

# Schiemann, Gregor

---

## Hipotetyzacja mechanicyzmu u Hermannna von Helmholtza : o zmianie wizji nauki i przyrody w XIX wieku

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 47/3, 93-108

---

2002

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



*Gregor Schiemann*

Uniwersytet w Tybindze

Niemcy

**HIPOTETYZACJA MECHANICYZMU  
U HERMANNA VON HELMHOLTZA  
O ZMIANIE WIZJI NAUKI I PRZYRODY W XIX WIEKU**

Wprawdzie w połowie XIX stulecia obserwujemy wielki renesans nowożytnego mechanicyzmu, ale były to zarazem ostatnie dziesięciolecia jego popularności. Zdawało się, że w wielu obszarach doświadczalne badanie przyrody zbliżyło się wreszcie do celu, którym było wyjaśnienie wszystkich fenomenów przez sprowadzenie ich do mechanicznie poruszającej się materii. Jednak w latach 70. ujawnił się ograniczony zakres programu mechanistycznego wyjaśniania, a stało się to przede wszystkim za sprawą dalszych prób przeniesienia go na obszar elektro- i termodynamiki. W kręgach zainteresowanych teorią nauki i przyrody wzmogła się, zresztą nigdy nie zaniechana, krytyka mechanicyzmu. Szukano alternatywnych koncepcji wyjaśniania, jak również proponowano rezygnację z wymogu przyrodniczego wyjaśnienia<sup>1</sup>.

W śmiertelny kryzys popadły jednak nie tylko treści programu mechanistycznego, lecz także tradycyjne wymogi prawomocności podnoszone w przyrodoznawstwie. Stało się problematyczne, czy może istnieć naukowe poznanie, któremu od starożytności stawiano warunki wyłącznego, bezwzględnie koniecznego i prawdziwego poznania przyrody<sup>2</sup>. Podczas gdy w niemieckim idealizmie został jeszcze raz sformułowany wymóg prawdziwości w odniesieniu do przyrodoznawstwa, który utracił swą ważność dopiero wraz z upadkiem systemu filozofii Hegłowskiej, to na długo przed XIX wiekiem empiryzm angielski, w naukowo-krytycznym dziele

Davida Hume'a, przygotował jego krytykę. W drugiej połowie XIX w. krytyka absolutnego wymogu ważności poznania naukowego w kontekście sporu o mechanicyzm wiąże się: po pierwsze, z odrzuceniem mechanistycznego programu wyjaśniania (jak na przykład u P. Duhema i H. Poincare)<sup>3</sup>; po wtóre, z uznaniem relatywizacji wymogu ważności również przez samych przedstawicieli mechanicyzmu. Obok Emila Du Bois-Reymonda znaczącym przykładem jest tu Hermann von Helmholtz<sup>4</sup>.

W pierwszym okresie swojej naukowej kariery, czyli od końca lat 40. do prawie końca lat 60., Helmholtz łączy mechanistyczne ujęcie przyrody z wymogiem absolutnej ważności. W latach 70. jednak zmienia to stanowisko, co najwyraźniej ujawnia się w jego oficjalnych wypowiedziach. Hipotetyzuje w nich wymogi ważności związane z mechanicyzmem, natomiast niezmienny w jego istocie zachowuje podstawowy zarys ujęcia przyrody. Wprawdzie koryguje swoje sądy o elementarnych siłach, jak również o elementarnej strukturze materii, pozostaje jednak niezmiennie wierny przekonaniu, że badanie przyrody winno dążyć do sprowadzenia wszystkich zjawisk do mechanicznie poruszanej substancji. Wszelako mechanistyczna redukcja nie może dłużej utrzymać w mocy wymogu ostatecznego wyjaśnienia wszystkich zjawisk. Uzyskuje ono niepodważalnie hipotetyczny charakter, a jego pełna realizacja może być traktowana wyłącznie jako ideał, jako regulatywna zasada badań<sup>5</sup>.

Tak więc, Helmholtz zmienia poglądy w kwestii ważności wiedzy, co pozwala schematycznie podzielić rozwój jego mechanicyzmu na dwa okresy. Pierwszy, trwający do końca lat 60., omówię najpierw, rekonstruując szkicowo empiryczne uzasadnienie, które Helmholtz nadał wymogowi prawdziwości swojej wizji przyrody. Następnie przejdę do charakterystyki najważniejszych cech tendencji hipotetyzacji, występującej w jego poglądach począwszy od lat 70. Na koniec, w trzeciej części, chcę pokazać jak Helmholtz, na bazie swojego zmienionego rozumienia nauki, kontynuował program mechanistycznego wyjaśniania przyrody, wywierając duży wpływ na historię idei.

## 1. UZASADNIENIE DUALNEGO MECHANICYZMU

Swoimi fizjologicznymi, fizykalnymi i geometrycznymi badaniami, jak również oficjalnymi mowami, Helmholtz przyczynia się istotnie do ostatecznego zwycięskiego pochodzenia mechanicyzmu. Jednak podane przez niego uzasadnienie tej koncepcji od początku podlega przeobrażeniom, które dotyczą podstawowych pojęć materii, siły, przyczyny i prawa, jak również stosunku ważności poznania naukowego do postrzegania. Natomiast aż do końca lat 60. nienaruszone pozostają: zarówno empiryczne odniesienie (częściowo poddane w wątpliwość przez samego Helmholtza)<sup>6</sup>, jak i podstawowe treściowe określenia uzasadnienia.

Dokumentują to teksty, w których Helmholtz prezentuje swoje mechanistyczne ujęcie przyrody. Chodzi tu o *Wprowadzenie* do słynnej pracy z 1847 r. *Über die Erhaltung der Kraft*, a także o liczne wygłaszane przez niego mowy, cieszące się za jego życia wielkim uznaniem. W przystępny sposób przedstawia w nich wyniki swoich przyrodoznawczych badań, odgranicza poglądy własne od innych oraz zajmuje stanowisko na temat celów i metod nauki. Podczas gdy w większości tych mów jego mechanicyzm pozostaje w tle<sup>7</sup>, to we wspomnianym *Wprowadzeniu* oraz w mowie wygłoszonej na zebraniu przyrodników w 1868 r., tzw. *Mowie przyrodnika* (*Naturforscherrrede*), Helmholtz *explicite* i obszernie formułuje własne stanowisko w kwestii rozumienia przyrody. Oba teksty tworzą koniec pierwszego, stosunkowo jednorodnego okresu w rozwoju jego mechanicyzmu<sup>8</sup>. Chcąc zrekonstruować strukturalne podobieństwo tych prac, omówię je równolegle.

Wspólne obu pracom są dwa założenia, na których Helmholtz buduje uzasadnienie mechanicyzmu. Pierwsze z nich dotyczy ogólnego celu poznania naukowego, sformułowanego przez Helmholtza w odwołaniu do „prawa przyczynowości”. Mianowicie w 1847 r. za „ostateczny cel teoretycznego przyrodoznawstwa” uznaje „znalezienie ostatecznie niezmiennych przyczyn procesów w przyrodzie” (H e l m h o l t z 1882, t. 1, s. 13). Nawiązując do tego stanowiska dwadzieścia dwa lata później mierzy postęp w przyrodoznawstwie „na podstawie rozmiaru postępu poczynionego w [...] poznaniu związku przyczynowego obejmującego wszystkie zjawiska przyrody” (H e l m h o l t z 1903, t. s. 377). W obu mowach nie wątpi, że badanie przyrody może faktycznie osiągnąć swój ostateczny cel, czyli obiektywną prawdę o przyrodzie. Uwzględniając dotychczasowy rozwój nowożytnej nauki, zmierzający do wywiązania się z tego zadania, w *Mowie przyrodnika* Helmholtz wyraża przekonanie, iż można osiągnąć tu „zadawalający wynik” (tamże, s. 395). Ponadto przedstawia jasno, że postęp osiąga się „nie ... na drodze spekulatywnej”, lecz wyłącznie dzięki eksperymentalnemu doświadczeniu (tamże, s. 375).

Mimo że Helmholtz mówił wielokrotnie o apriorycznej ważności przyczynowości<sup>9</sup>, to w zakresie przyczynowego badania przyrody obowiązuje – jego zdaniem – również odwołanie się do doświadczenia. Badanie to jest ograniczone empirycznie w dwojaki sposób. Raz – kończy się, gdy wspierając się na doświadczeniu znajduje „ostatnią przyczynę”. Dwa – Helmholtz jest przekonany, że zjawiska duchowe i działania wolicjonarne nie dadzą się ująć nigdy w pełni przyczynowo<sup>10</sup>. Tym samym wizja przyrody Helmholtza przestaje być jednorodna. On sam zajmuje się wyłącznie zjawiskami przyrody pozbawionymi ducha i wymaga, aby było możliwe empiryczne wskazanie zakresu tych zjawisk oraz ich przyczynowe wyjaśnienie w odwołaniu do „ostatniej przyczyny”.

Druga przesłanka przyjęta przez Helmholtza zawarta jest *explicite* we *Wprowadzeniu*, a *implicite* w *Mowie przyrodnika*. Ustanawia w niej pojęcia materii i siły jako podstawę dla swojej wizji nauki i przyrody. „Na podstawie jej czystego

bytu” nauka określa „przedmioty świata zewnętrznego” jako materię; natomiast jej „możliwości wywierania skutków” jako siłę (H e l m h o l t z 1882, t. 1, s. 14). Podczas gdy we *Wprowadzeniu* Helmholtz przypisuje materii zachowanie masy, bezwładność i ruch w przestrzeni (jako jedyną możliwą zmianę), to pojęcie siły ujmuje jeszcze tak szeroko, że może ono objąć każdą działającą siłę<sup>11</sup>. Zatem określenie mechanicyzmu ma charakter dualny, gdyż nie można w pełni zredukować ani właściwości materii do siły, ani właściwości siły do materii. Pozostaje kwestią otwartą, czy Helmholtz uznaje to rozwiązanie za konsekwencję prawa przyczynowości. Jednak przez całe życie sprowadza pojęcie przyczyny najczęściej jednostronnie do pojęcia siły<sup>12</sup>.

Uzasadnienie mechanistycznego ujęcia przyrody zakłada w obu tekstach pojęcie materii. Helmholtz przyjmuje podstawową przesłankę, że materia rozkłada się na dyskretne elementy. Założenie to rozwija zarówno we *Wprowadzeniu*, jak i w *Mowie przyrodnika*, powołując się wyraźnie na eksperymentalne badania z zakresu chemii. Chcąc przedstawić we *Wprowadzeniu* „wszechświat rozłożony na elementy”, wskazuje na „elementy chemiczne” (H e l m h o l t z 1882, t. 1, s. 15). W *Mowie przyrodnika* to uprawomocniające odwołanie się do doświadczenia staje się centralnym argumentem uzasadnienia. Helmholtz uważa, że wszystkie określenia materii można wyprowadzić bezpośrednio z chemii. Chemia „udowodniła” – jak twierdzi – że „cała materia składa się z odkrytych przez nią elementów” i że są one „rzeczywiście niezniszczalne” (H e l m h o l t z 1903, t. 1, s. 378 podkr. – G.S.). Elementy są więc dla niego nie tylko określone przez ich chemiczne jakości i relacje zachodzące między nimi, lecz ponadto rozumie je jako obiekty fizyczne, jako faktycznie istniejące atomy.

W latach 60. ufundowane na doświadczeniu sądy przyrodoznawstwa posiadają dla Helmholtza absolutną ważność. Uważa on, że przyrodoznawstwo z jemu właściwą procedurą indukcyjną mogłoby dążyć do pojęć, w których stoi „jasno przed oczami” istota procesu i które tworzą ogólne prawa o „bezwartkowej ważności”, realizujące „formę wnioskowania logicznego” (H e l m h o l t z 1903, t. 1, s. 170, 171 i 175). Mówiąc krótko, Helmholtz jako prawa rozumie tu ujmowane matematycznie przyczynowe relacje zmian w przyrodzie<sup>13</sup>.

Z dualnego charakteru ujęcia przyrody wynika, że między elementami materii działają siły. Jednak dopiero z atomistycznej budowy materii Helmholtz wnioskuje o właściwościach tych oddziaływań. Ponieważ atomy same zmieniają swoje położenie przestrzenne, to siły działające między nimi są „siłami ruchu” (*Bewegungskräfte*)<sup>14</sup>. Nie wchodząc bliżej w strukturę tych sił, w obu tekstach Helmholtz wskazuje na mechanistycznie określony cel nauki: jest nim sprowadzenie „zjawisk przyrody ... do ruchów materii, podporządkowanych niezmiennym siłom ruchu” (H e l m h o l t z 1882, t. 1, s. 15). Innymi słowy, „ostatecznym celem przyrodoznawstwa jest [...] zredukować się do mechaniki” (H e l m h o l t z 1903, t. 1, s. 379).

Ostatnie sformułowanie pokazuje, że Helmholtz uznaje mechanikę za tę dyscyplinę fizyki, która wyłącznie samodzielnie jest odpowiedzialna za bliższe określenie sił ruchu. „Najczystsza forma wyrazu siły” – pisze w *Mowie przyrodnika* – jest „siła mechaniczna”, której skutki można „odczytać ze zjawisk obserwowanych” w obszarze „niezmiernie małych cząsteczek masy” (H e l m h o l t z 1903, t. s. 376, podkr. – G.S.). Nie tylko struktura materii, lecz również jej elementarne siły powinny być wywnioskowane z pewnością, która towarzyszy indukcyjnie postępującej nauce – w tym wypadku: mechanice. Na mocy drugiego aksjomatu mechaniki Newtona elementarne siły winny być jedyną przyczyną zmian ruchu. W związku ze swoimi pracami dotyczącymi prawa zachowania energii, Helmholtz porównuje ich strukturę do struktury sił grawitacji i określa je jako zależne od odległości siły centralne, które różnią się między sobą wyłącznie swoją mocą<sup>15</sup>.

Podsumowując, jako podstawową cechę mechanicyzmu Helmholtza można uznać: w aspekcie ontologicznym – dualność elementów i sił powodujących ich ruch, a w aspekcie metodycznym – newtonowsko-lagrangeowskie sformułowanie mechaniki. Wymóg prawdziwości swojej wizji przyrody ugruntowuje Helmholtz nie w sferze przeddoświadczałnej, lecz w odwołaniu do doświadczenia, które uznaje za jedyną bazę uprawomocniającą sądy przyrodoznawstwa. Dochodzimy w ten sposób do wniosku, który nie pozostaje bez konsekwencji w ustaleniu relacji Helmholtza do Kanta, ocenianej w przeszłości tak samo często, jak i przeciwstawnie<sup>16</sup>. Z powodu przyjętego we wspomnianych tekstach uzasadnienia mechanicyzmu, nie znajdują przekonywującego potwierdzenia późniejsze wyjaśnienia podane przez Helmholtza, że „jego filozoficzne rozważania zawarte we *Wprowadzeniu...* noszą wpływ teoriopoznawczych poglądów Kanta”.

Helmholtz, w przeciwieństwie do Kanta, nie reprezentuje mechanicyzmu dynamicznego (ugruntowanego jedynie na siłach), lecz dualny. Także nie nadaje mu w gruncie rzeczy uzasadnienia metafizycznego (w rozumieniu Kanta), lecz empiryczne, które – przynajmniej w odniesieniu do wymogu prawdziwości – w żadnym wypadku nie dorównuje tamtemu<sup>17</sup>. W okresie między końcem lat 40. a 60. charakterystyczne jest dla jego empiryzmu ostre przeciwstawienie obiektywności poznania naukowego i subiektywnego świadectwa bezpośredniego postrzegania zmysłowego. Ich wzajemne odniesienie czyni Helmholtz tematem rozważań w związku ze swoją teorią postrzegania, którą rozwija w latach 50. i 60., a która jest mniej relewantna dla uzasadnienia wymogu prawdziwości mechanicyzmu, niż dla jego późniejszej relatywizacji w perspektywie naukowo teoretycznej<sup>18</sup>. Początkowo nie dopuszcza on do jakiegokolwiek związku między poznaniem a świadectwem zmysłów<sup>19</sup>. Dopiero w 1867 r. w *Handbuch der physiologischen Optik (Podręcznik optyki fizjologicznej)* postuluje taką właściwość postrzeżeń zmysłowych, dzięki której, jako materiał empiryczny, stoją one w sposób nieograniczony do dyspozycji nauki dążącej do prawdy. Mianowicie

postrzegane jest równoczesne z postrzeganym i dzięki temu odbija następstwo czasowe postrzeganego<sup>20</sup>. Teraz nauka nie tylko może, lecz również musi wychodzić wyłącznie z – jak to się później nazywa – „obserwowanych faktów” (H e l m h o l t z 1903, t. 2, s. 352).

## 2. HIPOTETYZACJA WIZJI NAUKI I PRZYRODY

Zarysowana w latach siedemdziesiątych relatywizacja wymogu ważności mechanistycznej wizji przyrody może być rozumiana jako zastosowanie określeń teorii postrzegania do poznania naukowego. Do specyficznych cech teorii postrzegania Helmholtza należy, iż jakościowej treści postrzeżeń zmysłowych przypisuje ona, inaczej niż czyni to w wypadku do odbiciowego charakteru struktury czasowej, tylko względną ważność, zależną od skuteczności opracowania danego postrzeżenia. Po tym, jak Helmholtz ograniczył odniesienie poznania naukowego rzeczywistości do tego, co postrzegalne, podporządkował owym niepewnym warunkom ważności również naukowe określenie celu i metodykę poznania. Nowa orientacja obejmuje wszystkie określenia jego rozumienia nauki. Swój pierwszy, a zarazem najdobitniejszy wyraz znajduje ona w ogólnej, bazującej na naukowym poznaniu wykładni przyrody, którą Helmholtz prezentuje w oficjalnych mowach.

Dokładnie dwa lata po tym, jak na podium zebrania przyrodników składał hołd atomizmowi, Helmholtz zwraca się w swojej mowie *Zum Gedächtniss an Gustav Magnus (Ku pamięci Gustava Magnusa)* „przeciw dążeniu do wyprowadzania podstaw fizyki teoretycznej z czysto hipotetycznych założeń dotyczących atomistycznej budowy ciał” (H e l m h o l t z 1903, t. 2, s. 45). Podczas gdy tu używa wyrażenia „hipotetyczne” w pejoratywnym znaczeniu i odnosi go do jeszcze nie odkrytych, niewidocznych bytów, niedługo później po raz pierwszy wprowadza do swojej koncepcji nauki pojęcie hipotezy w pozytywnym sensie. „Każda uprawniona hipoteza” – pisze w 1874 r. w przedmowie do współtłumaczonego przez niego *Podręcznika teoretycznej fizyki* angielskich fizyków W. Thomsona i P.G. Taita – „jest próbą sformułowania nowego ogólnego prawa” (H e l m h o l t z 1903, t. 22, s. 416). Bezpośrednim wynikiem indukcji nie są już prawa, lecz hipotezy, dopiero z nich dzięki empirycznej weryfikacji uzyskuje się prawa<sup>21</sup>. W 1877 r. w mowie *Das Denken in der Medicin (Myślenie w medycynie)* Helmholtz wiąże zwrot w ujęciu nauki z kryzysem mechanicyzmu. Z jednej strony stwierdza, że przy „wyjaśnianiu przyczynowym” „nie zawsze można sprowadzić wszystko do sił atomów” (H e l m h o l t z 1877, s. 31 i n.)<sup>22</sup>. Dokładnie tę redukcję uważał wszakże do tej pory za możliwą i skuteczną. Z drugiej strony wyjaśnia weryfikację hipotez jako pracę, której „właściwie nigdy” nie można zaprzestać i która „nigdy nie prowadzi do bezwarunkowej prawdy” (H e l m h o l t z 1877, s. 26 i n.). Jednakże jeżeli weryfikacja jest procesem

nieskończonym, to prawa uzyskują charakter hipotetyczny. W związku z tym Helmholtz dochodzi do takiego rozumienia nauki, które stanowi podstawowe przekonanie krytycznego racjonalizmu w jego Popperowskiej wersji<sup>23</sup>: owa „infallibilność”, o której Helmholtz mówi *explicite*, staje się według niego cechą fałszywej naukowości (H e l m h o l t z 1877, s. 15)<sup>24</sup>.

U Helmholtza hipotetyzacja praw nie przeszkadza w realizacji zadania nauki, którym jest dążenie do jedynie ważnego poznania przyrody. Zadanie to staje się problematyczne dopiero w wyniku dalszych kroków procesu hipotetyzacji. Obok geometrycznych rozważań na temat ekwiwalentnego przedstawienia przestrzeni matematycznej<sup>25</sup>, należy tu założyć, że niezbywalne przesłanki teoriiopoznawcze implikują niepoddający się uzasadnieniu wybór między dwoma przeciwstawnymi pozycjami. Nawiązując do tego, w centralnym miejscu swojej słynnej mowy z 1878 r. *Über die Tatsachen in der Wahrnehmung (O faktach w postrzeganiu)*, konfrontuje własną realistyczną pozycję z idealistyczną, jako tak samo niemożliwą do obalenia i dlatego równouprawnioną oraz określa obie jako „metafizyczne hipotezy” o „pełnej naukowej prawomocności” (H e l m h o l t z 1903, t. 2, 239).

Tak więc, u Helmholtza może być mowa o naukowych hipotezach w trojakim sensie: jako o jeszcze nieodkrytych lub fikcyjnie przyjętych, niewidocznych wielkościach; następnie jako o niewystarczająco zweryfikowanych lub nie w pełni weryfikowalnych prawach; na koniec jako o niemożliwych do obalenia założeniach teoriopoznawczych.

Powołując się na oficjalne wystąpienia Helmholtza, można więc mówić o hipotetyzacji jego wizji nauki i przyrody. Spektrum koniecznych do uwzględnienia warunków i możliwych przyczyn tego procesu jest niezmiernie różnorodne i daje się tu omówić tylko fragmentarycznie. Przede wszystkim Helmholtz podąża za widoczną w europejskiej nauce drugiej połowy XIX w. tendencją do hipotetyzacji wymogów ważności, która jest częścią ogólnych kulturowo-historycznych przemian<sup>26</sup>. Zdaje się on pozostawać przede wszystkim pod wpływem empiryzmu angielskiego i ujęcia nauki angielskich fizyków. W teorii nauki J.S. Mila znajduje – jak sam uważa – „najlepiej wyłuszczonej” istotę wnioskowania indukcyjnego (H e l m h o l t z 1856, s. 447), a poglądom Faradaya, Maxwella i Thomsona przypisuje w toku swojej kariery coraz większe znaczenie<sup>27</sup>. Jako istotny czynnik w ramach własnych badań Helmholtza należy uwzględnić rozszerzenie jego teorii postrzegania do teorii poznania. Nie można wykluczyć, że proces zmiany wizji nauki został w istotny sposób zainicjowany przez kryzys mechanicyzmu. W kryzysie tym odzwierciedla się, jak się zdaje, zarówno reakcja na wyżej wspomnianą treściową krytykę, jak i wysiłki Helmholtza, aby jawnie zdystansować się od światopoglądu materialistycznego<sup>28</sup>. Kryzys jego mechanicyzmu zbiega się z jego zdecydowanym zwrotem ku problemom fizykalnym<sup>29</sup>. Ostatecznie nadwątlenie wymogu ważności poznania naukowego



zwrotnie osłabia również wymóg prawdziwości mechanicyzmu. Jego zmieniony status ugruntowuje Helmholtz obecnie w odwołaniu do teorii postrzegania. W takich samych patetycznych słowach, w jakich uprzednio przedstawiał obiektywną prawdę mechanicyzmu, zdecydowanie dystansuje się w 1878 r. od wszystkich redukcjonistycznych wymogów absolutności.

„Każde sprowadzenie zjawisk do podstawowych substancji i sił stwierdza znalezienie czegoś niezmiennego i ostatecznego. Nie jesteśmy nigdy uprawnieni do tego rodzaju bezwarunkowego twierdzenia. Nie pozwala nam na to ani niekompletność naszej wiedzy, ani natura wnioskowania indukcyjnego, na którym od pierwszego kroku opiera się wszelkie nasze postrzeganie rzeczywistości” (H e l m h o l t z 1903, t. 2, s. 243).

„Naturę wnioskowania indukcyjnego” przytacza Helmholtz jako jedyny zasadniczy argument za odrzuceniem bezwarunkowej ważności wiedzy. Argument ten pochodzi z lat 60., a mianowicie z jego teorii postrzegania. Jej zastosowanie do ujęcia nauki pokazują poniżej. Wyrażeniem „wnioskowanie indukcyjne” i jego synonimami określa Helmholtz bardzo różne procedury<sup>30</sup>, które w sobie właściwy sposób przyczyniają się do relatywizacji poznania naukowego.

Najistotniejsza jest tu procedura, dotycząca powstawania i przetwarzania wrażeń w żywym organizmie<sup>31</sup>. Według Helmholtza w naturalnym procesie uczenia się sposoby postrzegania i działania, mające u swych podstaw wrażenia, dochodzą do skutku na drodze indukcyjnej. Otóż podobne skutki wrażeń i ich wywołujące pozytywne konsekwencje przetworzenia są nieustannie magazynowane w pamięci oraz, z reguły poza świadomością danego indywiduum, uogólniane do zasad postrzegania i reagowania. Jeżeli pojawi się porównywalne z nimi wrażenie, zasady te określają, wtedy już bez wyjątku nieświadomie, rodzaj powstających przy tym postrzeżeń i reakcji. Chodzi tu o wykształcenie i zastosowanie psychologicznego schematu, którego ważność mierzy Helmholtz wyłącznie doraźnym sukcesem i właśnie dlatego nie ocenia go, ani jako niezmiennego, ani jako zakończonego<sup>32</sup>.

To, o czym mówi przytoczony przykład ważności redukcji, w porównywalny sposób może być odniesione również dla podstawowych pojęć Helmholtza koncepcji nauki (szczególnie dla pojęć siły, prawa i przestrzeni). Mianowicie elementarne procesy postrzegania gwarantują i zarazem ograniczają – prawie w sensie współczesnego *a priori* świata żywego – warunki ważności naukowego poznania przyrody. Ponieważ nawet zwykłe postrzeżenia mają tylko względną ważność w odniesieniu do ich nigdy nie w pełni pewnego sukcesu, to pojęcia substancji i siły, które Helmholtz niezmiennie czyni podstawą fenomenu przyrody, nie mogą być przyjęte z większą od nich bezwarunkowością.

Jaki status ma jednak to, co leży u podstaw, jeżeli w dalszym ciągu mają być dopuszczone wyjaśnienia redukcjonistyczne? Helmholtz daje na to odpowiedź w mowie *Die Tatsachen in der Wahrnehmung (Fakty w postrzeganiu)*, w której opowiada się za wprowadzeniem programu już niekoniecznie mechanistycznej redukcji:

„Jeżeli założmy [...], że pojęcia (zjawisk przyrody – *G.S.*) zostaną dopełnione, i że będziemy mogli uznać to, co ostatecznie niezmiennie, jako **przyczynę** obserwowanych zmian, to nazwijmy to regulatywną zasadą naszego myślenia, a to, co nas do tego skłania – zasadą przyczynowości. Możemy powiedzieć, że przejawia się tu zaufanie, iż możliwe jest pełne **rozumienie** świata. Rozumienie [...] jest metodą, z pomocą której świat podporządkowuje się naszemu myśleniu...” (H e l m h o l t z 1903, t. 2, s. 243).

Helmholtz pozostaje przy celu, którym jest pełne wyjaśnienie przyrody, odsuwa go jednak w nieosiągalną dal, tak że „rozumienie” staje się, obok zdobycia treści, równoważącym zadaniem dla poznania. Zasada regulatywna nie może uwarunkowywać żadnego obiektu doświadczenia. Zamiast tego pełni rolę heurystycznej reguły, która nigdy nie prowadzi do granicy absolutnej. Helmholtz po raz ostatni mówi tu o „spełnieniu” rozumienia. W następnych mowach jego dystans do ustalenia skończonego celu zdaje się zwiększać, ostatecznie jednak pozostaje w tym względzie niezdecydowany<sup>33</sup>.

Z tekstów Helmholtza pochodzących z lat 70., w których w centralnym miejscu stawia hipotetyzację koncepcji nauki i przyrody, porównywalne do przywołanych tu przeze mnie mów, są jedynie prace zajmujące się teorią postrzegania<sup>34</sup>. Przedstawiają one nie tyle refleksję na temat naukowego poznania, ile raczej nieświadomą tematyzację procesów postrzegania. Moja rekonstrukcja przemiany poglądów Helmholtza wychodzi z tego, że w latach 60. nie widział on konsekwencji teoriopoznawczych swojej teorii postrzegania<sup>35</sup>. Czyni to dopiero w latach 70. i uzasadnia w odwołaniu do niej przyjętą relatywizację wymogu ważności.

W oficjalnych wypowiedziach Helmholtza z początku lat 70. obserwujemy dokonujący się stopniowo, i nie zawsze w sposób ciągły, proces zmiany jego poglądów na temat teorii postrzegania. Jego stare i nowe koncepcje pojawiają się obok siebie, często nawet w sposób wzajemnie niepowiązany<sup>36</sup>. To, że kontury nowego powoli zaczynają się zaznaczać coraz wyraźniej, nabiera wymiaru historycznego. Helmholtz zrywa z sięgającą antyku tradycją poszukiwania niepodważalnej prawdy i przygotowuje nowoczesny proces jej relatywizacji, który jest kontynuowany również obecnie.

### 3. MECHANISTYCZNE ANALOGIE I MATEMATYCZNE UJEDNOLICENIE

Po tym, jak stało się dla Helmholtza problematyczne, czy materia składa się z niezmiennych atomów i czy elementarne oddziaływania polegają wyłącznie na niezmiennie działających mechanicznych siłach<sup>37</sup>, pozostaje dla niego – mówiąc lapidarnie – tylko jedna możliwość utrzymania podstawowych założeń swego dotychczasowego mechanistycznego ujęcia przyrody i uprawomocniającej go

bazy empirycznej. Musi mianowicie odejść od stawianego im wymogu prawdziwości i sformułować je jako hipotezy, znajdujące się na drodze nauki w jej dążeniu do pełnego wyjaśnienia przyrody.

Wraz z rewizją koncepcji nauki Helmholtz przyjmuje nowe założenia. Ich liberalizacja dopuszcza różne, również wzajemnie sprzeczne, hipotezy dotyczące obszaru danego przedmiotu badań. Mechanicyzm jest teraz jednym z wielu, zasadniczo równouprawnionych, obrazów świata. Tak Helmholtz traktuje swoje ujęcie atomu jako hipotezę, rozwija z niej w genialny sposób ideę elektrycznego ładunku elementarnego i w swoich pracach elektro- i termodynamicznych pozwala się wieść przekonaniu, że poruszające się niewidoczne substancje i siły mechaniczne są przyczynami zjawisk obserwowalnych<sup>38</sup>.

Jednak Helmholtz znajduje się w sytuacji, w której staje się powszechnie jasne, że dualny mechanicyzm posiada ograniczoną moc wyjaśniającą. Największą trudność i największe wyzwanie dla mechanistycznego wyjaśnienia przyrody stanowią zjawiska elektromagnetyczne. Helmholtz przypuszcza, że siły elektryczne są identyczne z chemicznymi (H e l m h o l t z 1903, t, 2, s. 289) i zaczyna zajmować się termodynamiką procesów chemicznych<sup>39</sup>. W kontekście związanych z nimi badań wprowadza systematycznie – wzorując się na mechanice – typ interpretacji zjawisk niewyjaśnionych lub jeszcze niewyjaśnionych, polegający na tworzeniu analogii między modelami mechanicznymi a zjawiskami nie-mechanicznymi.

Przy czym Helmholtz wychodzi od mechanicznej zasady najmniejszego działania, z której dzięki formalnym przekształceniom można otrzymać empirycznie sprawdzalne prawa zachowania energii w ramach elektro- i termodynamiki. Dokonuje tego w następujący sposób. Dla mechanicznego modelu – o w pełni znanej strukturze wewnętrznej, który w swojej konkretnej formie nie ma nic wspólnego z procesami na poziomie atomowym – tak ustala określone warunki, że otrzymuje prawa empiryczne, gdy w równaniach ruchu modelu zmienne mechaniczne zostają zastąpione przez zmienne termo- względnie elektrodynamiczne<sup>40</sup>. Relacja podobieństwa w analogii nie musi się w żadnym wypadku odnosić do struktury wewnętrznej. Helmholtz pokazuje zaledwie (może tylko przypadkową) porównywalność matematycznej formy praw empirycznych z prawami równań ruchu modeli mechanicznych.

W efekcie Helmholtz jest przekonany, iż pokazał, że z zasady najmniejszego działania daje się wyprowadzić wszystkie zasadnicze, empiryczne prawa fizyki. W niezależnie od założeń określonych przyczynach otrzymywanych ujednocień matematycznych upatruje on rozstrzygający postęp swojej procedury<sup>41</sup>. Można powiedzieć, że Helmholtz wcześniejszą argumentację, bazującą na substancjach i siłach, zastępuje podejściem ugruntowanym mocno fenomenologicznie. Określenia relacji wyrażone w prawach ujmuje w dalszym ciągu jako – przyjęte już wprawdzie tylko hipotetycznie – odbicie rzeczywistości. Patrząc z perspektywy

historii idei zachodzi bliskie pokrewieństwo między tą relacyjną teorią odzwierciedlenia i późniejszą teorią odbicia znaczenia Ludwika Wittgensteina<sup>42</sup>.

Intencje, które przyświecają Helmholtzowi w jego metodzie tworzenia analogii, nie ograniczają się do formalnego ujednoczenia praw fizykalnych. Sam uzasadnia swoją procedurę między innymi w ten sposób, że nie dysponując jeszcze jej wyjaśnieniem, nie może jej inaczej wyjaśnić, niż odwołując się do hipotez dotyczących niewidocznych przyczyn ruchu<sup>43</sup>. Warunki, które ustala dla swoich modeli mechanicznych, winny zachować ważność również dla struktury leżącej u podstaw tych zjawisk<sup>44</sup>. Jego badania zbliżają się do przypuszczenia, że przyczyny mogłyby być natury czysto mechanicznej. To, że konkretna forma jego modeli nie wchodzi w grę jako przyczyna, nie wyklucza w żadnym razie możliwości, że przyczyny mogłyby mieć charakter mechaniczny. Helmholtz wykorzystuje niejednoznaczność modeli mechanicznych, polegającą na tym, że dla każdego danego mechanicznego równania ruchu liczba modeli mechanicznych jest zasadniczo nieograniczona<sup>45</sup>. W ten sposób otwiera się szerokie pole eksperymentu dla tworzenia analogii, umożliwiające rozwijanie wielości hipotetycznych wyjaśnień na bazie najróżnorodniejszych modeli.

Nie Helmholtz, lecz jego uczeń Henryk Hertz rozbudował ten aspekt dalszej relatywizacji mechanicyzmu. W swojej teorii wiedzy usuwa on utrzymywane jeszcze w mocy przez Helmholtza zarówno różnicę między tworzeniem modeli i wyjaśnieniem, jak i przekonanie o tym, że prawa mają charakter odbicia. Jego zdaniem modele muszą zgadzać się z rzeczywistością zaledwie tylko w swoich prognozach<sup>46</sup>. To, co zaczęło się u Helmholtza jako lekkie zachwianie wymogu prawdziwości, zostaje – już za jego życia i jeszcze całkowicie w ramach mechanistycznego ujęcia przyrody – przekształcone u Hertza w rezygnację z odniesienia do rzeczywistości, w wymiarze, który w poznaniu naukowym do dzisiaj wydaje się prawie nie do przekroczenia.

### Przypisy

<sup>1</sup> Przykładami krytyki mechanistycznego programu wyjaśniania są: M a c h 1872, K i r c h h o f f 1897, H e l m 1898.

<sup>2</sup> Odnośnie XIX-wiecznego zwrotu w ujmowaniu nauki por. Diemer 1968 i S c h n ä - d e l b a c h 1983.

<sup>3</sup> Patrz D u h e m 1978, P o i n c a r è 1974.

<sup>4</sup> Por. D u B o i s - R e y m o n d 1974. Zmiana ujęcia mechaniki przez C. G. J. Jacobiego, którą zbadał P u l t e 1993, stanowi dalszy przykład relatywizacji wymogu ważności w obrębie tradycji mechanicyzmu.

<sup>5</sup> Literatura przedmiotowa odnotowuje zmiany dokonane przez Helmholtza w ujęciach nauki i przyrody jednak najczęściej wskazania te mają one wyłącznie charakter wzmiankowy. Ogólnie biorąc, przeważa opinia, że element zmiany w Helmholtza teorii

nauki i przyrody posiada podrzędne znaczenie w stosunku do zachowanego punktu widzenia; por. na przykład Koenigsberger 1895, Conrat 1904, Erdmann 1921, Hörz und Wollgast 1971, Heimann 1974, Elkana 1974, Winters 1985. Tylko König 1968 i Heidelberger 1993 przypisują większe znaczenie procesowi przemiany ujęcia nauki i przyrody w poglądach Helmholtza i związanej z nim tendencji hipotetyzacji.

<sup>6</sup> Helmholtz 1856 s. 454; tenże 1882 t. 1 s. 68 in.

<sup>7</sup> Por. Helmholtz 1903 t. 1 s. 40, 45, 60, 178, 217 in; tenże 1882 t. 3 s. 569.

<sup>8</sup> Tej fazy rozwoju, w której Helmholtz tylko wzmiankowo opowiada się za mechanicyzmem, w tym miejscu nie omawiam.

<sup>9</sup> Po raz pierwszy w Helmholtz 1903 s. 116, później w Helmholtz 1856 s. 453; Helmholtz 1903 t. 243; Helmholtz 1897 t. 1 s. 17.

<sup>10</sup> Nie ma tu sprzeczności między wypowiedziami Helmholtza zawartymi w pismach: Helmholtz 1882 t. 1 s. 13; Helmholtz 1903 t. 1. 389 in., a Helmholtz 1903 t. 1 s. 37 i 171; Helmholtz 1856 s. 454; Helmholtz 1903 t. 2 s. 89 i 419.

<sup>11</sup> W dalszych fragmentach tego tekstu obejmuje Helmholtz pojęciem siły, poza siłą mechaniczną, przede wszystkim wielkość fizykalną określaną dzisiaj jako energia. O znaczeniach obu tych pojęć pisze Elkana 1974.

<sup>12</sup> Helmholtz 1882 t. 1 s. 14 i 68; tenże, 1903 t. 1 s. 40 i 377; tenże, 1856 s. 456 in.

<sup>13</sup> Tenże, 1903 t. 1 s. 374 in; tenże, 1856 s. 454 in.

<sup>14</sup> Tenże, 1882 t. s. 15; tenże, 1903 t. 1 s. 379.

<sup>15</sup> Tenże, 1882 t. s. 15 in; tenże, 1903 t. 1 s. 379 in.

<sup>16</sup> Kilkoma nielicznymi tytułami są tu: Krause 1876, Schwertschläger 1883, Cassirer 1973, Heimann 1974 i Fullinwider 1990.

<sup>17</sup> Odnośnie metafizycznych podstaw dynamicznego mechanicyzmu u Kanta por. jego *Metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (1786) w: Kant 1902 t. 4.

<sup>18</sup> Z obszernej literatury traktującej o teorii postrzegania Helmholtza należy wymienić: Conrat 1904, Hatfield 1990 i Turner 1993.

<sup>19</sup> Helmholtz 1882 t. 2 s. 608 in.; Helmholtz 1903 t. 1 s. 40 in. i 171 in.

<sup>20</sup> Tenże 1856 s. 445.

<sup>21</sup> Tenże, 1903 t. 2 s. 414, por. tenże 1897 t. 1 s. 18 in.

<sup>22</sup> Dać „wyjaśnienie przyczynowe” znaczy w tym miejscu: podać prawa i warunki działania.

<sup>23</sup> Popper 1989 s. 14 in.

<sup>24</sup> Por. Helmholtz 1903 t. 2 s. 239; tenże 1882 t. 2 s. 642.

<sup>25</sup> Tenże 1903 t. 2 s. 24 in. oraz 230 in.

<sup>26</sup> Por. przypis 2.

<sup>27</sup> Podaję tylko najważniejsze wskazówki: o jego podejmowanych od 1853 roku podróżach do Anglii czytamy w Koenigsberger 1902; w 1870 roku Helmholtz publikuje książkę o J. Tyndallu i Faraday’u, w latach 1871 i 1874 pierwszą i drugą część pierwszego tomu podręcznika Thomsona i Taita; odnośnie Maxwella por.

Helmholtz 1903 t. 2 s. 249 i n. oraz Helmholtz 1882 t. 3 s. 209. Na wpływ angielskich fizyków na proces zmiany ujęcia nauki i przyrody przez Helmholtza zwrócił uwagę szczególnie Heidelberger 1993.

<sup>28</sup> Por. dopiero w drugim wydaniu (1878) mowy *Das Denken in der Medicin* podjęte zdystansowanie się do materializmu: Helmholtz 1903 t. 2 s. 186 i n.

<sup>29</sup> W 1871 roku zakończył Helmholtz swoją działalność jako profesor fizjologii w Heidelbergu i zostaje profesorem fizyki w Berlinie.

<sup>30</sup> Conrat 1904 s. 92 i n.; por. Helmholtz 1903. t. 1 s. 112 i n.; Helmholtz 1856 s. 430, 449, 453 i nn; Helmholtz 1903 t. 2 s. 226, 233, 243 i n. oraz por. przypis 31.

<sup>31</sup> Helmholtz 1856 s. 447 i 449; Helmholtz 1903 t. 1 s. 358 i n.

<sup>32</sup> Tenże 1856 s. 442 i n.; tenże 1885 s. 602 i n.

<sup>33</sup> Por. szczególnie Helmholtz 1903 t. 2 s. 358; tenże, 1897 t. 1 s. 17 i n.

<sup>34</sup> W I wyd. *Handbuch der physiologischen Optik* Helmholtz odnosi względne pojęcie prawdy do postrzeżeń, a w II wyd. także do poznania naukowego (Helmholtz 1885 s. 590).

<sup>35</sup> Sam Helmholtz dopiero od końca lat 60. uznaje swoją teorię postrzegania za ogólną teorię poznania: *implicite* w Helmholtz 1903 t. 1 s. 394 i n. oraz t. 2 s. 222, *explicite* w Helmholtz 1903 t. 1 s. 16 i n. oraz t. 2 s. 188 i 338.

<sup>36</sup> Odnosi się to szczególnie do wypowiedzi Helmholtza na temat przyczynowości (Helmholtz 1856 s. 453 i n.; tenże 1903 t. 2 s. 243 i n.). Również w mowach, w których formułuje lub zakłada względność ówczesnego wymogu ważności, podkreśla niehipotetyczny charakter wypowiedzi naukowych (np. tenże 1903 t. 2 s. 218 i 252) i ostro odgranicza ogólnie ważne prawa od hipotez (tamże s. 184 i 240).

<sup>37</sup> W 1878 roku jest Helmholtz zdecydowany na „nowy rozpad znanych obecnie elementów chemicznych” (Helmholtz 1903 t. 2 s. 240), a od początku lat 80. problematyzuje dotychczas przyjętą strukturę elementarnych zmiennych oddziaływań (tenże 1882 t. 1 s. 68 i n. t. 2 s. 1003 i n.).

<sup>38</sup> Odnośnie mechanistycznych założeń w późniejszych elektrodynamicznych pracach Helmholtza por. Buchwald 1985 s. 234 i n. Na temat jego termodynamicznych prac por. Klein 1972 i Bierhalter 1981.

<sup>39</sup> Helmholtz 1822 t. 2 s. 958 i n. oraz 979 i n. t. 3 s. 92 i n.

<sup>40</sup> Helmholtz 1882 t. 3, 132 i n. oraz 223 i n.

<sup>41</sup> Tamże t. 3 s. 210, tenże 1900 s. 287.

<sup>42</sup> Por. Majer 1985.

<sup>43</sup> Tenże 1882 t. 3. s. 117, 135, 176, i 286; tenże 1900 s. 286.

<sup>44</sup> Tenże 1882 t. 3 s. 128 i n.

<sup>45</sup> Por. znaną przypuszczalnie Helmholtzowi uwagę Maxwella, Maxwell 1873 t. 2 s. 416, jak i późniejszy dowód Poincaré 1890, IX i n.

<sup>46</sup> Hertz 1894 s. 1.

## Literatura

- Bierhalter G.: *Zu Hermann von Helmholtzens mechanischer Grundlegung der Wärmelehre aus dem Jahre 1884.* „Archives for the History of Exact Sciences”, 25, 1981, 71–84.
- Buchwald J. Z.: *From Maxwell to Microphysics.* Chicago 1985.
- Cahan D.: *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science.* Berkeley/Los Angeles/London 1993.
- Cassirer E., *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit.* Darmstadt 1973, IV.
- Conrat F.: *Hermann von Helmholtz' psychologische Anschauungen.* Halle 1904.
- Diemer A.: *Die Begründung des Wissenschaftscharakters der Wissenschaft im 19. Jahrhundert – Die Wissenschaftstheorie zwischen klassischer und moderner Konzeption,* w: tenž e (Hg.): *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert.* Meisenheim am Glan 1968.
- Du Bois-Reymond E.: *Ueber die Grenzen des Naturerkennens (1872),* w: tenž e: *Vorträge über Philosophie und Gesellschaft.* Hamburg 1974.
- Duhem P.: *Ziel und Struktur der physikalischen Ideen.* Autorisierte Übersetzung von Friedrich Adler. Mit einem Vorwort von Ernst Mach (1. Wyd.) 1908, Hamburg 1978;
- Elkana Y.: *The Discovery of the Conservation of Energy.* London 1974.
- Erdmann B.: *Die philosophischen Grundlagen von Hermann von Helmholtz' Wahrnehmungstheorie* (Abh. Preuss. Akad., phil.-hist. Klasse, Nr. 1). Berlin 1921.
- Fullinwider S. P.: *Hermann von Helmholtz: The Problem of the Kantian influence.* „Stud. Hist. Phil. Sci.” 21, 1990, 41–55.
- Hatfield G.: *The Natural and the Normative. Theories of Spatial Perception from Kant to Helmholtz.* Cambridge (Mass.)/London 1990.
- Heidelberger M.: *Force, Law, and Experiment: The Evolution of Helmholtz's Philosophy of Science,* w: Cahan 1993.
- Heimann P. M.: *Helmholtz und Kant: The Metaphysical Foundation of „Ueber die Erhaltung der Kraft”.* „Stud. Hist. Phil. Sci.”, 5, 1974, 205–238.
- Helm G., *Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung.* Leipzig 1898.
- Helmholtz H. v.: *Handbuch der physiologischen Optik.* Leipzig 1856.
- Helmholtz H. v.: *Das Denken in der Medicin.* Berlin 1877.
- Helmholtz H. v.: *Wissenschaftliche Abhandlungen.* Leipzig 1882 ff.
- Helmholtz H. v.: *Vorträge und Reden* (1. wyd. 1884). Braunschweig 1903.
- Helmholtz H. v.: *Handbuch der physiologischen Optik,* (2. wyd.). Hamburg/Leipzig 1885.
- Helmholtz H. v.: *Rede über die Entdeckungsgeschichte des Principis der kleinsten Action.* w: Adolf Harnack (Hg.): *Geschichte der königl. preuss. Akademie der Wiss. zu Berlin.* Berlin 1900, 2.
- Helmholtz H. v.: *Vorlesungen über theoretische Physik.* Hg. von Arthur König et al. Leipzig 1897.

- Hertz H.: *Die Prinzipien der Mechanik*. Leipzig 1894.
- Hörz H., Wollgast S.: *Einleitung zu: Hermann von Helmholtz, Philosophische Vorträge und Aufsätze*. Berlin 1971.
- Kant I.: *Kants gesammelte Schriften*, hrsg. v. der Königlich Preussischen (später: Deutschen) Akademie der Wissenschaften (zu Berlin). Berlin 1902.
- Kirchhoff G.: *Vorlesungen über Mechanik* (1. wyd. 1876). Leipzig 1897.
- Klein M. J.: *Mechanical Explanation at the End of the Nineteenth Century*. „Centaurus” 17, 1972, s. 58–82.
- Koenigsberger L.: *Hermann von Helmholtz's Untersuchungen über die Grundlagen der Mathematik und der Mechanik*. Heidelberg 1895.
- Koenigsberger L.: *Hermann von Helmholtz*. Braunschweig 1902.
- König G.: *Der Wissenschaftsbegriff bei Helmholtz und Mach*, w: Diemer A., (Hg.), *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert*. Meisenheim am Glan 1968.
- Krause A.: *Kant und Helmholtz über den Ursprung und die Bedeutung der Raumschauung und der geometrischen Axiome*. Lahr 1876.
- Lenoir T.: *The stragety of life. Teleology and Mechanics in Nineteenth Century German Biology*. Dodrecht/Boston/ London 1982.
- Mach E.: *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*.  
Majer U.: *Hertz, Wittgenstein und der Wiener Kreis*, w: H.-J. D a h m s (Hg.): *Philosophie, Wissenschaft und Aufklärung*. Berlin 1985.
- Maxwell J. C.: *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford 1873.
36. Poincarè H.: *Electricite` et Optique*. Paris 1890.
37. Poincarè H.: *Wissenschaft und Hypothese*. (1. wyd. 1902). Darmstadt 1974.
38. Popper K.: *Die Logik der Forschung* (1. wyd. 1934). Tübingen 1989.
39. Pulte H.: w: *Neue Realitäten. XVI. Dt. Kongress für Philosophie*. Berlin 1993.
40. Schnädelbach H.: *Philosophie in Deutschland 1831–1933*. Frankfurt 1983.
41. Schwertschläger J.: *Kant und Helmholtz erkenntnistheoretisch verglichen*. Freiburg 1883.
42. Turner R. S.: *Consensus and Controversy: Helmholtz on the Visual Perception of Space*, w: C a h a n (1993).
43. Winters S. M.: *Hermann von Helmholtz Discovery of Force Conservation*. Diss. Baltimore 1985.

Z języka niemieckiego  
przetłumaczyła  
Aldona Pobjewska  
Katedra Epistemologii  
i Filozofii Nauki  
Uniwersytet Łódzki



