

WŁADYSŁAW KRAJEWSKI

**P**

**RAWA NAUKI**

**PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ  
METODOLOGICZNYCH  
I FILOZOFICZNYCH**

KSIĄŻKA I WIEDZA

## VII. Idealizacja

### 1. Metoda idealizacji w nauce

Metoda idealizacji polega na rozpatrywaniu danego zjawiska w warunkach skrajnie uproszczonych, które w rzeczywistości nigdy nie występują. Założenie, że warunki te są spełnione, jest więc założeniem nierealnym (kontrafaktycznym); mówimy, że jest to założenie idealizacyjne. Dzięki takim założeniom zjawisko może być zanalizowane w „czystej postaci”, pominięte są bowiem zakłócające wpływy czynników wobec niego ubocznych. Można wówczas sformułować prawo, które nazywamy prawem idealizacyjnym, albowiem dokładnie spełnione jest tylko w modelu idealnym (przy przyjęciu założeń idealizacyjnych). Jednakże prawo to ujmuje istotę procesu zachodzącego w rzeczywistości.

Pierwsze prawo idealizacyjne sformułował wielki matematyk i fizyk starożytny Archimedes. Było to prawo dźwigni, które zapoczątkowało statykę. Głosi ono, że dźwignia znajduje się w równowadze, gdy momenty działających na nią sił, czyli iloczyny sił i ich ramion (odległości od punktu oparcia), są równe. Formułując to prawo, Archimedes założył, że sama dźwignia jest nieważka (w przeciwnym wypadku sprawę by komplikowały ciężary jej ramion), chociaż zdawał sobie, rzecz jasna, sprawę, że takiej dźwigni w przyrodzie nie ma i być nie może.

Na szerszą skalę nauka zaczęła stosować metodę idealizacji w czasach nowożytnych. Pionierem był tu Galileusz (który zresztą spośród dawnych uczonych najwyżej cenił właśnie Archimedes). Sformułowane przez niego prawo bezwładności głosi, że ciało, na które nie działa żadna siła, porusza się ruchem bezwładnym po linii prostej (oryginalne sformułowanie Galileusza brzmiało nieco inaczej). Prawo to ma charakter idealizacyjny, gdyż nie ma na świecie ciała, na które by nie działała żadna siła. Galileusz doskonale zdawał sobie z tego sprawę, wiedząc, że ruch każdego poruszającego się ciała jest hamowany przez tarcie, opór powietrza itp. Inne omawiane już przez nas prawo Galileusza, głoszące, że droga przebyta przez ciało swobodnie spadające jest wprost proporcjonalna do kwadratu czasu spadania, ma też charakter idealizacyjny. Pojęcie swobodnego

spadania zakłada bowiem, że nie ma oporu powietrza i w ogóle na ciało nie działają żadne siły, poza przyciąganiem ziemskim. Poza tym prawo to zakłada (jak mówiliśmy już w rozdz. III. 2), że promień Ziemi jest nieskończony, albowiem tylko wówczas przyciąganie ziemskie jest w trakcie spadania stałe. Podobny charakter ma też trzecie słynne prawo odkryte przez Galileusza — prawo wahadła matematycznego, głoszące, że okres drgań wahadła jest odwrotnie proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z jego długości (nie zależy zaś od amplitudy, tzn. od kąta początkowego wychylenia). Wahadło matematyczne — to punkt materialny (a więc ciało, którego masa jest skupiona w jednym punkcie geometrycznym) zawieszony na nieważkiej i nierozciągliwej nici. Poza tym prawo zakłada, że nie ma oporu powietrza, nie ma tarcia w punkcie zawieszenia, wahadło porusza się ściśle w jednej płaszczyźnie. Są to wszystko założenia idealizacyjne, nie spełniane przez żadne realne wahadło. Z konieczności tego rodzaju założeń Galileusz doskonale zdawał sobie sprawę. Nie stosował wprawdzie terminu „idealizacja”, ale mówił stale o potrzebie daleko posuniętych „abstrakcji” i krytykował tych wszystkich, którzy niechętnie widzieli takie abstrakcje, pragnąc trzymać się bliżej faktów. Ale cóż się im dziwić, skoro i w naszych czasach Edmund Husserl zarzucił Galileuszowi odchodzenie od zjawisk, od praktyki życia codziennego [42]!

Od czasów Galileusza metoda idealizacji weszła do fizyki na dobre. Stosował ją, oczywiście, Newton; podstawowe pojęcia stworzonej przez niego mechaniki klasycznej to „punkt materialny” i „układ inercjalny” (układ, na który nie działa żadna siła), a więc modele idealne. Inna rzecz, że Newton — w odróżnieniu od Galileusza — nie zdawał sobie dobrze sprawy ze stosowanej przez siebie metody. Twierdził, że stosuje indukcję i „nie wymyśla hipotez” (co prawda, przez hipotezy rozumiał założenia niesprawdzalne).

Później do arsenału fizyki weszły takie pojęcia, jak ciało doskonale sztywne (nie podlegające odkształceniom pod działaniem sił), ciało doskonale czarne (pochłaniające wszystkie promienie padające na nie), gaz doskonały (składający się z punktowych molekuł, nie oddziałujących na siebie poza zderzeniami), układ izolowany energetycznie, zachodzący w nim proces adiabatyczny itd. Nie ma dziś takiej gałęzi fizyki, która by nie operowała modelami idealnymi.

Metoda idealizacji przeniknęła następnie również do innych nauk, w tym i do nauk społecznych. W ekonomii politycznej stosował ją na szeroką skalę Karol Marks (choć jej elementy są już u jego

poprzedników, np. u Ricarda). Sformułowane przez niego prawo wartości głosi, że cena towaru jest równa jego wartości (tzn. ilości społecznie niezbędnego do jego wyprodukowania czasu przy danym poziomie techniki) przy założeniu, że podaż jest dokładnie równa popytowi. Marks podkreślał, że w rzeczywistości tak nie jest, gdyż na rynku zachodzą stale wahania podaży i popytu, wskutek czego cena odchyła się od wartości w tę lub inną stronę. Podobne założenia czynił Marks przy formułowaniu pozostałych praw ekonomii kapitalizmu. W I tomie *Kapitału* rozpatrywał on „czysty kapitalizm”, tzn. ustrój, w którym nie ma pozostałości feudalizmu ani drobnej wytwórczości, choć, rzecz jasna, wiedział, że takiego ustroju nie ma w żadnym kraju. Następnie zakładał, że nie istnieje kapitał handlowy, przechwytyjący część zysku (brał go pod uwagę dopiero w II tomie), że nie istnieje lichwa, że nie ma zjawiska monopolu, że nie ma handlu zagranicznego (lub eksport równa się dokładnie importowi) itd. Podobnie jak Galileusz, Marks mówi nie o „idealizacji”, lecz o „abstrakcji”<sup>10</sup>, podobnie też krytykuje tych autorów (tzw. wulgarnych ekonomistów), którzy obawiają się wszystkich tych abstrakcji, trzymając się kurczowo faktów. Analogia między Galileuszem i Marksem pod tym względem jest zdumiewająca. Marks poszedł jednak dalej, stwierdzając wyraźnie, że po sformułowaniu prawa „w czystek postaci” należy kolejno uwzględnić czynniki przedtem pominięte (czyni to w II i III tomie *Kapitału*).

Całą tę metodę nazywa metodą abstrakcji i stopniowej konkretyzacji. Mówi, że jest to metoda ekonomii politycznej, ale w istocie rzeczy jest to metoda stosowana we wszystkich rozwiniętych naukach.

Należy zauważyć, że filozofowie nauki dotychczas rzadko zwracali uwagę na metodę idealizacji. Zarówno indukcyjniści (Koło Wiedeńskie), jak i hipotetyści (Popper i jego następcy) mówili zwykle o prawach faktualnych, bezpośrednio opisujących zjawiska występujące w doświadczeniu, unikając rozpatrywania bardziej abstrakcyjnych praw fizyki czy innych nauk. A analizować metodę idealizacji zaczęto dopiero niedawno, przede wszystkim w Polsce [por. np. 83–85, 53, 54].

<sup>10</sup> Należy jednak rozróżnić dwa rodzaje abstrakcji: zwykłą abstrakcję generalizującą i idealizację. Ta pierwsza jest stosowana przy tworzeniu każdego pojęcia ogólnego i polega na uchwyceniu wspólnych cech desygnatów tego pojęcia (przedmiotów wchodzących do jego zakresu) przy pominięciu innych, „abstrahowaniu” od nich, jednakże bez czynienia założeń kontrfaktycznych. Na przykład, tworząc pojęcie krzesła, zwracamy uwagę na cechy wspólne wszystkim krzesłom (bycie meblem, służącym do siedzenia dla jednej osoby, mającym oparcie z tyłu), pomijając po prostu inne cechy (materiał, rozmiary, barwę itp.). Natomiast przy abstrakcji idealizującej czynimy założenia kontrfaktyczne, że pewne czynniki znikają (odpowiednie wielkości są równe zeru).

## 2. Idealizacja i faktualizacja

### A. Schemat ogólny

W rozdziale pierwszym przedstawiliśmy ogólny schemat prawa ilościowego przedstawiającego zależność funkcyjną (I, 5). Obecnie przedstawimy schemat prawa idealizacyjnego. Wyróżnia się on tym, że figurujące w poprzedniku warunki  $W$  składają się z dwóch części: warunków faktualnych  $W_f$  i warunków idealizacyjnych  $W_i$ :

$$\bigwedge_x [W_f(x) \wedge W_i(x) \Rightarrow Z(x)] \quad (\text{VII, 1})$$

Warunki  $W_i$  polegają na pominięciu czynników ubocznych; ściślej mówiąc, zakładają one, że pewne wielkości (charakteryzujące te czynniki) są równe zeru, chociaż w rzeczywistości są one zawsze dodatnie (gdy pomijana wielkość przybiera zarówno dodatnie, jak i ujemne wartości, bierzemy pod uwagę jej wartość bezwzględną). Czasami, co prawda, zakładamy, że wielkość ta jest równa nieskończoności (np. promień Ziemi w prawie spadania), ale wówczas możemy zawsze rozpatrywać jej odwrotność. Dlatego też, bez ograniczenia ogólności, możemy przyjąć, że  $W_i$  polega na przyrównaniu do zera pewnych wielkości (parametrów), które oznaczymy przez  $p_1, p_2, \dots, p_n$ :

$$W_i(x) : p_1(x) = 0 \wedge p_2(x) = 0 \wedge \dots \wedge p_n(x) = 0$$

Warunki te konstytuują więc układ idealny lub, inaczej mówiąc, model idealny układu rzeczywistego. Jedynie w takim modelu zależność zawarta w prawie idealizacyjnym może być spełniona ściśle.

Jednakże w doświadczeniu mamy do czynienia tylko z układami rzeczywistymi. Musimy przeto szukać zależności spełnionych możliwie dokładnie w tych układach. W tym celu przeprowadzamy na prawie idealizacyjnym operację, którą można nazwać stopniową faktualizacją<sup>11</sup>. Składa się ona z dwóch części. Po pierwsze uchylamy kolejno w poprzedniku tego prawa założenia idealizacyjne przyrównujące do zera pomijane w nim czynniki ( $p_i = 0$ ), zastępując je założeniami faktualnymi, że czyn-

<sup>11</sup> L. Nowak i inni reprezentanci szkoły poznańskiej stosują tu (za Marksem) termin „konkretyzacja”. Jednakże termin „faktualizacja” wydaje się o tyle lepszy, że wówczas uzyskujemy pełną symetrię: idealizacja prowadzi do praw idealizacyjnych, a faktualizacja — do praw faktualnych.

niki te mają wartości nieujemne ( $p_i \geq 0$ ). Po drugie zastępujemy prostą zależność  $Z(x)$ , figurującą w następniku prawa idealizacyjnego, bardziej skomplikowanymi zależnościami, uwzględniającymi wpływ czynników przedtem pomijanych. Jeśli te zależności oznaczmy odpowiednio symbolami  $Z'(x)$ ,  $Z''(x)$ , ...,  $Z^{(n)}(x)$ , to prawa, będące kolejnymi szczeblami faktualizacji, można symbolicznie zapisać następująco (dla uproszczenia tu i dalej pomijamy duży kwantyfikator):

$$W_f(x) \wedge p_1(x) = 0 \wedge p_2(x) = 0 \wedge \dots \wedge p_n(x) = 0 \Rightarrow Z(x) \quad (\text{VII, 2})$$

$$W_f(x) \wedge p_1(x) \geq 0 \wedge p_2(x) = 0 \wedge \dots \wedge p_n(x) = 0 \Rightarrow Z'(x) \quad (\text{VII, 3})$$

$$W_f(x) \wedge p_1(x) \geq 0 \wedge p_2(x) \geq 0 \wedge \dots \wedge p_n(x) = 0 \Rightarrow Z''(x) \quad (\text{VII, 4})$$

$$W_f(x) \wedge p_1(x) \geq 0 \wedge p_2(x) \geq 0 \wedge \dots \wedge p_n(x) \geq 0 \Rightarrow Z^{(n)}(x) \quad (\text{VII, 5})$$

Wszystkie te prawa, poza ostatnim, mają charakter idealizacyjny, ale w coraz mniejszym stopniu można powiedzieć, że są coraz mniej idealizacyjne lub coraz bardziej faktualne. Dopiero ostatnie prawo jest faktualne. Można je nazwać ostateczną faktualizacją prawa pierwszego. W praktyce zresztą rzadko dochodzimy do całkowitej faktualizacji. Najczęściej najbardziej faktualne z uzyskanych przez nas praw też zawiera pewne uproszczenia, a więc nie opisuje ściśle układów realnych. Opisuje je jednak z dobrym przybliżeniem, toteż można je w praktyce traktować jako faktualne.

Obecnie zilustrujemy proces faktualizacji na przykładach z fizyki i biologii.

### B. Przykłady z fizyki

Zacniemy od klasycznego przykładu wspomnianych już w rozdz. I, 3 praw gazowych. Prawo Boyle'a–Mariotte'a zawiera dwa założenia idealizacyjne: zakłada ono, że rozmiary molekuł  $a$  oraz siły międzymolekularne  $b$  równe są zeru. Zawiera też założenie faktualne, że układ jest gazem, które oznaczmy przez  $G(x)$ . Wówczas prawo to można symbolicznie zapisać następująco:

$$G(x) \wedge a(x) = 0 \wedge b(x) = 0 \Rightarrow p(x) \cdot V(x) = C$$

Uchylając kolejno oba założenia idealizacyjne, uzyskujemy następujące prawa:

$$G(x) \wedge a(x) \geq 0 \wedge b(x) = 0 \Rightarrow \left( p + \frac{a}{V^2} \right) V = C$$

$$G(x) \wedge a(x) \geq 0 \wedge b(x) \geq 0 \Rightarrow \left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = C$$

Ostatnie z tych praw — to prawo van der Waalsa, uważane w zasadzie za faktualne; co prawda, i ono opisuje zachowanie się realnych gazów z pewnym przybliżeniem, jednakże znacznie lepszym niż poprzednie prawa. Możemy zatem uznać prawo van der Waalsa za ostateczną faktualizację prawa Boyle'a–Mariotte'a, pamiętając wszakże, że jest to faktualizacja przybliżona.

Jako drugi przykład rozpatrzmy inne proste prawo fizyki — prawo Ohma. Głosi ono, jak wiadomo, że napięcie  $V$  na krańcach przewodnika, po którym biegnie prąd elektryczny, jest równe iloczynowi natężenia prądu  $I$  oraz oporu przewodnika  $R$ :

$$V = IR$$

Jednakże prawo to jest spełnione<sup>12</sup> ściśle jedynie w przewodniku idealnym, w którym współczynnik samoindukcji  $L$  jest równy zeru (lub prąd jest idealnie stały) oraz pojemność elektryczna  $C$  równa nieskończoności. W realnych przewodnikach warunki te nie są nigdy spełnione. Szczególnie duże są odchylenia od prawa Ohma, gdy w obwodzie są kondensatory o dużym ładunku  $Q$  i stosunkowo niedużej pojemności  $C$  oraz solenoidy o dużym współczynniku samoindukcji  $L$ , tempo zaś zmian natężenia prądu, czyli pochodna  $\frac{dI}{dt}$ , jest stosunkowo wysokie. Wówczas obowiązuje tzw. różniczkowe prawo prądu, które ma następującą postać:

$$V = IR + L \frac{dI}{dt} + \frac{Q}{C}$$

Proste prawo Ohma jest zatem spełnione przy dwóch założeniach idealizacyjnych:  $L = 0$  i  $\frac{1}{C} = 0$ . Jeśli założenie faktualne, że mamy do czynienia z przewodnikiem, po którym płynie prąd, oznaczmy przez

<sup>12</sup> Ściśle rzecz biorąc chodzi o spełnienie zależności zawartej w prawie (następnika implikacji). Dla wygody będziemy jednak czasem mówić o warunkach spełnienia prawa, utożsamiając wówczas prawo z zależnością (jak to się zwykle czyni w nauce).

$P(x)$ , możemy schemat logiczny idealizacyjnego prawa Ohma napisać następująco:

$$P(x) \wedge L(x) = 0 \wedge \frac{1}{C} = 0 \Rightarrow V = IR$$

Uchylając kolejno wspomniane założenia idealizacyjne, dokonujemy stopniowej faktualizacji:

$$P(x) \wedge L(x) \geq 0 \wedge \frac{1}{C} = 0 \Rightarrow V = IR + L \frac{dI}{dt}$$

$$P(x) \wedge L(x) \geq 0 \wedge \frac{1}{C} \geq 0 \Rightarrow V = IR + L \frac{dI}{dt} + \frac{Q}{C}$$

Różniczkowe prawo prądu jest już spełnione w realnych obwodach z dobrym przybliżeniem, toteż możemy je traktować jako ostateczną (choć przybliżoną) faktualizację zwykłego prawa Ohma. Analogię z prawem van der Waalsa łatwo można zauważyć.

Analogia ta sięga jeszcze dalej. W obu wypadkach odkrywcy pierwotnych praw nie zdawali sobie sprawy z ich idealizacyjnego charakteru. Boyle i Mariotte, którzy odkryli swe prawo w połowie XVII wieku, byli przekonani, że gazy stosują się ściśle do tego prawa, a odstępstwa, jakie obserwowali, przypisywali błędom pomiarowym, zawsze przecież nieuniknionym. Inaczej mówiąc, traktowali swoje prawo jako faktywne. Dopiero w XIX wieku teoria molekularno-kinetyczna ujawniła idealizacyjny charakter tego prawa (oraz innych znanych dawniej praw gazowych) i konieczność jego faktualizacji, której następnie dokonał van der Waals. Podobnie Ohm był przekonany, że jego prawo jest ściśle spełnione w każdym przewodniku, a odstępstwa tłumaczył niedokładnością eksperymentów. Dopiero później (choć tu odstęp czasu był znacznie mniejszy, wszystko bowiem działo się w XIX wieku) ujawniono rolę samoindukcji i pojemności elektrycznej, a zatem idealizacyjny charakter prawa Ohma.

W obu wypadkach pierwotne prawa (traktowane jako faktywne) stosują się jednak z dość dobrym przybliżeniem w pewnym zakresie: prawo Boyle'a–Mariotte'a — do gazów lekkich, zwłaszcza wodoru, przy niskich ciśnieniach i zwykłych temperaturach (dalekich od krytycznej); prawo Ohma — do zwykłych obwodów, w których nie ma solenoidów i kondensatorów. Natomiast bardziej złożone zależności uzyskane w wyniku faktualizacji tych praw (traktowanych już jako idealizacyjne) stosują się z dobrym przybliżeniem w szerokim zakresie warunków (różne gazy, wszelkie obwody elektryczne).

### C. Przykład z biologii

Rozpatrzmy teraz przykład prawa idealizacyjnego w biologii, a dokładniej — w genetyce populacyjnej, która stosuje w szerokim zakresie aparat matematyczny. Chodzi o prawo Hardy'ego–Weinberga, określające strukturę genetyczną populacji.

Weźmy pod uwagę gen, który ma dwie formy (allele)  $A$  i  $a$ . Załóżmy, że prawdopodobieństwo (częstość) występowania allelu  $A$  w danej populacji wynosi  $p$ , allelu  $a$  zaś —  $q$ . Wówczas przy ich krzyżowaniu wystąpią cztery możliwości ukazane poniżej:

gen ojca	gen matki	genotyp	częstość genotypu
A	A	AA	$p^2$
A	a	Aa	$pq$
a	A	aA	$pq$
a	a	aa	$q^2$

A zatem mamy następujący stosunek liczebności genotypów w populacji:

$$AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$$

Można to krócej zapisać tak:

$$p^2(AA) \wedge 2pq(Aa) \wedge q^2(aa)$$

Jest to właśnie prawo Hardy'ego–Weinberga. Prawo to jednak jest spełnione ściśle tylko w pewnej populacji idealnej, a mianowicie takiej, w której nie działają rozmaite czynniki uboczne. Należą do nich migracja, czyli odpływ osobników z populacji i dopływ do niej z zewnątrz; mutacje, czyli zmiany (spontaniczne lub indukowane przez jakiś czynnik) genów; selekcja, czyli eliminacja jednego z genotypów. Istnieją też inne czynniki uboczne, ale poprzestańmy na tych trzech. W realnych populacjach czynniki te występują w jakimś stopniu, zakłócając rozkład ujęty w powyższej formule.

Prawo Hardy'ego–Weinberga ma przeto charakter typowo idealizacyjny, co przedstawimy w naszej symbolice [por. 66]. Oznaczmy przez  $m(x)$  liczbę osobników migrujących w pewnym okresie, przez  $n(x)$  liczbę genów mutujących w tym okresie, przez  $s(x)$  liczbę osobników wyselekcjonowanych (wyeliminowanych). Odpowiednie założenia idealizacyjne będą polegały na przyjęciu, że każda z tych liczb w danej populacji w rozpatrywanym okresie równa jest zeru. Założe-

nie faktualne, że  $x$  jest populacją biologiczną, oznaczmy przez  $B(x)$ , a założenie o prawdopodobieństwie alleli  $A$  i  $a$  w populacji  $x$  odpowiednio przez  $p[A(x)]$  i  $q[a(x)]$ . Wówczas pełny zapis prawa będzie wyglądał następująco:

$$B(x) \wedge p[A(x)] \wedge q[a(x)] \wedge m(x) = 0 \wedge n(x) = 0 \wedge s(x) = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow p^2[AA(x)] \wedge 2pq[Aa(x)] \wedge q^2[aa(x)]$$

Uwzględnienie czynników ubocznych, czyli uchylenie założeń idealizacyjnych, jak zwykle, prowadzi do bardziej skomplikowanych zależności. Zaczniemy od migracji. Załóżmy, że w jej wyniku wzrasta częstość allelu  $A$  o  $\Delta p_m$ , maleje zaś częstość allelu  $a$  o  $\Delta q_m$ . Wówczas w formule prawa  $p$  musimy zastąpić przez  $p + \Delta p_m$ , natomiast  $q$  przez  $q - \Delta q_m$ . Podobnie wygląda sprawa z mutacjami. Jeśli w ich wyniku wzrasta częstość allelu  $A$  o  $\Delta p_n$ , natomiast maleje częstość allelu  $a$  o  $\Delta q_n$ , musimy wprowadzić wyrazy analogiczne do poprzednich. Nie będziemy już wypisywać zależności z odpowiednimi poprawkami, by uniknąć zbyt skomplikowanych formuł. Zauważmy, że uchylenie trzeciego założenia idealizacyjnego prowadzi do jeszcze większych komplikacji, chociażby dlatego, że trzeba tu rozpatrzyć różne warianty, w zależności od tego, czy gen ma charakter dominujący czy recesywny. Tym bardziej więc nie będziemy już rozpatrywać rozmaitych poprawek, które trzeba wprowadzić do formuły prawa, ograniczając się do ich zasygnalizowania.

W każdym razie widzimy wyraźną analogię z wyżej rozpatrzonymi przykładami z fizyki, z tą różnicą, że tutaj sytuacja jest bardziej skomplikowana, zarówno dlatego, że mamy trzy istotne czynniki uboczne (faktycznie zaś — jeszcze więcej), jak i z innych względów. Naturalnie również w fizyce w wielu wypadkach sprawa jest znacznie bardziej skomplikowana niż w rozpatrzonych przykładach.

### 3. Idealizacja a istota

Modele idealne są zatem coraz szerzej stosowane we wszystkich zaawansowanych pod względem metodologicznym naukach empirycznych. Nie wszyscy, co prawda, używają terminów „idealny” czy „idealizacja”, niektórzy wolą mówić o teoretycznych czy matematycznych modelach rozpatrywanych procesów, o daleko posuniętej abs-

trakcji przy ich analizowaniu itd., ale od tego istota rzeczy się nie zmienia. Jeśli jednak samo stosowanie idealizacji w nauce nie może być dziś przez nikogo kwestionowane (choć nie wszyscy metodologowie, jak wspomnieliśmy, zwracają na to uwagę), to zagadnieniem spornym jest interpretacja filozoficzna tego zabiegu, status modeli idealnych.

Problem ten wywołał dyskusję wśród metodologów nauk humanistycznych, gdy na przełomie XIX i XX wieku znany socjolog, Max Weber, pisał wiele o „typach idealnych” w naukach humanistycznych, jak czysty feudalizm, czysty kapitalizm itp. [120]. Jako ciekawostkę można przytoczyć fakt, że Weber i niektórzy jego następcy sądzili, iż tworzenie typów idealnych jest osobliwością nauk humanistycznych, nie zdając sobie (podobnie jak i Marks) sprawy z tego, że idealizacja jest podstawową metodą fizyki od czasów Galileusza.

Istnieją trzy zasadnicze koncepcje statusu modeli idealnych.

1. Można traktować model idealny jako sztucznie stworzony przez badacza konstrukt, który ułatwia mu analizę złożonych procesów. Wedle tej interpretacji model idealny jest wyłącznie dogodnym instrumentem w rękach badacza i nic mu w obiektywnej rzeczywistości nie odpowiada. Nie ma więc sensu pytać, czy model jest prawdziwy, czy chwytą coś realnego. Można się tylko zastanawiać, czy jest przydatny dla jakichś celów, podobnie jak nie pytamy o prawdziwość narzędzia, tylko o jego przydatność do danego celu. Tę koncepcję można nazwać instrumentalistyczną. Skłaniał się do niej Weber, jest ona reprezentowana również przez wielu metodologów współczesnych.

2. Można traktować typ idealny jako przedmiot istniejący realnie w jakimś platońskim świecie bytów idealnych. Wówczas sądy o tych przedmiotach mogą być prawdziwe, tzn. można opisywać je adekwatnie, chociaż trudno sobie wyobrazić, w jaki sposób moglibyśmy się przekonać o tym. Możemy tylko wierzyć w to, że realnie istnieje wszystko, co da się pomyśleć i skonstruować. Tę koncepcję można nazwać platońską lub obiektywno-idealistyczną. Wśród przyrodników i metodologów nauk przyrodniczych występuje ona bardzo rzadko, natomiast jest dość rozpowszechniona wśród matematyków, którzy często wierzą, że odkrywają coś istniejącego realnie w świecie „przedmiotów matematycznych” (por. rozdz. XVI. 1).

3. Można, wreszcie, traktować model idealny jako odzwierciedlenie istoty procesu realnego. W realnym świecie istota ta nie występuje nigdy bezpośrednio, w czystej postaci, wskutek wpływu rozmaitych czynników zakłócających, działających zawsze, chociaż w róż-

nym natężeniu i w różnych kombinacjach. Bezpośrednio możemy obserwować tylko zjawiska, będące wypadkową wszystkich tych wpływów. Jednakże w zjawiskach tych przejawia się — w sposób mniej lub bardziej zawikłany — istota danego procesu. Tak chyba ujmował sprawę Marks, który co prawda, nie mówił w tym kontekście o istocie, mówił jednakże, iż wprowadzając swe uproszczenia dąży do wykrycia „wewnętrznych praw” gospodarki kapitalistycznej. Tę koncepcję można nazwać esencjalistyczną.

Wydaje się, że tylko ta ostatnia koncepcja daje możliwość realistycznego traktowania praw idealizacyjnych jako odbicia rzeczywistości, bez wprowadzania bytów platońskich. Przy koncepcji instrumentalistycznej zaś niemal wszystkie prawa ilościowe nauk rozwiniętych tracą swój walor poznawczy i sens ich staje się zagadkowy. Zauważmy też, że tylko przy koncepcji esencjalistycznej staje się jasna potrzeba faktualizacji, uwzględniającej czynniki uboczne zakłócające istotę procesu. Dla platonika proces faktualizacji jest zbędny, skoro prawo idealizacyjne bezpośrednio opisuje rzeczywistość. Dla instrumentalisty też jest raczej zbędny, bo po co mielibyśmy faktualizować narzędzie. Jednak procesy faktualizacji są w nauce stale dokonywane. W ujęciu instrumentalizmu stają się one czymś nader dziwnym: są to procesy stopniowo przemieniające narzędzie w opis. Równie dziwne są zresztą w ujęciu platonizmu: są to procesy przemieniające opis świata idealnego w opis świata materialnego. Natomiast koncepcja esencjalistyczna ujmuje proces faktualizacji jako proces stopniowego przechodzenia od opisu istoty do opisu zjawisk.

Pojęcie istoty natrafia często na opory, gdyż było ono nadużywane przez różne spekulatywne kierunki filozoficzne, wedle których do istoty rzeczy możemy dojść w drodze pozanaukowej, stosując jakieś swoiście metafizyczne rozumowanie (Tomasz z Akwinu), aprioryczne rozumowanie filozoficzne (klasyczny idealizm niemiecki), „wgląd w istotę” (Husserl), czy też intuicję filozoficzną (Bergson). Kierunki te przeciwstawiają filozoficzne dociekania nad istotą badaniom naukowym sięgającym rzekomo tylko zjawisk.

Dlatego też empiryści i pozytywści odrzucają pojęcie istoty jako metafizyczne, nienaukowe. Jest to jednak druga skrajność, „wylanie dziecka z kąpielą”. Można bowiem traktować istotę jako wewnętrzną strukturę systemów materialnych czy też mechanizm zachodzących w nich procesów. Nie są one dostępne bezpośredniej obserwacji, ale nauka stopniowo do nich dociera. W tym ujęciu właśnie nauka i tylko nauka odkrywa istotę rzeczy.

Marks zauważył, że gdyby istota pokrywała się ze zjawiskiem, nauka byłaby niepotrzebna [73]. Lenin pisał, że myśl ludzka „zagłębia się” od zjawiska do istoty, od istoty „pierwszego rzędu” do istoty „drugiego rzędu” itd. [64, s. 239]. Tak samo mówi Popper: „możemy sięgać coraz głębiej w strukturę naszego świata, ku coraz to bardziej istotnym... własnościom świata” [95, s. 255]. Nazywa swój pogląd *zmodyfikowanym esencjalizmem* — w odróżnieniu od metafizycznego esencjalizmu, utrzymującego, że istnieje jakaś ostateczna istota rzeczy, którą winna odsłonić filozofia. Można ten kierunek nazwać *naukowym esencjalizmem*. Uczeń Poppera, John Watkins, pisze wiele o coraz głębszych teoriach różnych poziomów rzeczywistości, krytykując „wojnę przeciw głębi” prowadzoną przez pozytywistów [119]. Tak więc, zarówno twórcy materializmu dialektycznego, jak i racjonalizmu krytycznego opowiadają się za naukowym esencjalizmem.

Można też mówić o istotnych, czyli głównych dla danego procesu czynnikach czy wielkościach, w odróżnieniu od nieistotnych czy mniej istotnych czynników ubocznych. Dla spadania ciał istotna jest grawitacja, bez której spadania by nie było, uboczne zaś są takie czynniki, jak opór powietrza czy wiatr, bez których spadanie odbywałoby się (w czystej postaci). Dla ciśnienia gazu istotny jest bezładny ruch zderzających się ze sobą molekuł i prędkość (ściślej — pęd) tego ruchu, ubocznymi czynnikami są zaś niezerowe rozmiary molekuł i siły van der Waalsa.

Nie zawsze sprawa jest tak prosta, jak w wymienionych tutaj przykładach. Toteż interpretacja praw idealizacyjnych nastęrcza wiele trudności. Niektórzy nasi filozofowie mówią o strukturze esencjalnej procesu, zakładającej hierarchię czynników ze względu na stopień ich istotności [por. 85]. Tą kontrowersyjną koncepcją nie będziemy się jednak zajmować.

W każdym razie naukowy esencjalizm zakłada różne szczeble istotności. Wszystkie głębokie hipotezy, o których była mowa w rozdziale VI. 5, docierają do tego czy innego szczebla istoty wymienionych tam procesów.

#### 4. Problem prawdziwości praw idealizacyjnych

Jest to doniosły problem, rzadko jednak badany przez filozofów nauki. Prawa idealizacyjne, z natury rzeczy, nie są spełnione w realnych układach, są więc z punktu widzenia klasycznej definicji praw-

dy fałszywe. Ale przecież większość podstawowych praw fizyki to prawa idealizacyjne, rzadko kto jednakże odważa się wprost oznajmić, że są one fałszywe! Najczęściej uczeni i filozofowie nauki nie zwracają na to uwagi. Do niewielu odważnych należy Nancy Cartwright, która swej słynnej już książce dała sensacyjny tytuł *Jak prawa fizyki kłamią* (*How the Laws of Physics Lie*). Píše w niej, że — w odróżnieniu od praw empirycznych — fundamentalne prawa nauki są fałszywe, ale one właśnie mają największą moc eksplanacyjną. Nadmienia też, że te prawa są prawdziwe w modelach idealnych [14]. Nie zauważa jednak, że stosuje tu nowe pojęcie prawdy. Podobnie zresztą nie zwraca na to uwagi Jan Żytkow, który pisze o prawdziwości praw w modelu, zaznaczając, że chodzi o model idealny [130]. Jedynie Ryszard Wójcicki wspomina o różnicy pomiędzy „prawdą w modelu” a „prawdą faktyczną” [128], ale nie rozwija tego tematu. Inni filozofowie, którzy piszą o modelach teorii, czyli układach, w których teorie są prawdziwe, przeważnie traktują te modele po prostu jako układy realne, nie wspominając w ogóle o idealizacji [np. 100].

Ponieważ jednak w rozwiniętych naukach stosuje się stale modele idealne, konieczne wydaje się wprowadzenie nowego pojęcia prawdy, a raczej nowej wersji korespondencyjnego pojęcia prawdy. Według klasycznej wersji tego pojęcia, prawda to korespondencja, czyli zgodność z rzeczywistością, a według nowej wersji — zgodność z modelem (idealnym). Można tu mówić o modelowej (idealizacyjnej) wersji korespondencyjnej koncepcji prawdy lub krócej — o prawdziwie *modelowej*.

Powiemy wówczas, że podstawowe prawa nauki są prawdziwe w sensie modelowym. A jeśli potraktujemy model idealny procesu jako opis jego istoty, to możemy stwierdzić, że w pewnym sensie prawa te są prawdziwe także w sensie klasycznym. Co prawda, są fałszywe w odniesieniu do powierzchni zjawisk, ale prawdziwe w odniesieniu do ich istoty.

Oczywiście, również w odniesieniu do powierzchni zjawisk prawa idealizacyjne są w przybliżeniu prawdziwe w pewnym zakresie, o czym była mowa w rozdziale I. 4. Tak więc, prawa gazów idealnych są z dobrym przybliżeniem spełnione w wodorze czy helu, w temperaturach dalekich od krytycznych, prawa mechaniki klasycznej (MK) w ruchach ciał makroskopowych o prędkościach dalekich od prędkości światła itp. Ale wszystkie one są spełnione ściśle, a więc prawdziwe w sensie, tylko w odpowiednich modelach idealnych.

Gdy uczony formułuje prawo idealizacyjne, stara się znaleźć model, w którym prawo to byłoby ściśle spełnione. Nie znaczy to jednak, że mu się to zawsze udaje. Jak wiadomo, prawa MK były traktowane przez Newtona i jego następców w XVIII i XIX wieku jako prawa spełnione dokładnie w układzie inercyjnym, tzn. takim układzie idealnym, na który nie oddziałują siły zewnętrzne ( $F_z = 0$ ). Jednakże w świetle STW Einsteina okazało się, że są one spełnione tylko w przybliżeniu (dobrym gdy  $v \ll c$ ), nie są zatem, ściśle rzecz biorąc, prawdziwe nawet w sensie modelowym. Są takie dopiero przy idealizacyjnym założeniu, że  $c = \infty$  (czyli w układach podwójnie idealizowanych). Równania STW są dokładnie spełnione przy jednym założeniu idealizacyjnym ( $F_z = 0$ ). A w układach realnych i one są spełnione tylko w przybliżeniu.

Płyne stąd ważny wniosek. Nie mają racji ci filozofowie nauki, którzy twierdzą, że prawa idealizacyjne są analityczne, albowiem wynikają jakoby logicznie z przyjętych założeń idealizacyjnych, a zatem nie mogą być sfalsyfikowane przez doświadczenie. Prawa MK jako idealizacyjne (przy  $F_z = 0$ ) mogły się wydawać analitycznie prawdziwe przed Einsteinem, dziś jednak wiemy, że takimi nie były. Zostały sfalsyfikowane przez eksperymenty, które potwierdzają STW.

## 5. Konfirmacja praw idealizacyjnych

Zastanówmy się teraz nad tym, jak przebiega proces odkrywania i sprawdzania prawa idealizacyjnego.

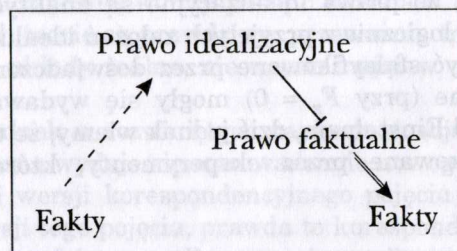
Jak zawsze, rozpoczynamy od faktów wymagających wyjaśnienia. Analizując je, staramy się dociec istoty danego procesu, znaleźć czynniki główne, bez których on nie zachodzi, inaczej mówiąc, tworzymy model idealny. Dalsza analiza tego modelu prowadzi do formułowania praw idealizacyjnych, ujmujących zależności między czynnikami uwzględnianymi przez model. Nie ma tu jednak żadnych reguł i nigdy nie jesteśmy pewni, czy zależności te uchwyciliśmy trafnie. Prawa idealizacyjne są więc hipotezami, które trzeba sprawdzić w doświadczeniu.

Najczęściej prawo idealizacyjne sprawdzane bezpośrednio okazuje się fałszywe (chyba że czynniki uboczne wywierają wpływ tak mały, że może być pominięty). Jest to zrozumiałe, gdy uświadomimy sobie idealizacyjny charakter takiego prawa. Aby sprawdzanie mogło



dać wynik pozytywny, trzeba przedtem dokonać procesu faktualizacji. W wyniku tego procesu uzyskujemy prawo faktualne, które już może być bezpośrednio testowane w doświadczeniu. Jak zwykle, gdy seria eksperymentów da wynik pozytywny, mówimy o konfirmacji prawa. Jest to konfirmacja prawa faktualnego, a pośrednio i prawa idealizacyjnego. Gdy wynik jest negatywny, powstrzymujemy się od uznania prawa i przeprowadzamy analizę od początku, tzn. próbujemy inaczej przeprowadzać faktualizację. Jeśli kolejne faktualizacje są falsyfikowane, odrzucamy prawo idealizacyjne.

A więc prawo idealizacyjne jest sprawdzane pośrednio, poprzez swoje faktualizacje. Jeśli proces faktualizacji prawa idealizacyjnego oznaczymy symbolem  $\rightarrow$ , możemy schemat tego sprawdzania przedstawić następująco:



Koncepcję metodologiczną lansującą ten schemat można nazwać hipotetyzmem idealizacyjnym.

Niektórzy metodologowie sądzą, że prawa idealizacyjne nie są tu w ogóle potrzebne, a w każdym razie można się bez nich obejść. Mówią, że lepiej od razu formułować prawo faktualne i testować je w eksperymencie. Całe doświadczenie rozwoju nauki świadczy jednak o tym, że jest to niemożliwe. Zaczynanie od analizy modeli idealnych nie jest niczym wymysłem ani też chęcią ułatwienia sobie pracy. Jest niewątpliwą prawidłowością poznania naukowego, potwierdzaną przez coraz to nowe gałęzie wiedzy. Wszystko wskazuje na to, że inaczej do praw skomplikowanych procesów przyrody i społeczeństwa dotrzeć w ogóle nie możemy. To właśnie nasuwa myśl, że modele te ujmują istotę tych procesów.

Z drugiej strony, trudno się zgodzić z opinią wyrażaną przez niektórych entuzjastów metody idealizacji, że jest to metoda uniwersalna. Mówiliśmy już w rozdziale V. 3, że przesadne jest twierdzenie, iż nauka nie stosuje w ogóle indukcji, lecz wyłącznie metodę

hipotetyczno-dedukcyjną. Tym bardziej jest przesadą twierdzenie, że stosuje tylko idealizację. Nawet w naukach najbardziej rozwiniętych obok metody idealizacji stosuje się metodę hipotez faktualnych. We współczesnej fizyce przypisuje się cząstkom elementarnym szereg własności. Każdy rodzaj cząstek ma stałą wartość takich parametrów, jak masa spoczynkowa, ładunek elektryczny, spin, ładunek barionowy, dziwność itd. Na przykład elektron (negaton) ma ładunek ujemny równy  $-1$ , spin równy  $\frac{1}{2}$  itd. Wartości te — przynajmniej

w świetle dzisiejszych teorii — mają wszystkie elektrony bez żadnych odchyień, nic nie może tych wartości zakłócić. Przeto mamy tu do czynienia z prawami faktualnymi, które, dzięki sprawdzeniu ich rozmaitych konsekwencji empirycznych, są w bardzo wysokim stopniu skonfirmowane. Tym bardziej faktualne są jakościowe prawa dotyczące struktury atomu, np. tego, że składa się on z dodatnio naładowanego jądra i ujemnych elektronów, znajdujących się w ułożonych w pewien sposób względem siebie powłokach itd. Zauważmy, że są to prawa dotyczące struktury wewnętrznej atomu, a więc istoty materii. A zatem hipotezy dotyczące istoty mogą być również faktualne. Częściej jednak mają charakter idealizacyjny.

Widzimy zatem, że w nauce stosuje się wszystkie rozpatrzone wyżej metody: indukcyjną, hipotetyczno-dedukcyjną i idealizacyjną. Jednakże rola ich jest niejednakowa i zmienia się wraz z rozwojem nauki. W jej początkowych stadiach przeważa indukcja. Potem dominująca staje się metoda hipotetyczno-dedukcyjna. Zarazem coraz większą rolę odgrywa metoda idealizacji i faktualizacji, stając się w nauce współczesnej najważniejszą metodą odkrywania praw ilościowych.