

Hanson, Norwood Russel

Historia i filozofia nauk przyrodniczych na studiach fizyki

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 2/4, 663-679

1957

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.



Norwood Russell Hanson

HISTORIA I FILOZOFIA NAUK PRZYRODNICZYCH NA STUDIACH FIZYKI*

Od lat pięć plan studiów przyrodniczych Uniwersytetu w Cambridge obejmuje nowy przedmiot. Będąc jednym z tych, którzy się do tego przyczynili, pragnę zabrać głos na temat celów, jakie nam przyświecały, jak również trudności, jakie spotykaliśmy w związku z tym przedsięwzięciem.

Przed przejściem do właściwego tematu, to jest przed omówieniem korzyści wypływających ze studiów nad historią i filozofią przyrodoznawstwa, uważam za celowe zatrzymać się nad samą koncepcją tych nauk. Wstęp ten wydaje się niezbędny, bowiem tak często spotykana niechęć, a nawet wrogość wobec tych przedmiotów, wypływa przede wszystkim z niezrozumienia, czym jest historia i filozofia nauk przyrodniczych. Stąd też moja pierwsza myśl będzie

* Poruszający bardzo aktualne zagadnienia artykuł wykładowcy Uniwersytetu w Cambridge N. R. Hansona *History and Philosophy of Science in an undergraduate Physics Course* ukazał się wprawdzie w "Bulletin of Institute of Physics", Cambridge 1955, następnie w "Physics To-day" Vol. 8, nr 8, 1955. Tłumaczył Stefan Molski.

Dla zorientowania czytelnika, redakcja podaje kilka informacji o sekcji historii nauki w Cambridge. Badania w tej dziedzinie prowadzone dawniej przez Whewella, Edlestone'a, Fostera, Whethama ożywiły się bardzo w roku 1936. Wówczas Joseph Needham zainicjował serię wykładów i odczytów, które weszły w tradycję i wznawiane były odtąd — jeżeli pominąć pewną przerwę podczas wojny — co roku. Wykłady te początkowo luźno związane z Uniwersytetem cieszyły się dużym powodzeniem i rozszerzyły krąg osób zajmujących się badaniami z zakresu historii nauki. Brakło co prawda przejściowo Needhama, który przez szereg lat przebywał w Chinach. Obecnie ukazuje się jego, opracowana już po powrocie do Cambridge, *Historia nauki i cywilizacji w Chinach*. Sądząc po pierwszym i drugim tomie, który właśnie wyszedł, będzie to dzieło zupełnie podstawowe. W roku 1949 Uniwersytet w Cambridge włączył historię i filozofię nauk jako przedmioty fakultatywne do planu studiów. Przyczyniły się do tego w niemałej mierze wrażenia, jakie wywarły wykłady H. Butterfielda, dotyczące genezy współczesnej nauki o przyrodzie. Uniwersytet powołał jako wykładowców A. R. Halla (historia) i N. R. Hansona (filozofia), autora artykułu.

miała, że tak powiem, charakter negatywny: postaram się wyjaśnić, czym my się w Cambridge nie zajmujemy.

Historycy nauki są czymś więcej niż kronikarzami. Singer, Sarton, Thorndike, Nicholson, Butterfield i mój kolega A. R. Hall nie zajmują się sporządzaniem chronologicznego bilansu wydarzeń — rejestrowaniem odkryć i wynalazków, gromadzeniem szczegółików z życia rodzinnego uczonych itp. Nie zaprzeczam, że czytając wiele książek na ten temat odnosi się wrażenie, że autor zamierzał wydać coś w rodzaju harmonogramu, kalendarza lub też drzewa genealogicznego wydarzeń, które uczyniły naukę tym, czym ona jest obecnie. Jednakowoż takie pojmowanie historii nauki ma z historią nauki, w prawdziwym tego słowa znaczeniu, tyle wspólnego, ile obserwowanie ptaków z nauką o dziedziczności.

Tematem historii nauki są idee — proces myślowy uczonych. I to jest również tematem badań filozofa nauki, tylko że w innym kontekście.

Ci, którzy negują celowość studiów nad historią i filozofią nauki, powinni, jeśli chcą być konsekwentni, zaprzeczyć jakoby badania naukowe wymagały myślenia. Bo jeśli już raz uznamy, że nauka wymaga myślenia, to z natury rzeczy nasuwają się dwa punkty widzenia, dwa sposoby badań, ważne dla oceny tego myślenia. Proces myślowy ma swoją ewolucję i swoją wewnętrzną strukturę. Ewolucję myśli bada historyk nauki, strukturę zaś — filozof. Sformułowanie nasze uogólnia po prostu to, co mamy na myśli mówiąc, że jakiś uczony uchwycił sedno danego problemu. Czy można by powiedzieć tak o kimś, komu zupełnie obca jest ewolucja myślowa, która narodziła ten problem, o kimś, kto nie rozumie wewnętrznej struktury problemu?

Tak więc historyk nauki nie jest księgowym Królewskiej Akademii Nauk, którego zadaniem jest ustalenie słuszności przysłych roszczeń do pierwszeństwa odkryć i wynalazków. Jest on badaczem. Szuka w kanwie intelektualnej pewnej epoki tych elementów, które zrodziły dany proces myślowy. Stara się ujawnić głębie, jaka tkwi w takich pojęciach, jak: „przyśpieszenie“, „siła“, „masa“, „ładunek“, „pole“ „punkt materialny“ itd. Spełnia on tę funkcję, wykrywając powody, które skłaniały ludzi w różnych okresach do formułowania ich w ten, a nie inny sposób. Łatwiej zrozumiemy karierę jakiegoś człowieka, jeśli wiemy coś o nim, znamy jego reakcje w tych lub innych wypadkach; podobnie zrozumiemy lepiej treść, jaką

kryje w sobie formułka np. „ H_2SO_4 “, jeśli poznamy przyczyny, które doprowadziły chemików do takiego symbolu tej substancji.

Mówi się niekiedy¹, że w formie „ H_2SO_4 “ zapisana jest historia świata. Jest to być może przesada. Nie ulega jednak wątpliwości, że wykładowcy tracą okazję do ożywienia wykładu i zaprzeczają interesującą treść, jaka kryje się w tym temacie, jeżeli przedstawiają go studentom jako trywialny przypadek wielkiej i skomplikowanej teorii. Co więcej, zatracą się przez to pełne znaczenie formuły H_2SO_4 w samym systemie chemii.

Jakkolwiek wielu przedstawicieli nauk ścisłych skłonnych jest lekceważyć znaczenie historii nauki jako przedmiotu wykładowego na pierwszych latach studiów, niewielu jest chyba takich, którzy zaprzeczaliby, iż nauka ma swoją historię. Jeśli chodzi o filozofię nauki — nawet tego nie można powiedzieć. Będąc jednym ze zwolenników tej zakazanej sztuki wypada mi zabrać głos w jej obronie, tak jak poprzednio w obronie historii nauki. Zaczęę i tu od sprecyzowania, czym filozofia nauki nie jest lub czym bynajmniej być nie musi.

Tak jak historia nauki nie jest rodzajem kroniki, tak filozofia nauki nie jest rodzajem religii dla badaczy, których niepokoi sumienie. W naszych czasach pytanie, dokąd zmierza nauka, stawia się „ad nauseum“. Kapłani, demagodzy, cierpiący na hipochondrię pisarze przedstawiają naukę jako narzędzie ślepego molocha dążącego ku zniszczeniu. W tym sensie filozofują oni na temat przyszłości naszej cywilizacji. Zapewne w epoce coraz większych i coraz groźniejszych bomb temat ten wart jest rozważenia — zasługuje nawet na poważną dyskusję, co zresztą bardzo rzadko się zdarza. Niemniej bez względu na poziom tej dyskusji tematyka jej nie wchodzi w zakres wiedzy o nauce. To jest zupełnie inny temat. Dotyczy uczonych w tym samym stopniu, co i innych członków społeczeństwa. Dotyczy ona uczonego jako obywatela, a nie jako pracownika nauki.

Jeżeli rzeczywiście istnieje powód do wprowadzenia historii i filozofii nauki jako przedmiotu wykładowego na pierwszych latach studiów, to musi się on uwidoczniać w tym, że wykłady te mogą pomóc w wykształceniu lepszych fizyków. O tym właśnie pragnę powiedzieć. W każdym bądź razie problematyczne dyskusje, o których

¹ Autorem tego powiedzenia jest dr Philip Frank z Uniwersytetu Harvard; jego pisma były przy naszych wykładach w Cambridge pobudką i pomocą.

mówilem poprzednio, nie leżą w ramach historii i filozofii nauki wykładanej w Cambridge.

Filozofia nauki nie pomnoży oczywiście zdolności manualnych studenta. Może mieć jednak wpływ na pobudzenie jego zdolności do naukowego myślenia — na jego zdolność oceniania charakteru problemów eksperymentalnych, którymi się zajmuje, logicznej struktury dowodów i argumentów oraz ogólnego charakteru wchodzącego w grę problemu. Do szczegółów poruszonego tu zagadnienia powrócę wkrótce. Chcę bowiem omówić jeszcze jedną kwestię dość często wysuwaną. Jest ona jeszcze jednym powodem, dla którego przedstawiciele nauk ścisłych stronią od filozofii nauki.

Fizycy, nie bez słuszności, nie lubią, gdy uniwersyteccy filozofowie i historycy pouczają ich i świat o znaczeniu nauki. Gdyby fizyka istotnie zajmowała się tymi problemami, które przypisują jej zawodowi filozofowie i historycy, wówczas byłiby oni mile widziani w każdym laboratorium, szkole i uniwersytecie, gdzie wykłada się nauki przyrodnicze. Czy jednak jest możliwe, aby ktoś, kto prawdopodobnie nawet nie był wewnątrz nowoczesnego laboratorium fizycznego — ktoś, kto nigdy nie błądził po omacku przez skomplikowany labirynt własnego eksperymentu, kto nie odczuwał głębokiego niepokoju, który towarzyszy każdej decyzji, gdy chodzi o rozszerzenie granic wiedzy fizycznej — czy jest możliwe, aby taki człowiek rozumiał i wyczuwał zagadnienia koncepcyjne fizyki? Przyznajmy, że tu nie można ufać nikomu, chyba że sam był kiedyś fizykiem. Jest to nieodzownym warunkiem dla każdego, kto chce wyklądać historię lub filozofię nauki. Na nieszczęście niewielu spośród tych, którzy wykładają historię i filozofię nauki, posiada te kwalifikacje.

Wymowne wątpliwości fizyków zyskują na sile, jeśli uświadomić sobie, jak obce dla pracowników laboratoriów są niektóre problemy stawiane przez „czystych“ filozofów, gdy chodzi o nauki przyrodnicze. Przykładem mogą być pytania: w jaki sposób „skonstruować“ pojęcie elektronu z wzrokowych wrażeń — wskazań przyrządów? W jaki sposób można uzasadnić zastosowanie metody indukcyjnej w naukach przyrodniczych? Jakimi metodami można zapisać rezultaty eksperymentów w sposób najbardziej zbliżony do tego, jaki stosuje czysta matematyka lub logika formalna?

Fakt, iż takie pytania nie nasuwają się przyrodnikom, nie znaczy oczywiście, że nie zasługują one na rozpatrzenie. Filozofowie stawiają tego rodzaju pytania i dają na nie odpowiedzi, które często

zawierają dużo jasności i głębi. Problemy te nie nasuwają się przyrodnikom chyba dlatego, że nie są to ich problemy, choć byłyby one takimi, gdyby ktoś z nich studiował filozofię. Z drugiej strony zawodowi filozofowie często uchylają się od dyskusji na tematy naprawdę trapiące fizyków; dodają przy tym często, że tematy te są zbyt naiwne, by warte były dyskusji. I to jest dziwne. Któż bowiem jak nie sam fizyk wie najlepiej, jakie trudności koncepcyjne hamują jego pracę twórczą w laboratorium.

W związku z tym przyrodnicy podejrzewają, że humaniści uważają za swą misję doksztalcic i „uczłowieczyć“ swoich upośledzonych braci — fizyków pracujących w laboratoriach lub prowadzących wykłady. Osławioną przepaść między przyrodnikami a resztą społeczeństwa uniwersyteckiego chcieliby oni zatrzeć pokrywając Instytut Cavendisha tynkiem kultury humanistycznej, włączając poezję nowoczesną do studiów metalurgii i petrografii i okrywając intelektualną nagość absolwentów nauk przyrodniczych skórami baraniami szytymi zarówno przez sztukę dramatyczną, jak i przez nauki eksperymentalne. Zapewne, niektóre tego rodzaju innowacje mogłyby być pożyteczne, gdyż przepaść owa niewątpliwie istnieje. Przypomnijmy jednak pewne twierdzenie z dziedziny geometrii, mianowicie że rozwarte ramiona kąta mogą być zamknięte w trojaki sposób: przez zbliżenie jednego z nich do drugiego lub drugiego do pierwszego, lub też przez jednoczesne zbliżenie obu ramion do siebie. Jest więc pewna arogancja w ubolewaniach humanistów nad niskim poziomem kulturalnym wyznawców nauk przyrodniczych, podczas gdy tak niewielu z nich posiada choćby elementarną znajomość myśli przyrodniczej, która w zasadzie ukształtowała nowoczesną umysłowość zachodu. Założenia, metody i tendencje nauk przyrodniczych miały od czasów Galileusza głęboki wpływ na życie intelektualne. Bez pewnej ich znajomości zrozumienie współczesnego życia i społeczeństwa jest niemożliwe. Z tego punktu widzenia student fizyki, który nie czytał nigdy Homera, jest w lepszej sytuacji niż student humanistyki, który nigdy nie czytał Newtona lub nie zna elementarnych zasad mechaniki. Ten aspekt fizyki powinien być uwypuklony w jej wykładach w szkołach i na uniwersytecie. Historia i filozofia nauk przyrodniczych mogą oddać tu niemałe usługi. Dalszy ciąg mej wypowiedzi będzie poświęcony właśnie tej sprawie. Powiedziałem bowiem dosyć na temat, czym historia i filozofia nauk przyrodniczych nie są; teraz należy powiedzieć, czym one są i w czym mogą pomóc.

Wszyscy chyba zgodzimy się, że fizycy nie są maszynami laboratoryjnymi, lecz istotami myślącymi. A myśl posiada zawsze swoją historię i swoją strukturę. Gdy się zna i rozumie historię i logiczną strukturę danej idei, tym samym rozumie się ją samą lepiej i gruntowniej. Posiada się wtedy zrozumienie tego, co nadało jej obecną postać. Rozumie się konsekwencje tej idei, rozumie się, jakie obserwacje i zjawiska są dla niej ważne i który kierunek działania jest celowy, który zaś bezowocny. Zastanówmy się nad tym dokładnie. Spróbujcie postawić waszym studentom następujące pytania:

— co rozumiemy przez twierdzenie, że suma kątów wewnętrznych trójkąta równa się 180° ,

— w jakim sensie nazywamy to twierdzenie prawdziwym?

Nawet powierzchowne rozważania nad istnieniem wielu alternatywnych geometrii nasuną nam pytanie: co rozumiemy pod stwierdzeniem, że rzeczywista przestrzeń, w której żyjemy, przestrzeń tego pokoju, jest euklidesowa? Powyższe pytanie było zupełnie naturalne dla twórców geometrii nieeuklidesowej przed stu laty. Jednakowoż wasi studenci przypuszczalnie nigdy nie spotkali się z takim pytaniem. Więcej, olbrzymia większość absolwentów sekcji matematycznej lub fizycznej nigdy nie słyszała o tym problemie. Jeżeli zada się im takie pytanie, nie będą mogli pojąć jego znaczenia, jeśli się go nie wyjaśni. Jest to zdumiewające zważywszy, że jest to fundamentalne pytanie, dotyczące zagadnienia o daleko idącym znaczeniu dla dociekań nad tym, co to są badania geometryczne, co to jest matematyka i co to jest fizyka. Weźcie jakikolwiek podręcznik geometrii. Sprawdźcie, czy jest tam choćby pół strony poświęconej zagadnieniu, w jakim sensie geometria może być prawdziwa. Jeżeli nawet znajdziecie coś na ten temat, będzie to w najlepszym wypadku nieudolna próba ucieczki od właściwego problemu. Jest to rzecz niewybaczalna, mamy tu bowiem jeden z najbardziej obiecujących problemów — właśnie z jego pomocą można by pokazać, w jaki sposób fizyka i matematyka może być zastosowana do innych dziedzin, jak również do samej metodologii nauk przyrodniczych. Nawet tak prosta prawda jak to, że matematyka stanowi naukę formalną, jest rzadko znana studentowi; nie rozumie on, że matematyka nie może ustalać żadnych faktów fizycznych, że zajmuje się tylko hipotetycznymi stwierdzeniami w rodzaju: jeśli założenie *A* jest prawdziwe, wówczas teza *B* jest również prawdziwa. Matematyka „per se“ nie może nigdy stwierdzić, że założenie *A* jest prawdziwe w tym sensie, w jakim mówi się, że współczynnik za-

łamania diamentu wynosi 2,417 dla długości fali prążka D sodu. Twierdzenia matematyczne należą do wypowiedzi w rodzaju: „wszyscy kawalerowie są nieżonaci“. Zaprzeczać im byłoby nie fałszem, lecz absurdem. Fałszem natomiast byłoby zaprzeczać twierdzeniu typu: „wszyscy kawalerowie są wysokośćmi poniżej dwudziestu stóp“. Lecz dla takich twierdzeń nie ma miejsca w matematyce i w logice. Matematyka i logika zajmują się bowiem nie tym, co jest, ale tym, co z czego wynika. Brak próby chociażby nawet powierzchownego zapoznania z podstawami geometrii odbija się na studentach nader szkodliwie. Kto nie rozumie stosunku pomiędzy matematyką a fizyką na poziomie elementarnym, na pewno nie pojmie zależności między eksperymentem a dowodem matematycznym na skomplikowanym szczeblu zaawansowanej fizyki. Nie może on zrozumieć należycie roli, jaką odgrywa matematyka w fizyce kwantowej, w teorii pola i w chemii teoretycznej. Jeden z ogólnie znanych podręczników uniwersyteckich stwierdza, jakoby Einstein dowiódł matematycznie, że ciało materialne nie może poruszać się z prędkością światła. Ujmując rzecz łagodnie moglibyśmy powiedzieć, że chodzi tylko o niefortunne wyrażenie się autora. Podejrzewam jednak, że nie zna on uwagi Einsteina, który powiedział, że matematyka zastosowana do rzeczywistości nie daje pewności, zaś tam, gdzie daje ona pewność, tam nie stosuje się do rzeczywistości. W jaki sposób można by dowieść matematycznie, że żadne ciało nie może poruszać się z prędkością światła? Ołbrzymiej większości studentów nie przekazano nawet instynktownego wyczucia, iż żadne prawo fizyki nie może być udowodnione matematycznie, iż tak zwany dowód w naukach przyrodniczych polega tylko na wywnioskowaniu (matematycznym), że z jednego ustalonego uprzednio faktu fizycznego wynika inny. Kto zastanowi się nad obecnym stanem kwantowej teorii pola, ten nie uniknie wniosku, że dzisiejsi młodzi badacze nie posiadają wyczucia stosunku fizyki do matematyki w takim stopniu, w jakim posiadali je lub posiadają Einstein, Rutherford, Bohr, Dirac, Schrödinger, Heisenberg i Born — ludzie, którzy wzbogacili filozofię nauki przez swą głęboką analizę tego, co można dociec umysłem, i tego, co trzeba stwierdzić doświadczeniem. Tradycyjne podejście do tych zagadnień, ujęcie w stylu vademecum inżyniera, nie uświadomiło studentom tej podstawowej różnicy — podstawowej nie tylko dla zrozumienia jego własnej nauki, lecz również wielu problemów dotyczących naszego społeczeństwa. W każdej dziedzinie życia, która może korzystać z racjonalnego naukowego podejścia,

centralnym zagadnieniem musi być stosunek faktów danych do tych, które możemy ustalić drogą dedukcji. Omówiona przez nas różnica między czystą geometrią i fizyką rzeczywistej przestrzeni jest przykładem ilustrującym pewną zależność ogólną, jest szczególnym przypadkiem ogólnego związku pomiędzy doświadczeniem a procesem rozumowania, pomiędzy praktyką a teorią.

Dlaczego tak długo stroniliśmy od możliwości wzbogacenia naszej metodologii nauczania fizyki o ten nowy wymiar? Dlaczego byliśmy skłonni do uważania tych zagadnień za coś niepotrzebnego, coś, co leży poza właściwym zadaniem nauczania fizyki — zadaniem nauczania zaków, jak posługiwać się odpowiednią formułą w zależności od sytuacji. Jedynym wyjaśnieniem jest to, że sami nie byliśmy świadomi ich pełnego znaczenia. Formuła H_2SO_4 nie zawiera może całej historii ludzkości, niemniej jeżeli wyjaśnimy studentowi jej dzieje, zrozumie on całą doniosłość tej formuły dla procesu umysłowego chemii w XIX wieku, spostrzeże ważne powiązania między posługiwaniem się w chemii symbolami i kalkulowaniem za ich pomocą a posługiwaniem się i kalkulowaniem przy pomocy innych symbolów w innych naukach. Zrozumie on wówczas naprawdę, jakie znaczenie dla nauk przyrodniczych mają formuły przeliczeniowe.

Dlaczego ma być on tego pozbawiony? Jeżeli ma czegoś dokonać, będzie musiał nauczyć się tego sam, prędzej czy później. Nawet jeżeli porzuci nauki przyrodnicze, będzie mu tego bardzo brak, ponieważ stosunek między doświadczeniem a rozumowaniem ma znaczenie nie tylko w fizyce, lecz w każdej dziedzinie pracy człowieka. Nie ulega wątpliwości, że brak zrozumienia tego stosunku jest przynajmniej częściowo odpowiedzialny za bezradność, którą ujawniają ludzie, gdy stają przed skomplikowanymi zagadnieniami w życiu prywatnym i społecznym.

Sprawa stosunku matematyki i fizyki, w naszym przypadku sprawa „prawdziwości“ geometrii, jest szczególnie pouczającym przykładem, z którego student może wyciągnąć ważne wnioski zarówno dla zrozumienia nauki, jak i dla problemów ogólnych. Podobnych przykładów dostarcza nam każdy problem fizyczny. Weźmy jako przykład prawa ruchu Newtona.

Pierwsze i drugie prawo wydają się bardzo proste, a jednak one właśnie stanowią podstawowy problem, niejako „wąskie gardło“ nauczania fizyki. Ich pozorna prostota potęguje wszelkie niedociągnięcia w wykładach poświęconych tym prawom, podczas gdy błędy

tego samego typu w wykładach na tematy bardziej zaawansowane, np. w zagadnieniu trzech ciał, nie rzucają się tak w oczy. Bez przesady można powiedzieć, że dziewięćdziesiąt procent podręczników fizyki używanych na pierwszych dwóch latach studiów przedstawia prawo inercji tak, iż staje się ono niezrozumiałe. Znajdujące się tam sformułowania nie stosują się do rzeczywistych sytuacji, które wyłaniają się w spotkaniu ze światem fizyki.

„Ciało izolowane, na które nie działają siły zewnętrzne, porusza się po linii prostej“. Słowa te zawierają masę najciekawszych zagadnień, wymagających dyskusji, jeżeli chcemy osiągnąć pełne zrozumienie tego prawa przez studentów. Tymczasem zamiast takich dyskusji daje się coś w rodzaju symbolicznego pudła z klockami. W konsekwencji skłania się studenta jeszcze bardziej do tego, by uważał on mechanikę raczej za martwy katalog formułek niż za to, czym była ona dla Galileusza, Newtona, Hooke'a czy Laplace'a — a była dla nich wstrząsającym i zdumiewającym osiągnięciem intelektualnym. Co to jest ciało izolowane? Czy potrafimy w ogóle sprecyzować koncepcję takiego ciała, nie mówiąc już o koncepcji ciała nie podlegającego działaniu z zewnątrz? Arystoteles, którego geniuszu nikt nie kwestionuje, miał np. inny punkt widzenia na te sprawy. Prawdziwość pierwszego prawa nie jest bynajmniej oczywista. Dla Arystotelesa ciała w ruchu nie podlegające działaniu z zewnątrz przechodziły zawsze w stan spoczynku. Ujęcie to nie jest obce duchowi fizyki. Obserwacje i eksperymenty potwierdzają twierdzenie Arystotelesa. Przypuśćmy, że jeden ze zdolnych studentów zająłby stanowisko Arystotelesa w tej sprawie, jakimi argumentami udowodniono by mu błąd? Jak sprecyzować motywy, które skłoniły nas do zajęcia newtonowskiego stanowiska. Zresztą czy nasze rozważania ograniczają się tylko do pierwszego prawa? Pytania raz postawione otwierają przed nami cały pasjonujący problem rekonstrukcji procesu tworzenia się teorii naukowej.

Jakże wielkim odkryciem może być dla studenta zrozumienie, że prawo inercji jest oparte o takie same mniej więcej podstawy, jak istnienie atomów i elektronów, pogląd, że elektrony mają spin i że ich ruch jest formalnie podobny do ruchu paczek falowych, czy wreszcie koncepcje neutronu, pozytonu i neutrina.

Żadnej z tych cząstek nie możemy zobaczyć bezpośrednio. Trzeba, aby student zrozumiał, że nie jest to istotne. Zakładając słuszność prawa inercji czy istnienie elektronów i neutronów, możemy jasno i przekonująco wyjaśnić wiele zjawisk, które oglądamy

bezpośrednio. Czy można znaleźć lepszy powód, żeby przyjąć ich istnienie? W konsekwencji żaden uczeń czy początkujący student nie musi traktować mechaniki jako zbioru suchych lekcji, których trzeba się nauczyć, by móc przejść do „naprawdę interesujących rzeczy“. Klasyczna mechanika jest fizyką w całym tego słowa znaczeniu. Wymaga ona decyzji wielkiej wagi w sprawie każdej koncepcji tworzącej jej podstawy. Jest ona pełna idei i otwartych kwestii, dosłownie tego samego typu co fizyka współczesna. Im wcześniej wyczuje student fundamentalny charakter pojęć, z którymi się spotyka, tym bardziej będzie on zdolny powziąć własne decyzje i formułować własne poglądy, gdy stanie na granicy, poza którą problemy nie mogą być rozwiązywane przy pomocy złych lub dobrych wskazówek zawartych w konwencjonalnych podręcznikach.

Trzeba, aby student wiedział, że Mach uważał pierwsze prawo za zbędne — bo całkowicie zawarte w sformułowaniu drugiego — trzeba, aby student to przedyskutował. Trzeba, aby zrozumiał, że dla Macha empiryczna treść drugiego prawa leży całkowicie w zwykłej reakcji naszych mięśni na napięcia i siły. Dla Hertza znów drugie prawo jest właściwie tylko definicją wchodzących w grę pojęć; trzeba, aby student zastanowił się nad tym, wiedząc, że nawet sam Maxwell mówił o prawie tym jako o czystej definicji, a potem przytaczał listę doświadczeń będących jego potwierdzeniem. Przypomina to matkę noworodka, którą spytano, jakie posiada dowody, że dziecko nazywa się James.

W ten sposób student w krótkim czasie zrozumie, że pojęcia te są koncepcyjnym spoiwem całej fizyki, że nie ma tu wygodnych, uproszczonych odpowiedzi. Dyskusje takie to najlepszy sposób przekonania uczniów i studentów, że fizyka nie jest wielką półką pełną grubych przenudnych podręczników i vademeców, w których zawarte są wszystkie potrzebne odpowiedzi, jeżeli zajrzemy na odpowiednie strony. Gdyby nauki przyrodnicze były istotnie taką półką, wówczas rzeczywiście dzieliłaby je przepaść od innych dyscyplin. Wówczas żaden student z inicjatywą i fantazją za nic by się im nie poświęcił.

Wróćmy jeszcze do pierwszego prawa. Zazwyczaj formułuje się je tak, jak to uczyniłem przed chwilą. A jednak „poruszać się po linii prostej“ jest wyrażeniem pozbawionym fizycznego sensu, dopóki nie zostanie ustalony układ odniesienia, układ, w którym linia prosta jest ściśle określona, tak żeby mogła być podstawą, miarą, za pomocą której można określić, czy dany ruch jest prostoliniowy.

We współczesnych podręcznikach rzadko znajdziemy przelotną nawet uwagę, że takim układem jest układ gwiazd nieruchomych. W konsekwencji powyższe prawo, tak jak jest ono sformułowane w podręcznikach, nie posiada nawet w przybliżeniu jakiegokolwiek znaczenia, gdyż nie nadaje się do zastosowania w żadnym konkretnym przypadku.

Jak długo nie sprecyzuje się sposobu weryfikacji danego prawa fizycznego, tak długo furta dla rozmaitych poglądów na jego sens i prawomocność pozostaje otwarta. W niektórych podręcznikach przedstawia się zasadę bezwładności jako oczywistą i przeciwstawną jej punkt widzenia Arystotelesa traktuje się raczej humorystycznie. Inni znów uważają, że jakkolwiek zasada ta nie jest oczywista sama przez się, to jednak na to, aby ją potwierdzić, wystarczy odwołać się do pospolitych obserwacji w rodzaju tych, że krzesło stoi nieruchomo na podłodze, jeśli się go nie popchnie lub nie podniesie. Jeszcze inni traktują powyższe prawo jako hipotezę teoretyczną, której nie można udowodnić żadnym eksperymentem, lecz która z tego powodu nie jest jeszcze oczywista. W rzeczywistości zasada bezwładności zawiera wszystkie te sformułowania. Można jej bowiem używać różnie w rozmaitych kontekstach. Fizyk, który sprawdza dwa pierwsze prawa Newtona przy pomocy maszyny Atwooda, posługuje się nimi inaczej, niż wówczas gdy konstruuje przy ich pomocy schemat mechaniki niebieskiej, lub stosuje je przy obliczeniach związanych z konstrukcją rozmaitych przyrządów. W większości książek usiłuje się jednak ująć tę kwestię tak, by obowiązywała po wszystkie czasy i we wszystkich przypadkach. Wygląda to mniej więcej tak, jakbyśmy chcieli określić raz na zawsze sposoby posługiwania się sznurem lub deską. Prawa ruchu bowiem podobnie jak sznury i deski można stosować na tyle rozmaitych sposobów, ile jest różnych sytuacji, w których mogą być użyte. O tym właśnie powinni przede wszystkim wiedzieć autorzy podręczników fizyki.

Oczywiście problemem jest tu ni mniej ni więcej tylko sam charakter wiedzy człowieka o naturze. Jest to problem, który student nauk przyrodniczych jest w stanie lepiej zrozumieć i rozważyć niż student nauk humanistycznych. Niestety tak się dzieje, że właśnie zrozumienie i dyskusja na ten temat gubią się w szablonie, w surowym i encyklopedycznym sposobie przedstawiania tematu. W konsekwencji nauczanie nauk ścisłych traci jeszcze jedną sposobność do wykazania ogromnej wagi, jaką posiada myślenie kategoriami fizycznymi. Tak więc przepaść między naukami przyrodni-

czymi i humanistycznymi, o której wykładowcy nigdy nie zapominają nadmienić, pozostaje, a niektórzy humaniści w najlepszych intencjach starają się nadal przekładać porcje statyki lub Snelliusa cienkimi kromeczkami Szekspira. Nauki fizyczne nie potrzebują humanizacji z zewnątrz. Powinno się jej dokonać w ramach samej fizyki. Przecież fizyka sama w sobie jest najbardziej „humanistycznym“ osiągnięciem człowieka: będąc rezultatem jego nieustannej walki o systematyczny układ pojęć dotyczących świata, w którym żyje. Gdyby udało się w pełni zrealizować możliwości tkwiące w nauczaniu fizyki, stałoby się oczywiste, że właściwym powodem istniejącej przepaści jest ignorancja ze strony studiujących nauki humanistyczne co do elementarnych zasad wiedzy przyrodniczej, która przecież w znacznym stopniu określa świadomość humanisty współczesnego.

Poszukajmy w jakimś podręczniku fizyki oceny prawa bezwładności. Cóż tam znajdziemy? „Jest rzeczą zdumiewającą, że to proste i oczywiste prawo zostało odkryte dopiero po upływie tylu stuleci“. Jeśli jest ono tak proste i oczywiste, to dlaczego trzeba było aż Galileusza i Newtona, aby zrewidować punkt widzenia Arystotelesa, który ostatecznie był przynajmniej tak samo zdolny zauważyć rzecz prostą i banalną, jak autorzy współczesnych podręczników? Przez upraszczanie i banalizowanie tych spraw tracimy znów sposobność do uwypuklenia osiągnięć pierwszych twórców fizyki, ponadto głosimy zaściankowe poglądy, iż tylko współczesne badania są trudne, fascynujące i wymagają wysiłku intelektualnego.

Wczujmy się w sytuację Galileusza. Spróbujmy ocenić wysiłek, który był niezbędny dla stworzenia teoretycznej koncepcji przyspieszenia. Osiągnięcie to było przynajmniej tak wielkie jak to, którego dokonali Planck, Einstein, Compton i de Broglie w latach 1900, 1905, 1923 czy 1924. Jakżeż bardzo niesłuszne jest głoszenie, jakoby odkrycia lat późniejszych wymagały innego jakościowo wysiłku intelektualnego niż odkrycie prawa bezwładności i przyspieszenia. Kiedy nauczyciel nazywa fundamentalne prawa mechaniki „prostymi i oczywistymi samo przez się“, wówczas nie rozumie on ich rzeczywistego znaczenia zarówno dla fizyki, jak i dla historii ludzkości.

W elementarnych podręcznikach formułuje się pierwsze prawo z dużym nakładem pracy, lecz w sposób bezsensowny, podręczniki dla zaawansowanych prześcigają się z kolei w zupełnym jego bagatelizowaniu. W książkach takich prawo bezwładności określa się jako „tłumaczące się samo przez się“. Chroni to autora przed ko-

niecznością wytłumaczenia tego prawa, które zajmuje się tą czynnością „samo“. Traktuje on wtedy pierwsze prawo jako szczególny przypadek drugiego, pisząc: jeżeli suma sił jest 0 , wówczas przyspieszenie a jest także 0 i ciało porusza się ze stałą prędkością. Różnica między wspomnianym przed chwilą sformułowaniem a tym, jakie spotyka się w elementarnych podręcznikach, sprowadza się do tego, że wówczas nie pierwsze, lecz drugie prawo sformułowane jest w sposób mętny.

Spytajcie absolwenta fizyki, co to znaczy „przyspieszenie“ z punktu widzenia tego prawa. Odpowie on, że jest to druga pochodna współrzędnej względem czasu. Spytajcie go, co on rozumie przez „współrzędne“. Absolwent wtedy powoła się jak zwykle na kartezjański układ współrzędnych. A przecież ruch ciała można opisać fizycznie tylko względem określonego układu obserwowalnych ciał fizycznych. Wskazanie sondy operacyjnej zwane w drugim prawie „przyspieszeniem“ musimy opisywać w fizycznym kartezjańskim układzie. To nie może być układ związany z ziemią. W pierwszym przybliżeniu za układ taki mogą służyć gwiazdy nieruchome. Tak więc przyspieszenie określamy (w przybliżeniu) względem gwiazd nieruchomych w stosunku do naszej galaktyki. Nawet kandydaci do tytułu doktora fizyki często nie zdają sobie sprawy z bezsensu fizycznego, jaki tkwi w nieokreślonym wyrażeniu: „nieruchome w przestrzeni“. Kontynuując pytania przekonamy się rychło, że nie przemyśleli oni dostatecznie najprostszych praw swojej dyscypliny.

Nieumiejętność opisanego fizycznego układu odniesienia nie pociągnie za sobą poważniejszych skutków, jeśli chodzi o studenta inżynierii. Żaden z zaprojektowanych przez niego mostów nie zawali się wskutek tego, że nigdy nie słyszał on o trudnościach związanych z koncepcją przyspieszenia. Jednakże taka naiwność przeniesiona w dziedzinę fizyki jest niedopuszczalna. Gwiazdy stałe nie tworzą sztywnego układu kartezjańskiego. Nie mogą zastąpić abstrakcyjnego, czysto formalnego pojęcia „układ kartezjański“. Sytuacja jest tu analogiczna do omówionej poprzednio sprawy zastosowania czystej geometrii do przestrzeni, z którą mamy do czynienia. Rozstrzygnięcie kwestii, czy daną rzeczywistą przestrzeń fizyczną można opisywać przy pomocy geometrii Euklidesa, należy do eksperymentu, obserwacji i dociekań. Biorąc sprawę z punktu widzenia logicznego możliwe jest, iż popełniamy błąd mówiąc, że pewna przestrzeń, np. przestrzeń tego pokoju, jest pod każdym względem euklidesowa. Podobnie istnienie kartezjańskiego układu odnie-

sienia, w którym sprawdzałyby się prawa newtonowskich *Principiów*, jest również przedmiotem eksperymentu, obserwacji i dociekań. I tu znów jest możliwe, że popełniamy błąd mówiąc, iż jakaś część wszechświata, np. wszystko to, co zawarte jest wewnątrz orbity Plutona, zachowuje się pod każdym względem zgodnie z fizyką Newtona. Tak więc musimy stwierdzić, że położenia i prędkości gwiazd stałych, a nawet odległych mgławic, określają w pewnym stopniu układ odniesienia wchodzący w grę, gdy używamy terminu „przyśpieszenie“ bez dalszego precyzowania. I tak ruchy toczących się kul bilardowych uzależnione są fizycznie od stanu gwiazd na naszej Drodze Mlecznej. Galaktyki odległe od nas o miliony lat świetlnych określają ruch nazwany przez nas „ruchem bez działania sił zewnętrznych“.

Jest to niespodziewana i porywająca prawda o świecie. Dojść do niej można tylko poprzez fizykę. Prawdę tę ukrywają rozmaici wykładowcy i podręczniki. Przez pomijanie wpływu wielkich lecz odległych mas wszechświata przemyca się do fizyki mistyczną koncepcję przestrzeni absolutnej, wywołując konsternację u każdego, kto później będzie musiał wyzwolić się spod jej wpływu. Mimo to pozwalały, że koncepcja ta utrwała się w umyśle studenta. Możliwe, że późniejszy wysiłek potrzebny dla jej odrzucenia będzie dla niego zbawienny. Może to i prawda. Jednakowoż z punktu widzenia pedagogicznego ma to wartość dość problematyczną.

Podstawy geometrii i prawa ruchu stanowią tylko dwie spośród wielu węzłowych koncepcji fizyki, nad którymi swobodna dyskusja może pogłębić zrozumienie przez studenta charakteru wiedzy, jakiej dostarczają mu nauki ścisłe, jak również podstaw, na których opiera się fizyka. Koncepcje te nie są czymś „przyłatanym“ do fizyki. Nie może to być wtórna refleksja, coś co miałoby pokryć i osłodzić męczącą pracę, której trzeba dokonać. Przy stworzeniu odpowiednich warunków wszystko to stanie się częścią normalnego nauczania fizyki.

Na zakończenie pozwolę sobie zapoznać zebranych z metodą, którą dr Hall i ja stosujemy w Cambridge wobec studentów wstępnych kursów.

Przed wszystkim staraliśmy się być dobrze zorientowani w tym, co przerabiają studenci w każdym tygodniu na wykładach i w pracowniach. Kiedy przybyłem do Cambridge, poświęciłem wiele czasu, aby uczestniczyć w wykładach fizyki razem ze studentami. Moje

własne wykłady były dostosowane do ich programu. Kiedy profesor Lawrence Bragg wykladał optykę, rozwodził się on szczegółowo nad zjawiskami interferencyjnymi i omawiał interesująco ogólne zagadnienia związane ze sporem o naturę światła. W tym samym czasie dr Hall zajmował się rozważaniami nad tym, co skłoniło Newtona do oparcia się na teorii korpuskularnej. Hall mówił również o tym, co Huygens przytaczał na korzyść teorii falowej i podkreślał skrupulatnie najważniejsze przeciwieństwa idei — intelektualną treść takich dysput. Reakcje studentów świadczyły, że tego rodzaju historyczne ekskursy wspaniale uzupełniały wykłady Bragga.

Następnie Hall przechodził do omówienia podstaw koncepcyjnych, na których oparli się Young, Fresnel i ostatecznie Foucault prowadząc swoje słynne eksperymenty. W tym punkcie programu przez tydzień prowadziłem wykłady ja, omawiając ogólną kwestię rozstrzygającego eksperymentu w fizyce, a więc tego, co się zwykło nazywać *experimentum crucis*. Chodziło o to, czym są te eksperymenty, dlaczego są tak bardzo upragnione i kiedy są możliwe. Zatrzymałem się następnie nad przykładami eksperymentów, które uchodzą za rozstrzygające, w szczególności w zakresie falowej teorii światła. Gdyby były one istotnie rozstrzygające, wówczas korpuskularna teoria światła nie powinna byłaby się ponownie pojawić. Tymczasem teoria ta odżyła w nowej postaci. Posuwając się dalej stwierdziliśmy, że odkrycia, jakie przyniósł wiek XIX, są istotnie rozstrzygające, lecz tylko wówczas, jeżeli zgodzimy się na te założenia, które Young, Fresnel i Foucault przyjmowali milcząco za podstawowe przesłanki: „światło musi rozchodzić się w eterze w postaci (1) fal bądź w postaci (2) cząstek, lecz tylko (3) w jeden z tych sposobów, nigdy zaś (4) równocześnie w obu“. Nie było wprawdzie uzasadnienia dla (3) i (4), lecz — jak to wykazał Hall — przyjęcie tych założeń było w owych czasach rzeczą naturalną. Tym samym staje się zupełnie jasne, że eksperymenty wspomniane można uznać za rozstrzygające sprawę natury światła tylko wtedy, gdy przyjmiemy bez zastrzeżeń logiczny warunek wyrażony w podanej formule: „...lecz tylko w jeden z tych sposobów, nigdy zaś równocześnie w obu“. Odkrycia naszego wieku pokazały nie tyle, że światło nie jest w rzeczywistości falą, ile raczej to, że Young, Fresnel i Foucault byli zbyt pochołpni akceptując treść zawartą w tej ważnej, lecz tak rzadko zauważanej klauzuli.

Podobnie jest ze wszystkimi innymi tak zwanymi rozstrzygającymi eksperymentami. Są one rozstrzygające tylko w kontekście

danej teorii. Dopóki założenia pierwotne przyjmowane przez nią nie podlegają dyskusji, dopóty eksperymenty te uważa się za rozstrzygające. Skoro zakwestionujemy tylko jedno z tych założeń, sprawa upodabnia się do jabłka z zakazanego drzewa. W ten sposób staje się całkowicie jasne, że nieodwołalność słowa „rozstrzygający“ okupiona jest przez zamrożenie wszystkiego nowego, co może zostać odkryte, jeśli to nowe miałyby zmienić nasze wyobrażenia o charakterze zjawisk.

Tego rodzaju historyczna i filozoficzna dyskusja stworzyła świetny podkład dla wykładów prof. Bragga. Wszyscy się zgodzili, że na takim połączeniu każdy skorzystał. Hall i ja postanowiliśmy wówczas uznać wykłady przedmiotów ścisłych za podstawy naszych wykładów.

Podobnie J. A. Ratcliffe wykładał w ostatnim roku pierwszą część mechaniki posługując się książką Ernsta Macha *Nauka mechaniki*. Jak wiadomo, Mach jest kopalnią tematów historycznych i filozoficznych. Wobec tego nie tracąc czasu, skoordynowaliśmy naszą pracę z wykładami Ratcliffe'a. Hall zajął się wówczas Galileuszem i Newtonem oraz wielkim postępem, jaki wnieśli oni do myślenia kategoriami mechanicznymi. Ja z kolei analizowałem logiczną strukturę teorii fizycznych na przykładzie mechaniki Newtona i Hertza oraz badałem logiczny charakter zasad, praw, uogólnień i hipotez, które zawierać musi każdy system teoretyczny.

Wplecenie naszego przedmiotu w bieżące wykłady fizyki okazało się owocne. Studenci zarówno wstępnych, jak i dalszych lat zapalili się do tematu. Do naszego klubu filozofii nauk przyrodniczych wpisało się w tym roku około 250 członków, w tym około 50 studentów ostatniego roku. Realizacja planów dalszego rozwoju i rozszerzenia zakresu nauczania historii i filozofii nauk przyrodniczych znajduje się w Cambridge w stadium zaawansowanym i cieszy się poparciem wszystkich ważniejszych wydziałów przyrodniczych.

Byłoby rzeczą przedwczesną mówić o rezultatach, jakie przyniesie na dalszą metę tego rodzaju pogłębienie nauczania dyscyplin przyrodniczych. Zwróćcie uwagę, że mówię „pogłębienie“, nie zaś „poszerzenie“. Poszerzenie bowiem przyjdzie z czasem samo, jeśli wydobędzie się na wierzch omówione tu aspekty fizyki i przetrawi się je w szkołach i na uniwersytetach. Niewątpliwie spośród wszyst-

kich wysiłków człowieka zmierzających do poznania otaczającego go świata nic nie jest tak fascynujące i piękne w swej formie i tak intelektualnie odkrywczе — jak fizyka.

Wszystko zatem, co da nam wyraźniejszy obraz tych walorów, warte jest wysiłku. Więcej czasu i uwagi poświęconej historii i filozofii fizyki może odegrać rolę soczewki zwiększającej ostrość tego obrazu.

ЛЕКЦИИ ПО ИСТОРИИ И ФИЛОСОФИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Н. Р. Гансон, преподаватель в Кембриджском университете, рассматривает вопрос общей концепции лекций по истории и философии естествознания для студентов естественно-математических факультетов. Он выражает мнение, что история науки не является лишь хроникой событий в истории отдельных наук, так же как философия не являет собой род религии, удовлетворяющей духовые потребности ученых.

Автор отмечает положительное значение исторического и философского освещения основных положений современной физики. Такое освещение углубляет характер усваиваемых учащимися знаний и позволяет им выработать правильный взгляд на многие ошибочные концепции общего характера (например, абсолютное пространство), которые еще встречаются по нынешний день.

В заключение автор знакомит читателей с системой лекций по истории и философии науки в физическом факультете.