

MARC LANGE

Uniwersytet Północnej Karoliny  
w Chapel Hill

## CZY ISTNIEJĄ TYLKO POLA?<sup>1</sup>

### 1. Czy ładunek elektryczny jest rzeczywisty?

Założmy, że oddziaływania elektryczne zachowują miejscowość czasoprzestrzenną (*spatiotemporal locality*), ponieważ pole elektryczne jest bytem rzeczywistym<sup>2</sup>. Jego stan w danym miejscu i czasie jest ostatecznie spowodowany przez ciała znajdujące się w oddali we wcześniejszych

---

<sup>1</sup> M. Lange, *Is There Nothing but Fields?*, w: tegoż, *An Introduction to the Philosophy of Physics. Locality, Fields, Energy, and Mass*, Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts 2002, s. 165–174. Tekst publikujemy za zgodą Autora i wydawnictwa Wiley-Blackwell. © 2002 by Marc Lange. All rights reserved. First published 2002 by Blackwell Publishing Ltd. Rozdział przełożył Jan Hauska.

<sup>2</sup> Przez „miejscowość czasoprzestrzenną” rozumie się miejscowe zachodzenie oddziaływań fizycznych, tj. brak swoistej „szczeliny” czasoprzestrzennej między przyczyną a jej skutkiem. Jeśli miejscowość ta zachodzi, to między przyczyną a jej (ostatecznym) skutkiem nie ma ani przedziału czasu, ani części przestrzeni, w których nie istniałaby całkowita przyczyna tego skutku. Na przykład, miejscowość czasoprzestrzenna byłaby pogwałcona, gdyby wzrost temperatury na Ziemi był bezpośrednim skutkiem zjawisk na Słońcu, tj. gdyby ogrzewanie Ziemi przez Słońce nie odbywało się za pośrednictwem fal elektromagnetycznych. Przyczynowanie, które pogwałcałoby miejscowość czasoprzestrzenną, nazywa się działaniem na odległość. Zob. M. Lange, dz. cyt., s. 1–25.

Z grubsza rzecz ujmując, dane ciało ma pole w pewnym miejscu i pewnej chwili wtedy i tylko wtedy, gdy ciało to działałoby w tym miejscu i czasie na inne ciało, które by się tam znalazło, pomimo braku styczności z tym ciałem. Tak więc pole elektryczne danego elektronu w pewnym miejscu (innym niż miejsce zajmowane przez ten elektron) i czasie równa się sile, jaką wywarłby on w tym miejscu i czasie na ciało punktowe o jednostkowym ładunku. Zob. tamże, s. 32–33.

Jeśli pola są rzeczywiste (tzn. nie są użyteczną fikcją w rodzaju statystycznej rodziny amerykańskiej, która ma 2,1 dzieci), to miejscowość czasoprzestrzenna jest zachowana, ponieważ stanowią one pośrednie przyczyny w oddziaływaniach. Na przykład, proton oddziałuje wtedy na oddalony elektron, wytwarzając pole, którego część przebywa każdy punkt przestrzeni między tymi cząstkami i istnieje w każdej chwili czasu między powstaniem a dotarciem do owego elektronu, a następnie działa nań, zajmując to samo miejsce co on. Zob. poniżej, początek części 2. (Przyp. tłum.).

chwilach. Posiadanie przez ciało w pewnej chwili pewnego ładunku powoduje zdarzenie – wkład do pola – które rozchodzi się od tego ciała jak zmarszczka na powierzchni wody w stawie. W dowolnym miejscu wkład dy ze wszystkich obdarzonych ładunkiem ciał dodają się, nadając tam siłę i kierunek polu elektrycznemu.

Według tego poglądu ładunek elektryczny ciała jest jedną z jego podstawowych własności. Istnieje jednak inne ujęcie, które pozwala na zachodzenie miejscowości czasoprzestrzennej, lecz *nie* uznaje ładunku elektrycznego za podstawowy. Fakty dotyczące ładunku elektrycznego nie są niczym innym jak faktami dotyczącymi pola elektrycznego!

Kluczem do tego proponowanego sprowadzenia ładunku do pola jest prawo Gaussa (jedno z równań Maxwella)<sup>3</sup>. Oto jeden ze sposobów wyrażenia tego prawa. Rozważmy strumień pola elektrycznego  $\mathbf{E}^4$  przez jakąś zamkniętą powierzchnię, to jest  $\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$  na tej powierzchni. (Jest to tym, co się otrzyma, gdy podzieli się tę powierzchnię na małe łatki, pomnoży powierzchnię każdej łatki przez składnik pola  $\mathbf{E}$  prostopadły w tym miejscu do tej łatki, doda wyniki dla całej powierzchni, a później weźmie wartość, do której ta suma się zbliża, gdy łatki stają się dowolnie maleńkie<sup>5</sup>). Prawo Gaussa mówi, że strumień  $\mathbf{E}$  przez jakąkolwiek zamkniętą powierzchnię równa się  $4\pi$  razy całkowity ładunek  $q$  w przestrzeni zamkniętej przez tę powierzchnię:

$$\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = 4\pi q.$$

Prawo to obowiązuje we wszystkich przypadkach – niezależnie od tego, jaki kształt ma powierzchnia, jak zawarte w niej naładowane ciała się poruszają, jak są one rozłożone w owej zamkniętej przestrzeni, a nawet od tego, czy na całkowity zawarty ładunek (powiedzmy 20 kulombów) składają się dwa ciała, z których każde ma ładunek 10 kulombów, czy też jedno ciało o ładunku 40 kulombów i drugie o ładunku  $-20$  kulombów.

<sup>3</sup> Historycznie bardziej dokładny opis tego, jak Maxwell i jego zwolennicy ujmowali ładunek elektryczny, można znaleźć w J. Buchwald, *From Maxwell to Microphysics*, University of Chicago Press, Chicago 1985, s. 23–34.

<sup>4</sup> Wyrażenia pisane tłustym drukiem oznaczają wielkości wektorowe.

<sup>5</sup> Zob. M. Lange, dz. cyt., s. 125–126.

Prawo Gaussa jest często wygodnym sposobem obliczania pola elektrycznego, jeśli znany jest już rozkład ładunku elektrycznego. My jednak nie jesteśmy zainteresowani jego praktycznymi zastosowaniami, lecz możliwościami metafizycznymi, jakie ono otwiera. W szczególności prawo Gaussa podsuwa możliwość traktowania ładunku elektrycznego w danej przestrzeni jako jedynie czegoś dotyczącego pola elektrycznego na powierzchni otaczającej tę przestrzeń. Według tego poglądu tym, co czyni prawdziwym to, że pewna przestrzeń zawiera, powiedzmy, 20 kulombów ładunku, nie są pewne własności posiadane przez ciała w tej przestrzeni (mianowicie ich ładunki elektryczne). Zdanie „Ta przestrzeń zawiera 20 kulombów ładunku” jest prawdziwe raczej dzięki temu, że strumień pola  $E$  przez powierzchnię dokładnie otaczającą tę przestrzeń, podzielony przez  $4\pi$ , wynosi 20 kulombów. Twierdzenia dotyczące ładunków elektrycznych, jeżeli są brane dosłownie, są fałszywe (ponieważ nie ma takich rzeczy jak „ładunki elektryczne”, które te twierdzenia poprawnie by opisywały). Lecz ujęte *niedosłownie* twierdzenia te są prawdziwe (lub fałszywe) dzięki cechom pola elektrycznego.

A co możemy powiedzieć o ładunku w pewnym punkcie? Rozważmy strumień pola  $E$  przez powierzchnię otaczającą przestrzeń, która zawiera ten punkt. Pozwólmy tej przestrzeni skurczyć się stopniowo wokół tego punktu, jak tracącemu powietrze balonikowi. Strumień pola  $E$  przez powierzchnię otaczającą ten punkt zbliża się do pewnej wielkości, gdy powierzchnia ta kurczy się dowolnie ściśle wokół tego punktu. Według prawa Gaussa wielkość ta, podzielona przez  $4\pi$ , równa się ładunkowi w tym punkcie. (Jeśli nie ma ładunków punktowych, prawo Gaussa może być nadal stosowane do „objętości” o wielkości punktu: strumień pola  $E$  przez powierzchnię podzieloną przez objętość zawartej przestrzeni zbliża się do  $4\pi\rho$  w granicy, gdzie  $\rho$  jest „gęstością ładunku” w tym punkcie [tj. wartością całkowitego ładunku w pewnej objętości podzielonego przez jej wielkość<sup>6</sup> – przyp. tłum.]. Twierdzenia, które dosłownie dotyczą ładunku w danym punkcie, są w ten sposób ujęte inaczej, jako opisujące pole elektryczne w sąsiedztwie tego punktu.

---

<sup>6</sup> Zob. tamże, s. 28.

Według tego poglądu stan pola tu i teraz nie jest spowodowany przeszłymi położeniami różnorodnych ładunków (rozumianych dosłownie), ponieważ w tym ujęciu zdania o „ładunkach” są prawdziwe tylko o tyle, o ile są rozumiane niedosłownie, tj. jako sposób opisu pola. Co zatem *powoduje* stan pola tu i teraz? Odpowiedź brzmi: stan pola w innych miejscach i wcześniejszych chwilach (który możemy, dla wygody, opisać w języku „ładunków”). Innymi słowy, w świetle pierwotnego poglądu, który głosi, że ładunki są rzeczywiste, siła i kierunek pola tu i teraz są określone przez zdarzenia (zmarszczki), które wcześniej zaczęły się rozchodzić z ciał jako skutek ich ówczesnych ładunków. Według nowej propozycji nie ma ładunków, które miałyby być przyczynami tych zmarszczek, i stąd nie ma powodu, aby zachować te „zmarszczkowe” zdarzenia jako środki, za pomocą których ładunki powodują odległe siły, bez pogwałcania miejscowości czasoprzestrzennej. Zamiast tego całkowitą przyczynę siły i kierunku pola tu i teraz będzie stanowił po prostu stan pola (jego siła i kierunek oraz to, jak się one zmieniały) pomiędzy teraz a  $t$  sekund temu we wszystkich punktach pomiędzy tutaj a  $ct$  centymetrów stąd [gdzie  $c$  jest prędkością światła – przyp. tłum.]. Można zatem znaleźć całkowity zestaw przyczyn wewnątrz dowolnego zakresu wokół tu i teraz, jakkolwiek byłby on mały – zgodnie z wymogami miejscowości czasoprzestrzennej.

Rozważmy ciało, na które działa siła elektryczna. W świetle pierwotnego poglądu, według którego ładunki są rzeczywiste, ta siła  $F$  jest spowodowana przez ładunek  $q$  tego ciała i pole elektryczne  $E$  w miejscu tego ciała:  $F = qE$ . Jednakże, jeśli mówienie o ładunkach jest po prostu skróconym sposobem wyrażania się o pewnych cechach pola  $E$ , to siła działająca na to ciało jest spowodowana przez  $E$  w miejscu tego ciała i  $E$  w punktach na powierzchniach, które otaczają to ciało dowolnie blisko. Miejscowość przestrzenna jest zachowana, ponieważ dla każdej skończonej niezerowej wartości odległość między ciałem (gdzie występuje ta siła) a otaczającymi powierzchniami może być zmniejszona poza tę wartość.

A zatem, według tego poglądu, pola elektryczne działają na ciała, ale ładunek danego ciała nie jest niczym innym niż cechą pola elektrycznego. Lecz czy nie możemy pójść nawet dalej – czy nie możemy potraktować samych ciał jako cech pól?

## 2. Obraz Faradaya

[Można pokazać], że jeśli pola są rzeczywiste, to jesteśmy w stanie uniknąć trudności, które [pojawiają się], gdy stara[my] się zrozumieć, co się dzieje, gdy dwa ciała się zderzają. (Czy zachodzą one na siebie w jakimś punkcie przestrzeni? Jak jest to możliwe – dwa kawałki materii nie mogą przecież być w tym samym miejscu w tym samym czasie? Czy zderzające się ciała dzieli szczelina jednego punktu? Ale wtedy, jak się zdaje, tak naprawdę się nie dotykają!<sup>7</sup>). Być może każde ciało jest otoczone przez pole odpychające, które jest niezmiernie słabe z wyjątkiem bardzo małych odległości, gdzie staje się bardzo mocne. Gdy dwa ciała wystarczająco się zbliżają, na każde ciało działa pole drugiego ciała, mocno te ciała odpychając. Inaczej niż dwa kawałki materii, pole i kawałek materii mogą bez kłopotu mieć równocześnie to samo położenie. (Cząstki składające się na ciało makroskopowe muszą być wystarczająco oddalone, tak że ich wzajemne odpychanie jest małe i jest zagłuszone przez siły przyciągające jedne do drugich).

Według tego poglądu ciało jest rzeczywistym bytem (mającym pewną skończoną wielkość lub zajmującym punkt), który jest otoczony przez inny rzeczywisty byt – pole odpychające. Ale być może potrafimy pozbyć się tego ciała – usuwając je z obrazu tego, co istnieje, pozostawiając tylko pole. Nasz powód do wiary w materię (to znaczy: w twarde, nieprzenikalny, lity materiał) *zniknął*, ponieważ zderzenia nie są wyjaśniane przez twardość materii, z której zrobione są ciała, lecz przez pola odpychające, które je otaczają. Możemy przyjrzeć się, jak Faraday bada ten kierunek rozważań w nieopublikowanej notatce do siebie samego:

Naciskam palcem kawałek szkła, a ponieważ stawia on opór mojemu palcowi, powiadam, że jest on *twardy*; ale jak powstaje ta twardość lub opór? poprzez *siłę odpychania*, która, istniejąc w cząstkach szkła i w cząstkach mojego palca, zapobiega ich wzajemnemu zejściu się bliżej niż na pewną odległość, określoną w danych warunkach, lecz zmieniającą się, jeśli zmieniają się warunki. Mówię znów, że to szkło jest *twarde*, ponieważ jego cząstki stawiają opór przesunięciu; nie że się dotykają... gdyż łatwo możemy umieścić te cząstki bliżej lub dalej od siebie przez ciśnienie, ciepło, itp.

<sup>7</sup> Zob. tamże, s. 7–13.

Zatem wszystkie własności, dzięki którym dowiadujemy się o obecności materii i ją uznajemy, zależą od *sił* działających na pewną odległość od rzeczywistego jądra [cząstki materii]; a tego [jądra], jako rzeczy samej w sobie, nie możemy w żaden sposób być świadomi. Tak więc, o ile nam wiadomo, te rzekome jądra materialne, zamiast bycia tak dużymi, żeby się niemal dotykać, mogą mieć tylko połowę tego rozmiaru lub średnicy, lub być nawet samymi punktami; gdyż czy jądra te będą większych rozmiarów, czy następnych rozmiarów, czy jeszcze mniejszych trzecich rozmiarów, czy niewiele większe niż sam punkt, jeśli mają stałą ilość mocy [tj. mocy do wzajemnego odepchnięcia przez swoje pola] dla tych wszystkich rozmiarów, ich skutki i własności będą takie same...

Dobrze zatem – jako że nie możemy rozpoznać tego jądra przez jakąkolwiek własność lub siłę, którą posiada, niezależnie [*sic*] od tych, o których wszystkie zjawiska przyrody dowodzą, że działają na odległość od niego, jaki jest powód, aby przypuszczać, że ono w ogóle *istnieje*?<sup>8</sup>

Faraday wyciągnął wniosek, że nie mamy powodu, aby przypuszczać, że istnieją cząstki materii, małe, twarde ciała, które istnieją poza polami i w dodatku do nich. Zgodnie z tym, przedstawił publicznie pogląd<sup>9</sup>, że świat wcale nie zawiera tak rozumianej materii, lecz tylko pola<sup>10</sup>.

Przed Faradayem kilku innych filozofów przyrody także myślało, że jest nierozsądne, by wyjaśniać zderzenia między przedmiotami makroskopowymi (jak np. kulami bilardowymi) przez odwołanie się do twar-

<sup>8</sup> T. Levere, *Faraday, Matter, and Natural Theology – Reflections on an Unpublished Manuscript*, „British Journal for the History of Science” 1968, vol. 4, s. 105–107. Poglądy Faradaya na oddziaływanie na odległość były wyrafinowane i podlegały zmianom. Zob. D. Gooding, *Conceptual and Experimental Bases of Faraday’s Denial of Electrostatic Action at a Distance*, „Studies in History and Philosophy of Science” 1978, vol. 9, s. 117–149; T. Levere, *Affinity and Matter*, Clarendon Press, Oxford 1971, s. 68–106.

<sup>9</sup> M. Faraday, *A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter*, w: tegoż, *Experimental Researches in Electricity*, vol. 1, Richard and John Edward Taylor, London 1844.

<sup>10</sup> Ostrożnie – niektórzy komentatorzy sądzą, że Faraday uważał, iż pola są własnościami dyspozycyjnymi. Według tego ujęcia wniosek Faradaya, że świat nie zawiera materii a jedynie pola, jest tezą, że dyspozycje (takie jak nieprzenikliwość „ciała”) nie mają podstaw kategorycznych; dyspozycje ciągną się do samego dołu. Sądzę jednak, że to ujęcie stanowiska Faradaya jest błędne. Uważał on linie sił za byty posiadające własności kategoryczne. (To, że wiemy o nich i rozpoznajemy je dzięki ich mocom, wiedzie do zagadnień, z którymi zmagam się pod koniec rozdziału trzeciego *An Introduction to the Philosophy of Physics*). Takie samo nastawienie, jak w przypadku Faradaya, jest wyraźnie widoczne w uwadze Hertza cytowanej na początku części trzeciej tego rozdziału.

dości podstawowych cząstek składających się na te ciała. Na przykład, William Whewell (angielski historyk i filozof nauki, 1794–1866) pisał:

Według teorii atomistycznej... własności ciał [makroskopowych] zależą od przyciągania i odpychania się cząstek [podstawowych]. A zatem, wśród innych własności ciał [makroskopowych], ich twardość zależy od takich sił. Lecz jeśli twardość *ciał* [makroskopowych] zależy od sił, np. od odpychania się cząstek, to od czego zależy twardość *cząstek*? Jaki postęp czynimy w wyjaśnianiu własności ciał [makroskopowych], kiedy zakładamy te same własności w naszym wyjaśnieniu? i z jakim skutkiem zakładamy, że cząstki są twarde?<sup>11</sup>

Używając pojęć pól, możemy przedstawić wywód Whewella następująco. Jeśli nie zadawała nas uznanie twardości ciał makroskopowych za niewyjaśnionego wyjaśniacza, lecz chcielibyśmy raczej zdać sprawę z ich rzekomej twardości przez odwołanie się do pól odpychających otaczających ich składniki, to w taki sam sposób nie powinniśmy zadowolić się wzięciem twardości tych składników za dotyczący ich niewyjaśnialny fakt (*brute fact*). Powinniśmy zamiast tego wyjaśnić z kolei ich rzekomą twardość jako skutek pól odpychających. Rzekoma twardość ich materii nie odgrywa zatem żadnej roli wyjaśniającej. (Jeśli jesteśmy skłonni wziąć twardość cząstek składowych za dotyczące ich niewyjaśnialne fakty, to moglibyśmy równie dobrze na samym początku wziąć twardość ciał makroskopowych za niewyjaśnionego wyjaśniacza i obyć się bez cząstek składowych). Whewell sądzi, że nie ma dowodu na to, że ciała makroskopowe są zbudowane z drobin twardej materii, ponieważ rzekomej twardości tych drobin nie przywołuje się w wyjaśnianiu jakichkolwiek naszych obserwacji.

Whewell byłby prawdopodobnie bardziej zadowolony z wyjaśnienia Faradaya, które uznaje „ciała” nie za twardą materię z otaczającymi ją polami odpychającymi, lecz po prostu za pola odpychającej siły<sup>12</sup>. We-

<sup>11</sup> W. Whewell, *The Philosophy of Inductive Sciences*, vol. 1, Johnson Reprint, New York 1967, s. 432.

<sup>12</sup> Pod pewnymi względami poglądy Faradaya zapowiadali Rudjer Boskovic (chorwacki filozof przyrody, 1711–1789) oraz Immanuel Kant (1724–1804) – zob. M. Hesse, *Forces and Fields*, Totowa 1965, s. 163–166 i 169–180 oraz J. L. Heilborn, *Elements of Early Modern Physics*, Berkeley 1982, s. 58–59.



dług tego poglądu pola te nie są *spowodowane* przez materię, którą one otaczają. Pola te raczej są tymi ciałami; nie ma dwóch rodzajów rzeczy, jest tylko jeden. Twierdzenie o położeniu jakiejś cząstki elementarnej jest prawdziwe lub fałszywe dzięki położeniu środka pewnego pola siły odpychającej. *Masa* cząstki odnosi się nie do ilości materii (pewnego rodzaju twardego materiału), z której ta cząstka jest zbudowana, lecz do bezwładności tej cząstki – jej bezwładu, stopnia, w jakim opiera się ona przyspieszaniu powodowanemu przez działającą na nie siłę. Drugie prawo Newtona,  $F = ma$ , mówi, że przyspieszenie  $a$ , któremu ciało podlega w odpowiedzi na siłę  $F$ , jest mniejsze o tyle, o ile masa  $m$  jest większa. Oczywiście, według poglądu Faradaya siła ta jest odczuwana nie przez kawałek materii, lecz przez pole odpychające (posiadające bezwładność) otaczające pewien środek.

Pole odpychające, które stanowi dane ciało, jest szczególnie silne w jego bliskim otoczeniu, lecz przypuszczalnie zachowuje się ono jak ciężenie i elektromagnetyzm, rozciągając się na dowolnie duże odległości (choć może stać się tam dowolnie małe). Tak więc, według obrazu Faradaya, ciało może być „ześrodkowane” w danym miejscu, ale nie jest ograniczone do pobliskiego obszaru. Rozciąga się raczej w nieskończoność. Stąd wszystkie ciała wzajemnie się przenikają; to, że ciało jest umiejscowione w danym obszarze nie wyklucza z tego obszaru innych ciał. Zgodnie z tym obrazem:

W gazach atomy stykają się równie prawdziwie jak w ciałach stałych. Pod tym względem atomy wody stykają się niezależnie od tego, czy ta substancja jest w postaci lodu, wody, czy też pary; nie jest obecna żadna pusta przestrzeń wchodząca między nie. Bez wątplenia środki siły różnią się pod względem swojej wzajemnej odległości, ale to, co jest rzeczywiście materią jednego atomu, styka się z materią jego sąsiadów... Według tego poglądu materia jest nie tylko wzajemnie przenikalna, lecz każdy atom rozciąga się, by tak powiedzieć, przez całość układu słonecznego, zawsze jednak pozostając swoim własnym środkiem siły<sup>13</sup>.

Oczywiście, tam, gdzie pole odpychające jednego ciała jest wielkie, wymagany jest większy wysiłek, aby równocześnie wcisnąć w tę prze-

<sup>13</sup> M. Faraday, dz. cyt., s. 291 i 293.



strzeń środek pola odpychającego innego ciała. Niemniej jednak, ponieważ ciała nie składają się z nieprzenikalnych twardych cząstek (czy to o skończonej wielkości, czy też punktowych), można sprawić, że środki pól odpychających dwóch ciał zblizną się dowolnie blisko lub nawet najdą na siebie, jeśli zastosuje się wystarczająco dużą siłę. (Faraday spekułował, że może się to zdarzyć, na przykład, kiedy różne atomy łączą się, aby ukształtować cząsteczkę<sup>14</sup>).

Według poglądu Faradaya „środek” pola odpychającego (to, co Faraday nazywa środkiem „mocy” lub „siły”<sup>15</sup>) nie jest geometrycznym środkiem czegokolwiek – to znaczy: punktem równoodległym od krawędzi we wszystkich kierunkach – gdyż otaczające go pole nie ma krawędzi. Co więcej, pole to nie musi być kuliście symetryczne. Innymi słowy, w tej samej odległości od „środka” wartość pola w różnych kierunkach może się różnić<sup>16</sup>. Zapewne powinno się pojąć ten „środek” jako będący tam, gdzie odpychająca siła pola osiąga swoją największą wartość.

Jeśli każde ciało znajduje się wszędzie w tym samym czasie, to wszystkie ciała stykają się w każdym miejscu, i stąd wydawałoby się, że miejscowość przestrzenna może być łatwiej spełniona. Niemniej jednak, miejscowość nie jest spełniona samoczynnie. Pewne *zdarzenie* może być ograniczone do pewnego skończonego miejsca przestrzeni, nawet jeśli ciało nie jest tak ograniczone – jak na przykład, gdy zdarzenie to jest wystąpieniem siły w środku pola odpychającego („miejscu” bezwładności ciała).

A zatem, skorzystawszy z prawa Gaussa, aby usunąć ładunek z naszego obrazu podstawowych składników wszechświata, możemy pójść za Faradayem i usunąć twarde cząstki, zastępując je polami ześrodkowanymi w punktach obdarzonych bezwładnością i zdolnych (w zasadzie) do nachodzenia na siebie – nawet do przechodzenia przez siebie. Pogląd Faradaya, że tylko pola są podstawowymi bytami rzeczywistymi, jest jednym z najwcześniejszych posunięć w tym, co obecnie stało się tradycją prób

<sup>14</sup> Tamże, s. 292–293.

<sup>15</sup> Obszerniej o tym, jak Faraday używał wyrażenia „siła”, traktuje T. Levere, dz. cyt., s. 104.

<sup>16</sup> M. Faraday, dz. cyt., s. 292.

*ujednoczenia* pól i materii<sup>17</sup>. W okresie bezpośrednio poprzedzającym opracowanie szczególnej teorii względności przez Einsteina (w 1905), kilku fizyków (dysponujących – w przeciwieństwie do Faradaya – równaniami Maxwella) próbowało rozwinąć myśl, że ciała nie są niczym więcej niż miejscowymi skupieniami pola elektromagnetycznego. (Wśród tych, którzy wysunęli „elektromagnetyczną teorię materii”, byli fizycy niemieccy: Max Abraham, 1875–1922, Wilhelm Wien, 1864–1928, i Gustav Mie, 1868–1957). Później także i Einstein próbował wypracować „jednolitą teorię pola”, według której ciała byłyby utożsamione z miejscowymi skupieniami jakiegoś uogólnionego pola. (Według jednego ujęcia ogólnej teorii względności przestrzeń i czas są ontologicznie podporządkowane polu ciężenia<sup>18</sup>). W końcu w kwantowej teorii pola rozróżnienie między cząstkami a polami zdaje się zanikać lub przynajmniej stawać się o wiele trudniejsze do przeprowadzenia<sup>19</sup>. Ale to zagadnienie wykracza poza granice niniejszych rozważań.

Jak przekonujący jest obraz Faradaya jako ujęcie fizyki klasycznej? Mogę pomyśleć o pewnych względach przemawiających na jego rzecz, a także – o pewnych zarzutach przeciwko niemu. Lecz przedstawię je jako pytania do rozważenia przez czytelnika.

## Pytania

1. W części 1. wyjaśniłem, jak prawo Gaussa umożliwia traktowanie ładunków jako cechy pola, a nie jako jego przyczyny, ale nie podałem racji za tym, że pogląd ten jest lepszy od poglądu konkurencyjnego. Można by dowodzić, że pogląd ten jest bardziej oszczędny lub jednorodny, w tym znaczeniu, że nie wymaga, by jeden rodzaj bytów czynił prawdziwymi twierdzenia o ładunkach, a inny twierdzenia o polu elektrycznym. Jak mocny jest ten dowód? Kiedy większa oszczędność lub jednorodność tego rodzaju jest dobrym powodem, aby przedkładać jedno ujęcie nad

<sup>17</sup> Więcej o pojęciu jednolitości można znaleźć w M. Lange, dz. cyt., roz. 7.

<sup>18</sup> T. Y. Cao, *Conceptual Developments of 20th Century Field Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1997.

<sup>19</sup> M. Readhead, *Quantum Field Theory for Philosophers*, „PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association” 1982, vol. 2, s. 57–99, P. Teller, *An Interpretive Introduction to Quantum Field Theory*, Princeton University Press, Princeton 1995.

drugie? Podobnie, według poglądu Faradaya, nie ma dwóch rodzajów bytów (pól i materii), lecz jest tylko jeden. Czy sprawia to, że pogląd ten ma większe szanse na bycie prawdziwym?

2. Myśl, że nie ma litych bytów, z którymi związane są pola – że pola „ciągną się do samego dołu” – może wydawać się bardzo dziwna. W odniesieniu do poglądu podobnego do Faradaya – John Mason Good (angielski fizyk i badacz, 1764–1827) pisał:

[M]ówi się nam, że punkty te [środku pól] są uposażone w pewne moce; jak na przykład moce przyciągania i odpychania. Ale moce muszą być mocami czegoś – czym jest to coś, do czego moce te mają przynależeć? Jeśli ostateczne i nierozciąglę punkty przed nami nie mają niczego, tylko te moce, to, czy moce takie nie są mocami niczego...?<sup>20</sup>

Spróbuj wyrazić tak jasno, jak możesz, jakie podstawowe założenia mogły wzbudzić to poczucie zakłopotania wobec poglądu Faradaya. Zda się, że sam Faraday próbował jasno uchwycić głębsze źródło tych trudności:

Czy tym pokutującym pojęciem, które pozostaje w niektórych umysłach, jest naprawdę myśl, że Bóg nie mógł po prostu równie łatwo swoim słowem powołać do istnienia mocy wokół środków, tak jak mógł najpierw stworzyć jądra, a potem odziać je w moc?<sup>21</sup>

Czy jesteś w stanie uznać ten zarzut za trafny? Czy też raczej zasadza się on na jakimś podstawowym błędzie lub rodzaju niezrozumienia obrazu Faradaya?

3. Faraday traktował ciało jako rozciągające się w wszystkich miejscach, gdzie można odczuć jego siłę. Siła ta zawiera nie tylko jakąkolwiek siłę odpychającą odpowiedzialną za to, co potocznie uważamy za litość materii, lecz także siły ciężenia, siły elektryczne, magnetyczne i jakiegokolwiek inne. Czy to, że „środki” tych różnorodnych, całkowicie odrębnych pól *zbiegają się*, wspiera pogląd, iż cząstki istnieją jako coś poza polami i ponad nimi? Czy wymagane jest wyjaśnienie ich zbieżności? Czy możemy wyobrazić sobie wszechświat, w którym te środki się nie zbiegają?

<sup>20</sup> J. M. Good, *The Book of Nature*, Belknap Press, Hartford, Connecticut 1837, s. 45.

<sup>21</sup> T. Levere, dz. cyt., s. 107.

4. Faraday zakłada, jako niewyjaśniany fakt, że środki pól odpychających posiadają bezwładność. Maxwell wysuwa zarzut wobec poglądu Faradaya z następującego powodu:

Jest prawdopodobne, że wiele własności ciał można wyjaśnić za pomocą tego założenia, ale żaden układ środków siły, jakkolwiek złożony (*complicated*), nie mógłby wyjaśnić tego, że ciało wymaga pewnej siły, aby wytworzyć w nim zmianę ruchu, który to fakt wyrażamy przez stwierdzenie, iż ciało to ma pewną wymierną masę. Żadna część tej masy nie może istnieć dzięki istnieniu tych rzekomych środków sił<sup>22</sup>.

Podobną uwagę poczynił Emile Meyerson (francuski filozof nauki, 1859–1933):

Przeniknijmy siły, które otaczają ten atom. Środkiem tych sił jest punkt, który jest, właściwie mówiąc, pusty.... Jak może to *nic* stawiać opór ruchowi? Jak, raz wpuszczone w ruch, może go zachować? Jak, jednym słowem, może ono posiadać masę, przejawiać bezwładność?<sup>23</sup>

Czy jest to silny argument przeciw obrazowi Faradaya?

### Bibliografia

Buchwald J., *From Maxwell to Microphysics*, University of Chicago Press, Chicago 1985.

Cao T. Y., *Conceptual Developments of 20th Century Field Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1997.

Faraday M., *A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter*, w: tegoż, *Experimental Researches in Electricity*, vol. 2, Richard and John Edward Taylor, London 1844, s. 284–293.

Good J. M., *The Book of Nature*, Belknap Press, Hartford, Connecticut 1837.

Gooding D., *Conceptual and Experimental Bases of Faraday's Denial of Electrostatic Action at a Distance*, „Studies in History and Philosophy of Science” 1978, vol. 9, s. 117–149.

<sup>22</sup> J. C. Maxwell, *Theory of Heat*, Longman, New York 1908, s. 86.

<sup>23</sup> E. Meyerson, *Identity and Reality*, tłum. K. Loewenberg, Dover, New York 1962, s. 76.

Heilborn J. L., *Elements of Early Modern Physics*, University of California Press, Berkeley 1982.

Hesse M., *Forces and Fields*, Littlefield, Totowa 1965.

Levere T., *Faraday, Matter, and Natural Theology – Reflections on an Unpublished Manuscript*, „British Journal for the History of Science” 1968, vol. 4, s. 95–107.

Levere T., *Affinity and Matter*, Clarendon Press, Oxford 1971.

Maxwell J. C., *Theory of Heat*, Longman, New York 1908.

Meyerson E., *Identity and Reality*, tłum. K. Loewenberg, Dover, New York 1962.

Redhead M., *Quantum Field Theory for Philosophers*, „PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association” 1982, vol. 2, s. 57–99.

Teller P., *An Interpretive Introduction to Quantum Field Theory*, Princeton University Press, Princeton 1995.

Whewell W., *The Philosophy of Inductive Sciences*, 2nd ed., Johnson Reprint, New York 1967.

*Przełożył Jan Hauska*

