eksperymentów**. Wspólnie uważali też, że proces **wymyślania nowych hipotez i teorii** – o czym dokładniej w § 1.5 – nie przebiega zgodnie z regułami logiki; logicznej/racjonalnej rekonstrukcji podlegają natomiast procedury **empirycznego sprawdzania** (weryfikacji, potwierdzania, falsyfikacji) twierdzeń kandydujących do miana wiedzy. Naukowa racjonalność polega na (tymczasowej) **akceptacji** twierdzeń dobrze potwierdzonych i na (definitywnym) **odrzucaniu** twierdzeń sfalsyfikowanych.

3. Obraz rewolucji naukowych w podręcznikach i pracach popularnonaukowych

Z grubsza Popperowski obraz rozwoju wiedzy naukowej można znaleźć w wielu **podręcznikach** i **tekstach popularnonaukowych**. Poprzestanę na

jednym, ale typowym przykładzie. W jednym z najlepszych popularnych wprowadzeń do fizyki, jakie znam, Leon N. Cooper (1968) – laureat Nagrody Nobla – wspomina o paśmie sukcesów fizyki klasycznej, by wreszcie dotrzeć do eksperymentu Michelsona-Morleya z 1887 (§ 29). Jego wynik wykazał, jak twierdzi, że leżące u podstaw mechaniki newtonowskiej – wzbogaconej o hipotezę eteru światłonośnego – założenia o naturze czasu i przestrzeni były fałszywe. W tej sytuacji Lorentz wprowadzał hipotezy ad hoc, takie jak hipoteza kontrakcji, by ratować klasyczną fizykę. Natomiast Einstein dokonał „uderzającej zmiany punktu widzenia" i sformułował nową teorię czasu i przestrzeni, a także określił nowe związki między masą, energią i pędem. Owszem, Cooper przyznaje, eksperyment Michelsona-Morleya był tylko jednym z wielu spokrewnionych, nie omawia ich jednak i błędnie charakteryzuje ich cele. Przyznaje, że Einstein, pracując nad podstawami szczególnej teorii względności, zapewne eksperymentu Michelsona-Morleya nie znał (§ 30). A jednak przedstawia rozwój fizyki zgodnie z takim oto schematem: teoria T_1 → dedukcja przewidywań → eksperymenty → falsyfikacja → nieudane próby ratowania T_1 za pomocą hipotez ad hoc → wyobraźnia twórcza → teoria T_2 → dedukcja przewidywań itd. Analogicznie – choć opowieść jest tym razem bardziej zawiła – Cooper przedstawia historię rewolucji kwantowej (§§ 34–37). Twierdzi tam m.in., że klasyczna zasada ekwipartycji energii – która prowadziłaby w pewnych przypadkach do tzw. katastrofy w nadfiolecie – została sfalsyfikowana przez wyniki pomiarów rozkładu energii w widmie ciała czarnego. Ujawnili to Lord Rayleigh i James Jeans, na co Max Planck miał zareagować, wymyślając hipotezę, że energia jest absorbowana i emitowana porcjami równymi iloczynowi pewnej stałej i częstości światła. Cooper przemilcza to, że artykuł Jeansa, w którym po raz pierwszy wskazano na groźbę katastrofy w nadfiolecie, ukazał się kilka miesięcy po pracy Plancka, a także to, że Planck, ogłaszając pierwsze wzory kwantowe, milczy o problemach z zasadą ekwipartycji energii. Cooper nie jest wyjątkiem, jeśli chodzi o wymyślanie historii nauki wstecz, tak aby pasowała do naiwnego, a rozpowszechnionego wśród naukowców, obrazu mechanizmów rozwoju wiedzy.

4. Kuhn o strukturze rewolucji naukowych

W latach 1940. młody fizyk Thomas S. Kuhn uzmysłowił sobie – czytając Arystotelesa, a także prace Alexandra Koyrégo i innych historyków nauki – że obraz dziejów fizyki i chemii, jaki przekazują podręczniki i prace popularnonaukowe, prowadzi do błędnych wyobrażeń na temat tego, czym jest nauka i jak się rozwija.

> Częściowo dokonując selekcji, a częściowo wypaczeń, przedstawia się uczonych epok minionych tak, jakby mierzyli się z tym samym zespołem ustalonych proble-

> mów i opierali się na tym samym zbiorze niezmiennych kanonów, które zostały uznane za naukowe w wyniku ostatniej rewolucji w sferze teorii i metod (Kuhn 1962, rozdz. XI).

Badania historyczne uzmysłowiły mu przede wszystkim, że rozwój naukowych poglądów na świat nie zawsze jest ciągły. Jest ciągły w okresach **badań normalnych**, gdy **wspólnota naukowa** wzoruje się na **paradygmacie**, pewnym osiągnięciu poznawczym, które uznaje za godne naśladowania. Paradygmat dostarcza normalnym naukowcom problemów, narzędzi potrzebnych do ich rozwiązania, a wreszcie kryteriów akceptacji rozwiązań. Normalni naukowcy nie szukają czegoś zasadniczo nowego, ani eksperymentalnie, ani teoretycznie. Ale stałe poszerzanie zakresu badań oraz zwiększanie ich dokładności prowadzi do odkrywania **anomalii**, które zdają się przeczyć paradygmatowi. Anomalie są zwykle ignorowane lub odkładane na później, a czasem próbuje się je wyjaśniać za pomocą rozmaitych hipotez ad hoc. Jednak gdy zaczynają się mnożyć i zyskiwać na znaczeniu, grupa badaczy, zwykle młodych, popada w stan **psychologicznego kryzysu**. To z kolei pobudza ich do **badań nadzwyczajnych**, prowadzonych – w przeciwieństwie do normalnych – niemal po omacku. Wreszcie ktoś wpada na nowy, rewolucyjny pomysł.

> Na czym polega istota tego ostatniego stadium – w jaki sposób jednostka wymyśla (lub stwierdza, że wymyśliła) nowy sposób uporządkowania zebranych danych – to pytanie, które tu musimy pozostawić bez odpowiedzi i być może nigdy się to nie zmieni (Kuhn 1962, rozdz. VIII).

Jeśli pomysł ów zyska zwolenników, rodzi się nowy paradygmat. Ale nie jest to tylko nowy teoretyczny obraz pewnych zjawisk. Wraz z nim powstaje nowa lista problemów uznanych za ważne, a nawet za sensowne, nowy zestaw narzędzi do ich rozwiązywania i nowy zbiór kryteriów akceptacji rozwiązań. Zmienia się język, za pomocą którego opisuje się zjawiska, a gdy jakieś terminy zostają przejęte ze starego paradygmatu, to zyskują one nowe znaczenia – gdyż zmienia się postulowana przez paradygmat ontologia. A wreszcie zmiana paradygmatu powoduje zmianę sposobu, na jaki badacze postrzegają rzeczywistość: patrząc z tego samego miejsca w tym samym kierunku, zwolennicy różnych paradygmatów czasem widzą coś innego. Kuhn podsumowuje to, mówiąc, tak jak niegdyś Fleck, że konkurencyjne paradygmaty są **niewspółmierne**, a „W sensie, którego nie jestem w stanie bliżej wyjaśnić, zwolennicy rywalizujących paradygmatów uprawiają swoje zawody w różnych światach" (Kuhn 1962, rozdz. XII).

Ćwierć wieku później Kuhn dodał ważne uzupełnienie. Ponieważ rewolucyjne zmiany są holistyczne, to: „Nie mogą zostać dokonane po kawałku, krok po kroku i pod tym względem są przeciwieństwem zmian normalnych czy kumulatywnych, takich jak na przykład odkrycie prawa Boyle'a" (Kuhn 1987).

Skoro brak wspólnej listy problemów badawczych i kryteriów akceptacji, wspólnego języka i wspólnych „faktów", to sporów między zwolennikami różnych paradygmatów nie da się rozstrzygnąć, odwołując się do praw logiki i wyników doświadczeń. „Każdy paradygmat lepiej lub gorzej spełnia kryteria, jakie sam sobie stawia, i nie może sprostać tym, które narzuca mu stanowisko konkurencyjne". W rezultacie: „Jedynym historycznym procesem, który faktycznie doprowadza do zarzucenia poprzednio akceptowanej teorii i do przyjęcia nowej, jest współzawodnictwo między odłamami wspólnoty naukowej" (Kuhn 1962, rozdz. I). Jeśli chcemy wyjaśnić przebieg **rewolucji naukowej**, czyli procesu, w wyniku którego **stary paradygmat** (macierz dyscyplinarna) **zostaje zastąpiony przez nowy**, to:

> […] wyjaśnienie musi mieć w ostatecznym rachunku charakter psychologiczny lub socjologiczny. Znaczy to, że musi ono być opisem systemu wartości, ideologii, a zarazem analizą instytucji, za których pośrednictwem system ten jest przekazywany i narzucany. Możemy mieć nadzieję, iż wiedząc, co cenią uczeni, zrozumiemy, jakie będą podejmować problemy i jakich wyborów będą dokonywać w danej sytuacji konfliktowej (Kuhn 1970, § IV).

5. Zasadniczy błąd Kuhna

Książkę Kuhna przeczytałem w 1976, gdy kończyłem studia z fizyki. Wywarła na mnie wielkie wrażenie i pobudziła do lektury dzieł z zakresu historii nauki, te zaś szybko uzmysłowiły mi, że schemat rewolucji naukowych, nakreślony na kartach *Struktury*, jest nie do utrzymania. Szczególną w tym rolę odegrała znakomita *Istorija fiziki* Borisa I. Spasskiego (1977), a później inne prace historyków nauki. Uzmysłowiły mi one, że Kuhn, ilustrując w (1962) swoje rozważania przykładami, popełnia charakterystyczny błąd: porównuje tylko stany wiedzy odległe w czasie, a ignoruje pośrednie stadia rozwoju teoretycznego.

Błąd ten jest szczególnie wyraźny w jego debiutanckiej książce, *Przewrocie kopernikańskim* (Kuhn 1957). Znaleźć tam można popularne omówienie i porównanie założeń leżących u podstaw pitagorejskich modeli astronomicznych, zarówno geocentrycznych, jak i heliocentrycznego. Ale pominięte zostało to, co działo się pomiędzy Ptolemeuszem a Kopernikiem. Z całej plejady astronomów świata islamu wspomniany jest jedynie al-Fargani. Brak informacji o tłumaczeniach *Almagestu* i innych starożytnych dzieł astronomicznych oraz matematycznych na arabski, a potem na łacinę, o okolicznościach powstania *Tablic toledańskich*, a później *Tablic alfonsyńskich* i ich roli. Bezpośredni poprzednicy Kopernika, Peurbach i Regiomontanus, są ledwie wspomniani, bez analizy ich poglądów i ewentualnego wpływu na narodziny heliocentryzmu. O Wojciechu z Brudzewa, od którego Kopernik uczył się w Krakowie astronomii, a który krytycznie podchodził do modeli heliocen-

trycznych, Kuhn nawet nie wspomina. Astronom i astrolog Domenico Maria Novara doczekał się jednej lakonicznej wzmianki, ani słowa zaś nie ma o dokonanych przez Novarę i Kopernika pomiarach zaćmienia Aldebarana przez Księżyc w 1497. W sumie Kuhn ogranicza się do porównania systemów astronomicznych odległych w czasie o czternaście wieków – by na tej podstawie kilka lat później stwierdzić, że były one niewspółmierne.

6. Lakatos o racjonalności rewolucji naukowych

Imre Lakatos (1970) zaakceptował znaczną część zawartych w *Strukturze rewolucji naukowych* ustaleń historycznych, ale twierdził, że za **wyborami naukowych programów badawczych** dokonywanymi przez (dobrych) naukowców kryją się **uniwersalne reguły racjonalności**. **Program badawczy** składa się z **twardego rdzenia** i **pasa ochronnego**. Gdy naukowcy natrafiają na doświadczalną anomalię, to modyfikują pas ochronny tak, aby system jako całość z nią uzgodnić, ale twardy rdzeń pozostawiają nietknięty. Jeśli kolejne modyfikacje pasa ochronnego prowadzą do nowych przewidywań, a przynajmniej część z nich zostaje doświadczalnie potwierdzona, to program jest teoretycznie i empirycznie **postępowy**. Jeśli nowych przewidywań nie ma i/lub (prawie) żadne nie zostają potwierdzone, to program ulega teoretycznej i/lub empirycznej **degeneracji**. Naukowcy, twierdzi Lakatos, zazwyczaj są racjonalni, a polega to na tym, że: „Jeśli mamy dwa konkurencyjne programy badawcze i jeden z nich jest postępowy, a drugi ulega degeneracji, naukowcy wykazują skłonność do przechodzenia na stronę programu postępowego" (Lakatos 1974). Choć przyznaje, że w praktyce nie jest to takie proste, to w świetle jego metodologii wybór między konkurencyjnymi programami dokonuje się pod presją kryteriów racjonalności wspólnych dla spierających się stron i niezmiennych w całej historii nauki. Rewolucje naukowe definiuje Lakatos prosto: „[…] rewolucje naukowe polegają na tym, że jeden program badawczy wypiera inny (będąc bardziej od niego postępowy)" (Lakatos 1971, § 1d). Zwycięski program ma odmienny twardy rdzeń i odmienną heurystykę od swego pokonanego poprzednika.

Pisząc: „Filozofia nauki bez historii nauki jest pusta, historia nauki bez filozofii nauki jest ślepa", Lakatos (1971, Wstęp) wyrażał nadzieję, że jego metodologia naukowych programów badawczych stanie się podstawą badań historyków nauki. Tak się nie stało i z punktu widzenia rozważań prowadzonych poniżej będzie ona niemal bezużyteczna.

7. Rzut oka na debaty po Kuhnie i Lakatosie

Od lat 1960. powstała niemożliwa wręcz do ogarnięcia liczba komentarzy do Kuhna i Lakatosa, a filozofowie nauki podzielili się na tych, którzy sądzą, że

rewolucyjne zmiany naukowe są racjonalne, a zatem można je wyjaśnić przez odwołanie się do **wyników eksperymentów** i **praw logiki**, oraz na tych, którzy zmiany takie uważają za irracjonalne, wymagające wyjaśnień **psychologicznych** bądź **socjologicznych**. W koncepcjach obu filozofów ujawniono liczne wady i dziś jest oczywiste, że w wersjach oryginalnych są one nie do utrzymania. A jednak w ciągu pół wieku nie zaproponowano w ich miejsce żadnego modelu rewolucji naukowych, który zyskałby rangę paradygmatycznego: takiego, który skupiłby na sobie uwagę kolejnych dyskutantów, a przede wszystkim wiódłby do dalszych badań logicznych, historycznych, socjologicznych i innych. Nie będę po kolei odnosił się do rozmaitych propozycji w tym zakresie, bo to by wymagało napisania całej książki. Obszerny i wciąż aktualizowany obraz znaleźć można w (Nickles 2017) – zainteresowanym łatwo więc zyskać podstawową wiedzę w tym zakresie, zwłaszcza jeśli zajrzą do prac, jakie Thomas Nickles wymienia w bibliografii. Moim celem jest pokazanie, jak doszło do dwóch wielkich rewolucji w fizyce, a przede wszystkim ujawnienie schematów zmian teorii wspólnych dla nich obu. Czy podobne schematy da się znaleźć w historii innych dyscyplin naukowych, nie wiem (choć mam nadzieję, że tak).

8. Moje inspiracje

Jeśli chodzi o źródła wykorzystanych w tej książce idei, to znów zacznę od Kuhna. Wkrótce po ogłoszeniu *Struktury* podjął on badania nad wczesnymi stadiami rewolucji kwantowej w fizyce (Heilbron & Kuhn 1969; Kuhn 1978). Czytelnika tych jego tekstów uderza, że w narracji historycznej w ogóle nie pojawiają się słowa klucze z kart *Struktury*: paradygmat, wspólnota naukowa, badania normalne, anomalie, kryzys, badania nadzwyczajne, niewspółmierność itd. Wbrew sugestiom z Posłowia do drugiego wydania *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894–1912* (1987) jego model rewolucji naukowych nie leży też implicite u podstaw zawartych tam relacji. Zarazem te teksty są wolne od wspomnianego przed chwilą błędu: omawia się w nich rozwój wczesnych idei kwantowych krok po kroku, szczegółowo analizuje się złożone interakcje między badaniami eksperymentatorów a dociekaniami teoretyków itd. Chyba na zawsze zagadką pozostanie, dlaczego Kuhn nawet nie próbował na podstawie tych prac sformułować nowej teorii rewolucji naukowych. Gdy wracał do problemów filozofii nauki, zawsze punktem wyjścia były twierdzenia z kart *Struktury*, z których jedne łagodził, inne modyfikował – by do śmierci niczego istotnego nie osiągnąć. Poniżej jego prace nad genezą idei kwantowych – a nie obraz rozwoju nauki z kart *Struktury* – stanowić będą ważne źródło inspiracji.

Co innego studia nad historią fizyki, a co innego próba stworzenia teorii przemian, jakim fizyka podlega. Do realizacji tego zadania narracje historyków nie wystarczą – tak jak nie da się teorii naukowych sformułować na

podstawie „czystych" wyników eksperymentów. Niezbędne są wyjściowe założenia dotyczące natury ludzkiego poznania, które pozwolą w materiale historycznym dostrzec to, co – z danego punktu widzenia – istotne, odpowiednio zestawić poszczególne epizody, niejednego się domyślić itd. Znalazłem szereg takich założeń w pismach późnego Ludwiga Wittgensteina, zwłaszcza w uwagach *O pewności* (1969). Choć Kuhn w Przedmowie do *Struktury* jako źródło własnych inspiracji wymienił książkę Ludwika Flecka *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* (1935), to początkowo nie zwróciłem na to uwagi. Nie byłem w tym odosobniony: wśród setek komentarzy i polemik, jakie w latach 1960. i 1970. powstały w związku z poglądami Kuhna, nikt choćby słowem nie odniósł się do epistemologii Flecka! Dopiero Wilhelm Baldamus (1977) i jego student Thomas Schnelle (1982) wprowadzili teorię kolektywów myślowych i stylów myślowych na rynek idei. W tym okresie ukazał się też angielski przekład książki Flecka (1979). Lektura Flecka, a także prac Imre Lakatosa o naukowych programach badawczych, „przyjaciół odkryć" z lat 1980. (zob. Nickles ed. 1980), Jona Dorlinga o dedukcyjnym charakterze wielkich odkryć teoretycznych (1971, 1995), Andrzeja Wiśniewskiego o logice pytań (1995), Davida Olsona o świecie na papierze (1994), a wreszcie referat Paula Hoyningen-Huenego o systematyczności jako kryterium naukowości, którego wysłuchałem w Krakowie w 1999 (zob. Hoyningen-Huene 2008, 2013), pozwoliły mi zgromadzić teoretyczne narzędzia niezbędne do ukierunkowanej lektury opracowań z historii fizyki i artykułów fizyków budujących podstawy szczególnej teorii względności oraz wczesnej mechaniki kwantowej. Przedstawię teraz część z tego, czego nauczyłem się od wspomnianych myślicieli – i zapewne nie tylko od ich. Uczynię to wybiórczo, dodając tu i ówdzie myśli własne.

Jeszcze uwaga o historycznych partiach tekstu, stanowiących większą część niniejszej książki. Nie jestem historykiem nauki, wiele natomiast na ten temat przeczytałem. Zaczęło się wszystko od wykładów z historii fizyki, jakie w 1975/76 wygłosił Andrzej Kajetan Wróblewski na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego; po latach przyjęły one formę książki (Wróblewski 2006). Niedługo potem przeczytałem *Istoriję fiziki* Spasskiego (1977) i tłumaczenia klasycznych tekstów zawartych w opasłych tomach *Dziejów rozwoju fizyki w zarysach* (1931). Nie potrafię po tylu latach należycie docenić wpływu rozmaitych historyków nauki na moje myślenie. W pracy nad ostateczną wersją rozdziału 3 pomocne były prace (Tricker 1965, 1966), a zwłaszcza (Darrigol 2000). Użytecznym źródłem wiedzy o powstaniu szczególnej teorii względności był (Darrigol 2005), a o wczesnych pracach Einsteina – (Pais 1982). Proces odkrywania pierwszych wzorów kwantowych przedstawiam głównie za (Kuhn 1978) i (Szymborski 1980). Dzieje badań nad promieniami katodowymi omawiam za (Dahl 1997), ale też za (Anderson 1964) i (Davis & Falconer 1997). Przebieg konstruowania kwantowych modeli atomów i cząsteczek Bohra pomogli mi zrozumieć John Heilbron i Kuhn

(1969). Zapewne nie spłaciłem licznych długów, jakie zaciągnąłem u innych autorów. W tekście brak odsyłaczy do prac wymienionych przed chwilą, gdyż zbytnio zaciemniłoby to prowadzone wywody.

Pierwotnie część historyczna miała dwukrotnie większą objętość, była też zaopatrzona w rysunki pomagające zrozumieć sens omawianych badań i teorii. Narrację skróciłem, jak tylko mogłem, aby nie nadużywać cierpliwości czytelniczek/ków; ostatecznie zostawiałem tylko te epizody, które są niezbędne dla zrozumienia przebiegu rewolucyjnych przeobrażeń obrazów świata. Usunąłem też rysunki, gdyż te bez trudu można znaleźć w internecie, wpisując w wyszukiwarkę (najlepiej po angielsku) odpowiednie hasło czy nazwisko. Osoby nieznające w dostatecznym stopniu fizyki łatwo znajdą potrzebne im objaśnienia w bardzo licznych pracach popularnych. Gdybym ja wprowadził je do tekstu, zmieniłoby to zupełnie charakter tej książki.

Przy okazji wyjaśnienie. Swą krótką książkę *Cognitive Structure of Scientific Revolutions* Andersen, Barker i Chen (2006) ilustrują przykładami rewolucji kopernikańskiej, a także zmian systemów klasyfikacji ptaków i poglądów na temat rozszczepienia jądra atomowego. Ujmują je w ramy psychologii poznawczej Lawrence'a Barsalou, co pozwala im sformułować szereg interesujących tez na temat m.in. niewspółmierności pojęć. Nie prowadzą badań podobnych do przedstawionych poniżej: mnie interesuje sam proces powstawania nowych pojęć i systemów twierdzeń, a nie porównywanie pojęć i ujętych w ich ramy poglądów już gotowych. Powstaje natomiast pytanie, czy sam nie powinienem wykorzystać np. dokonań teoretyków umysłu rozszerzonego z lat ostatnich, zamiast poprzestawać na stosowaniu epistemologicznych tez Flecka czy Wittgensteina. Odpowiem na to, że wykorzystuję te tezy na bardzo elementarnym poziomie, a one, jak mi się zdaje, całkiem wystarczają. Jeśli krytycy przekonają mnie – na konkretnych przykładach – że wiele w rezultacie moje analizy tracą, postaram się naprawić błędy i coś jeszcze na te tematy napisać.

Po raz pierwszy próbowałem zrekonstruować schemat, według którego przebiegają rewolucje naukowe, w (Sady 1981), a potem w (1990) i kilku innych tekstach. Te prace wielokrotnie przerywałem, pochłonięty innymi zagadnieniami. O sytuacjach odkryciogennych pisałem w (2003), o systematyczności badań jako kryterium ich naukowości m.in. w (2009). Proces odkrywania elektronu przedstawiłem i skomentowałem w (2011). O tym, że rewolucyjne odkrycia teoretyczne pojawiają się raczej na papierze niż w głowach uczonych, pisałem w (2013).

Wszystkie cytaty, jeśli w bibliografii brak tłumaczenia polskiego, przetłumaczyłem sam. Wyróżnienia w cytatach pochodzą zawsze z tekstów oryginalnych.

Rozdział 1

OBRAZ ŚWIATA MECHANIKI KLASYCZNEJ

1.1. UWAGI WSTĘPNE: Wspólnoty naukowe

Zacznijmy od bardzo ogólnych uwag na temat natury poznania ludzkiego. Człowiek przychodzi na świat wyposażony w organy, dzięki którym może spostrzegać i może myśleć, ale te potencjalne zdolności zostają uaktywnione, dopiero gdy zostanie on poddany procesowi **socjalizacji pierwotnej**. Kluczową w tym rolę odgrywa opanowanie języka wytworzonego przez wspólnotę, w jakiej dorasta, a także przyswojenie sobie podstawowych poglądów właściwych dla owej wspólnoty. Splecione to jest z wdrażaniem we właściwe dla wspólnoty sposoby życia. Bez tej tresury, która wyposaża umysł w zestaw aprioryczny form i kategorii – znajdujących wyraz w używanych słowach i w sposobach łączenia słów w zdania – człowiek ani nie spostrzega, ani nie myśli.

Aby zostać naukowcem, jednostka musi wejść w bliskie i długotrwałe kontakty z członkami **wspólnoty naukowej**. Każdy z bohaterów prowadzonych w tej książce opowieści w szkole, a potem na uniwersytecie, został poddany procesowi **socjalizacji wtórnej** – i przyswoił sobie obowiązujący w danym czasie system fizyki. Fleck pisał w związku z tym:

> Niemożliwy jest naprawdę izolowany badacz […]. Izolowany badacz bez uprzedzeń i tradycji, bez działających na niego sił społeczeństwa myślowego i bez wpływu ewolucji tego społeczeństwa byłby ślepy i bezmyślny. Myślenie jest czynnością zbiorową […]. Produktem jego jest pewien obraz, widoczny tylko dla tego, kto w tej czynności społecznej bierze udział, lub myśl jasna również tylko dla członków kolektywu. Co myślimy i jak widzimy zależy od kolektywu myślowego, do którego należymy (Fleck 1935b).

Gdy styl myślenia jest skomplikowany, a jego opanowanie i stosowanie trudne, wyodrębnia się, jak pisał Fleck, **krąg ezoteryczny**, którego człon-

kowie na tematy fachowe mogą rozmawiać tylko we własnym gronie i tylko do członków tego kręgu adresują swoje fachowe publikacje. To grono otacza zwykle znacznie liczniejszy **krąg egzoteryczny** ludzi, którzy na rozmaite sposoby korzystają z dokonań profesjonalistów lub interesują się nimi. Większość naukowców przeszła też socjalizację wtórną w rozmaitych wspólnotach, np. religijnych czy hobbystycznych. Jednostka może należeć do różnych wspólnot – zwłaszcza do ich kręgów egzoterycznych – i opanować w związku z tym różne style myślenia, a niejako przełączać się między nimi wraz ze zmianami otoczenia, w jakim się znalazła.

W naukowych kręgach ezoterycznych Fleck odróżniał **awangardę** (eksperymentatorów i teoretyków uważanych za wybitnych), **grupę zasadniczą** (badaczy dobrze znających swój fach i prowadzących rzetelne badania) i **maruderów**. Podkreślał stabilizującą rolę grupy zasadniczej, która selekcjonuje, modyfikuje i systematyzuje dokonania „geniuszy", a wreszcie wytwarza podręczniki.

We wspólnocie badaczy – w odróżnieniu od wspólnot religijnych, politycznych i podobnych – wszyscy, jako badacze, są równi wśród równych. Wstęp do wspólnot naukowych jest (a przynajmniej powinien być) otwarty dla każdego, kto jest w stanie prowadzić owocne badania. Obowiązuje zasada **intersubiektywnej sprawdzalności**. W związku z nią badacz ma tak opisać swoje eksperymenty, by inni – zwykle dysponujący mniej lub bardziej odmiennym zasobem wiedzy szczegółowej i doświadczeń praktycznych – byli w stanie je powtórzyć. Ma też tak przedstawić przebieg dociekań teoretycznych, aby inni fachowcy mogli ocenić ich poprawność, a także wykorzystać we własnych pracach.

Badacze, jako badacze, są obywatelami świata, a nie swoich małych ojczyzn. Prawie każdy należy do jakiegoś narodu, wielu wyznaje taką czy inną religię, popiera jakiś system polityczny itd. Ale przypadki, gdy uczucia religijne czy nacjonalistyczne wpływają na treść poglądów roszczących sobie prawo do miana naukowych – tak jak to było w przypadku „niemieckiej fizyki" Philippa Lenarda (1936) i Johannesa Starka – należy traktować jako patologię. Nieustanne kontakty zawodowe nie tylko wzbogacają i aktualizują obraz świata w umysłach jednostek, ale pobudzają je do pracy. Gdyby uczeni nie pragnęli środowiskowego uznania i nie otrzymywali go, to wkładaliby w badania nieporównanie mniej wysiłku.

Liberalno-demokratyczny jest stosunek naukowców do społecznego otoczenia nauki. Choć z uwagi na złożoność zagadnień niemożliwy jest dialog naukowca z laikiem na tematy fachowe, to najznakomitsi bohaterowie poniższych opowieści – Maxwell, Lorentz, Poincaré, Einstein, Planck, Bohr, Heisenberg i inni – pisali książki popularnonaukowe, starając się zapoznać jak najszersze kręgi z aktualnym stanem wiedzy naukowej choćby na poziomie jakościowym. Poszerza to kręgi egzoteryczne i podnosi ich jakość, a także zachęca zdolną młodzież do podjęcia prób wejścia do kręgów ezoterycznych.

W wypowiedziach naukowców częste – i najwyraźniej szczere – są deklaracje, że chcą **służyć społeczeństwu** w rozumieniu **utylitarystycznym**: czynić życie ogółu ludzi zdrowszym, bezpieczniejszym, zasobniejszym, ciekawszym itd. Szczególnie silne więzi łączą naukowców z wytwórcami, a wsparcie ze strony wytwórców (i żołnierzy) tworzy materialne podstawy dalszego istnienia nauki. Nauka najlepiej rozwija się – o czym świadczy historia ludzkości ostatnich trzech stuleci – w systemach **liberalnej demokracji**. Chyba nie przypadkiem *Philosophiae naturalis principia mathematica* Newtona (1687) i *Drugi traktat o rządzie* Johna Locke'a (1690) ukazały się niemal jednocześnie. Ten związek myślenia naukowego z wytwórczością z jednej, a stosunkami społecznymi z drugiej strony nie został dotąd rzetelnie ustalony – nie stanowi jednak tematu rozważań prowadzonych poniżej.

1.2. UWAGI WSTĘPNE: Wdrażanie w naukowe style myślowe

Jak już powiedziano, abyśmy nie byli ślepi i bezmyślni, nasze umysły muszą zostać przez innych ludzi – w trakcie kontaktów osobistych lub lektury książek – napełnione apriorycznym systemem **form zmysłowości** i **pojęć intelektu**.

W procesie socjalizacji zarówno pierwotnej, jak i wtórnej uwrażliwia się nas na pewne bodźce zmysłowe, których zestaw jest charakterystyczny dla wspólnoty, w jakiej wzrastamy. Kluczową w tym rolę odgrywa wdrażanie do **nazywania** pewnego rodzaju rzeczy czy zdarzeń. Do tego, kto przeszedł taką (jak powiadał Wittgenstein) tresurę, **świat przemawia słowami** – słowa w pewnych sytuacjach mu się **narzucają**, a dzieje się to poza zasięgiem świadomej kontroli. Natomiast rzeczy czy zdarzenia, których nie nauczono nas nazywać, czasem ignorujemy, a czasem usiłujemy wtłoczyć w znany nam system form zmysłowości. Dwaj ludzie wychowani w różnych wspólnotach, patrząc z tego samego miejsca w tym samym kierunku (jak podkreślał Kuhn), czasem zobaczą coś innego, a czasem jeden pozostanie obojętny na to, co drugiego zainteresuje. Fleck pisał:

> Chodzimy po świecie i nie widzimy wcale punktów, kresek, kątów, świateł czy cieni, z których byśmy mieli przez syntezę lub wnioskowanie układać „co to jest", lecz widzimy od razu dom, pomnik na placu, oddział żołnierzy, wystawę z książkami, gromadę dzieci, panią z pieskiem: same gotowe postacie. […] Patrzymy oczami własnymi, ale widzimy oczami kolektywu, postaciami, których sens i zakres dopuszczalnych transpozycji stworzył kolektyw (Fleck 1947, § II).
> „Widzieć" znaczy to: odtwarzać w odpowiednim momencie obraz, wytworzony przez społeczność myślową, do której się należy (Fleck 1935b).

Podobnie ujmował to „trzeci" Wittgenstein:

> Ta forma, którą widzę – chciałbym powiedzieć – nie jest po prostu *jakąś* formą, lecz jedną ze znanych mi form; jest ona formą z góry wyróżnioną. Jedną z form, których obraz był we mnie już wcześniej; i tylko dlatego, że odpowiada takiemu obrazowi, jest formą dobrze mi znaną. (Noszę ze sobą niejako katalog takich form i te właśnie przedmioty, które są w nim odwzorowane, są dobrze znane) (Wittgenstein 1967, § 209).

A zastanawiając się nad tym, że „to samo" można niekiedy widzieć na różne sposoby, zapisał:

> Czy rzeczywiście widzę za każdym razem co innego, czy może interpretuję tylko rozmaicie to, co widzę? Powiedziałbym raczej to pierwsze. Ale dlaczego? – Interpretacja jest myśleniem, pewnym działaniem; widzenie zaś jest stanem (Wittgenstein 1953, § XI.248).

W trakcie socjalizacji pierwotnej nikt nie przedstawia dziecku listy słów do nauczenia, nie tłumaczy mu zasad gramatyki, nie wyjaśnia sposobów, w jakie słowa wiążą się z życiem i ze światem. Dorośli dostarczają mu natomiast bardzo licznych przykładów, zachęcają do naśladowania, chwalą, gdy dziecko mówi tak, jak oni by mówili w danej sytuacji, a gdy mówi inaczej, poprawiają je i podsuwają kolejny wzorzec. Tak ukształtowani ludzie intuicyjnie odróżniają wypowiedzi poprawne od niepoprawnych – choć nie potrafią jasno powiedzieć, na jakiej podstawie tak czynią. Opanowujemy umiejętności, nie znając zasad ich funkcjonowania. (Gramatycy, badając językowe praktyki, odkrywają reguły, i liczne od nich wyjątki, rządzące danym językiem potocznym, z istnienia których sami rodzimi użytkownicy nie zdają sobie sprawy – o ile nie uczono ich gramatyki w szkole).

Taką samą naturę ma proces socjalizacji wtórnej, po przejściu którego jednostka staje się naukowcem. Uczeń obserwuje eksperymenty demonstrowane przez nauczycieli, wysłuchując przy tym opisów tego, co się dzieje. Zaczyna się od najprostszych **wzorcowych przykładów**, takich jak – na lekcji fizyki – **staczanie się kulki z równi pochyłej** czy **ruch wahadła** w postaci niewielkiego ciężarka zawieszonego na lekkiej i prawie nierozciągliwej nici. Potem uczeń część eksperymentów przeprowadza, według otrzymanych instrukcji, samodzielnie – a nauczyciele oceniają poprawność stosowanych procedur i sposobu opracowania wyników. Jednocześnie uczeń jest zapoznawany z teoretycznymi wyjaśnieniami przebiegu eksperymentów. Nauczyciele rozwiązują wzorcowe zadania, znów od najprostszych zaczynając, a uczeń próbuje rozwiązać kolejne przez analogię z tamtymi. Ten, kto pozna i zrozumie udane zastosowania panujących w danym czasie teorii, łącznie – w pewnej dziedzinie – z najnowszymi, zyskuje szanse na zostanie badaczem.

W naukach społecznych eksperymentowanie odgrywa rolę raczej marginalną (choć wiele eksperymentują np. behawioryści). Tam kluczową rolę odgrywają opisy pewnych wzorcowych sytuacji, zachowań ludzi w takich

to a takich okolicznościach. Uczniowie są zapoznawani z tymi opisami, po czym oczekuje się od nich, że sami dokonają analogicznego opisu sytuacji pod pewnymi względami analogicznych. Prowadzone w tej książce rozważania nie będą dotyczyły procedur badawczych stosowanych w naukach społecznych, a tym bardziej w humanistyce. Czy, po odpowiednich modyfikacjach, uzyskane tu wyniki pozwolą lepiej zrozumieć zmiany dokonujące się w psychologii, socjologii bądź kulturoznawstwie, nie da się rozstrzygnąć bez przeprowadzenia systematycznych badań – których ja przeprowadzić bym nie potrafił.

Kształcenie przyszłych naukowców opiera się na podręcznikach, zarówno przedstawiających aktualny stan wiedzy w danej dyscyplinie (lub poddyscyplinie), jak i zawierających zadania do samodzielnego rozwiązania. Objaśniane jest to wszystko w trakcie wykładów, a pomoc w rozwiązywaniu zadań student/ka otrzymuje na ćwiczeniach. Dochodzą do tego zajęcia w pracowniach czy laboratoriach. Ci, którzy pomyślnie przejdą przez taki proces edukacji, zaczynają – zwykle w okresie pracy nad doktoratem – czytać artykuły w czasopismach fachowych, dzięki czemu zyskują rozeznanie w prowadzonych aktualnie badaniach, a także wzorce do naśladowania w trakcie badań własnych.

W całym tym procesie kształcenia przyszłych badaczy – analogicznie do procesu wdrażania w używanie języka rodzimego – nie wyjaśnia się, czym jest nauka, jak się ją uprawia, jaka jest natura twierdzeń naukowych (które są analityczne, które syntetyczne a posteriori, a które być może syntetyczne a priori), jakie są kryteria akceptacji hipotez lub teorii itd. Nie mówi się więc o kwestiach, na których skupia się uwaga filozofów nauki. Tak wykształceni naukowcy **intuicyjnie odróżniają dobrą pracę badawczą od złej**, choć zwykle **nie potrafią w sposób jasny i wyczerpujący powiedzieć, na czym dobra praca badawcza polega**. A potem kształcą swoich następców tak, jak ich niegdyś kształcono.

Ma to ważne konsekwencje. Skoro opanowany język kształtuje sposób, w jaki postrzegamy świat i w jaki o świecie myślimy, to rodzimi użytkownicy niemal nie zauważają jego istnienia. Traktują język, w którym wyrośli, jako coś najbardziej naturalnego i oczywistego, a nie jako coś społecznie skonstruowanego, co mogłoby być inne. Podobnie młodzi naukowcy, którzy przeszli proces naukowej edukacji – profesjonalnej tresury – postrzegają potem świat i myślą o świecie w bardzo szczególny sposób. A tego sposobu nie traktują jako apriorycznej – i prowizorycznej – podstawy badań, ale uważają go za zwierciadlany obraz świata. Zwykle mówią: „W atomach elektrony krążą wokół jąder", a nie: „W modelu atomu takim a takim elektrony krążą wokół jąder".

> Jednostka nie ma nigdy, lub prawie nigdy, świadomości kolektywnego stylu myślenia, który prawie zawsze wywiera bezwzględny przymus na jej myślenie i wbrew któremu niczego nie można pomyśleć (Fleck 1935a, II.4).