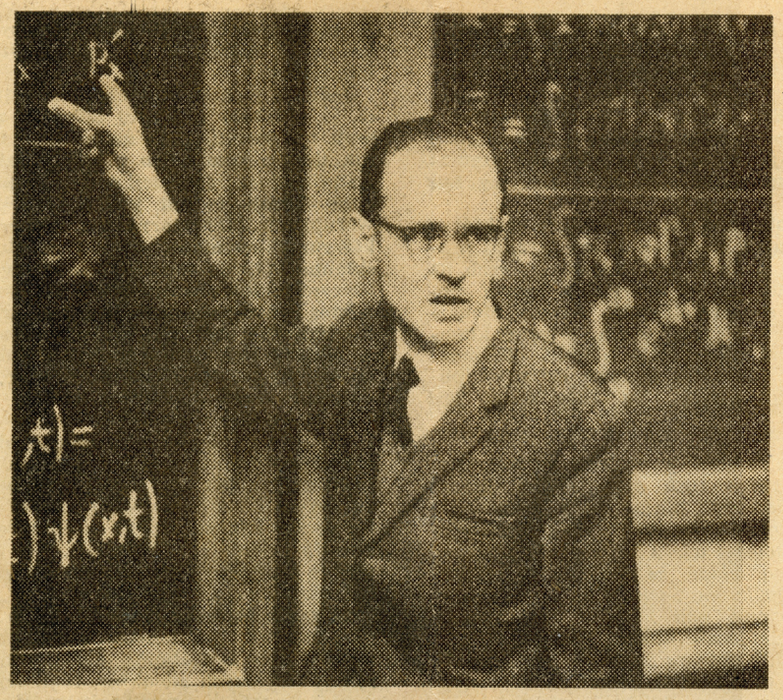
Klucz do rozumienia świata

Profesor Andrzej Trautman z Uniwersytetu Warszawskiego jest wybitnym fizykiem młodego pokolenia (39 lat). Jego nauczycielami byli Leopold Infeld — współpracownik Alberta Einsteina, twórca „warszawskiej szkoły" fizyki teoretycznej i prof. Jerzy Plebański, tejże „szkoły" wychowanek. Prof. Trautman zajmuje się teorią względności, teorią grawitacji i fizyką matematyczną. Wśród jego prac szczególne znaczenie posiadają publikacje na temat promieniowania grawitacyjnego. Prof. Trautman wykładał w wielu zagranicznych ośrodkach fizyki, m.in. we Francji, USA, Anglii i ZSRR.



Prof. Andrzej Trautman:
„Fizyka wpływa na światopogląd, będąc źródłem racjonalizmu"
Fot. A. JAŁOSIŃSKI

„KULTURA": *Mimo że wiele słyszy się dzisiaj o fizyce i o fizykach, tylko dla nielicznych wiadomości te układają się w ostry obraz tego, czym jest fizyka i co robią fizycy. Zacznijmy więc od pytania: Co to jest fizyka?*

ANDRZEJ TRAUTMAN: Precyzyjne określanie, czym są poszczególne nauki, jest trudne. Definicje stają się czasami nieaktualne już po kilkunastu latach. W miarę rozwoju zakres nauk przekracza ramy zakreślone im przez te definicje.

„KULTURA": *...w takim razie: „Co to jest fizyka dzisiaj?"*

A. T.: Myślę, że są dwa sposoby odpowiedzi na to pytanie. Pierwszy, to podanie zadowalająco ogólnej definicji. Można by na przykład powiedzieć, że fizyka jest to nauka przyrodnicza, która zajmuje się zjawiskami prostymi, powtarzalnymi i powszechnymi dotyczącymi materii i jej ruchu. Inny sposób, to wyliczanie. A więc można powiedzieć, że fizyka zajmuje się siłami grawitacyjnymi, elektromagnetycznymi, jądrowymi zjawiskami zachodzącymi w ciałach stałych, w cieczach i w gazach, podstawami zjawisk zachodzących w gwiazdach i prawami, które rządzą atomami, ruchem cząstek elementarnych, i tak dalej. Ta definicja ma tę zaletę, że w miarę rozwoju fizyki, można do tej listy dopisywać coraz to nowe pozycje, rozszerzać ją... No i wreszcie są definicje żartobliwe, których trafność bywa niekiedy zaskakująca. Jeden z fizyków powiedział, że fizyka jest tym, co fizycy tworzą do późna w nocy.

„KULTURA": *Określił pan profesor fizykę jako naukę zajmującą się zjawiskami powszechnymi, powtarzalnymi i prostymi. Czy właśnie to stanowi o jej swoistości?*

A. T.: Istotne jest to, że fizyka bada zjawiska i prawa proste, a więc takie, które leżą u podłoża innych procesów, np. chemicznych, biologicznych i astronomicznych. By lepiej scharakteryzować fizykę, mówmy o jej metodzie. Metoda ta związana jest z naturą zjawisk, którymi fizyka się zajmuje — właśnie z ich prostotą, powszechnością i powtarzalnością. Metoda wiodąca od obserwacji zjawisk, przez hipotezę o ich naturze, o prawach, które nimi rządzą, do potwierdzenia bądź obalenia, postawionej hipotezy na drodze doświadczeń albo obserwacji, jest podstawą całej fizyki. Metoda ta odgrywa rolę nie tylko w samej fizyce, ale wpływa na sposób myślenia we wszystkich naukach.

„KULTURA": *Jak zatem określać miejsce i rolę fizyki w zbiorze informacji, który nazywa się wiedzą?*

A. T.: To, że fizyka zajmuje się zjawiskami najprostszymi, czyni z niej podstawę wszelkich innych nauk przyrodniczych. Teoretyczne podstawy chemii dają się wyprowadzić z fizyki, dokładniej, z mechaniki kwantowej zastosowanej do cząstek i atomów. Fizyka wkracza także do biologii. Z drugiej strony, nowoczesna kosmologia jest w istocie częścią fizyki. Astronomia, która przez całe stulecia była nauką autonomiczną teraz staje się ściśle związana z fizyką. Budowę i ewolucję gwiazd tłumaczy się w oparciu o prawa fizyki jądrowej, grawitacji, termodynamiki...

„KULTURA": *Połyka więc fizyka inne dyscypliny?...*

A. T.: Nie. Fizyka je wzbogaca i pogłębia — zjawiska pozornie różnorodne i nie związane ze sobą sprowadza do tych najprostszych. Ale ma to też jeszcze i inne znaczenie: np. proces wkraczania fizyki do astronomii stymuluje badania w samej fizyce m.in. w teorii względności i teorii grawitacji, którymi się zajmuję.

„KULTURA": *Fizyka posiada swój specyficzny język, specyficzną metodę opisu zjawisk. Fizycy posługują się sformalizowanymi językami matematyki. Jaka jest jej rola w poznaniu fizycznym?*

A. T.: Charakterystyczną cechą badań fizycznych jest to, że fizycy próbują budować proste modele matematyczne rozpatrywanych zjawisk. Model taki porządkuje obserwowane zjawiska i pozwala przewidywać inne. Jeżeli je rzeczywiście zaobserwujemy, to przemawia to za prawdziwością zbudowanego przez nas modelu.

W miarę rozwoju fizyki modele matematyczne pojedynczych zjawisk łączą się w teorie. Teoria przewiduje szerokie zakresy zjawisk, dostarczając całych klas modeli matematycznych.

Mając teorię, można przewidywać i badać inne zjawiska. Np. ekstrapolując teorię grawitacji, można próbować zastosować ją do całej galaktyki — i to się udaje. Natomiast na inne pytanie, czy teoria Newtona stosuje się do ciał poruszających się z bardzo dużą prędkością, odpowiedź jest negatywna. Teorię tę trzeba było zastąpić dokładniejszą, czyli zbudować lepsze modele matematyczne. I takich właśnie modeli dostarczyła teoria względności Alberta Einsteina.

„KULTURA": *Używa pan profesor określenia model matematyczny. Czy nie wymaga to bliższego sprecyzowania?*

A. T.: Przez model matematyczny rozumiem tutaj pewien fragment matematyki, wraz z interpretacją fizyczną tzn. zbiorem przepisów mówiących w jaki sposób należy wiązać symbole matematyczne występujące w modelu z wielkościami fizycznymi, które obserwujemy bądź mierzymy w laboratorium.

„KULTURA": *Jak rozwój fizyki wpływał na inne nauki?*

A. T.: Wpływ fizyki na nie był i jest bardzo poważny, choć często niedoceniany. Zacznijmy od związków fizyki z techniką. W pewnym sensie cała — nie tylko nowoczesna — technika polega na zastosowaniu zjawisk fizycznych. Te związki nieraz sięgają tak daleko w przeszłość, że się o nich zapomina. Cała radiotechnika i telewizja wywodzi się z odkrycia fal elektromagnetycznych, którego dokonał Hertz opierając się na teoretycznych przewidywaniach fizyka, Maxwella. Obecnie osiągnięcia fizyki przechodzą do techniki w czasie bardzo krótkim — w przypadku fal elektromagnetycznych trwało to kilkadziesiąt lat. Dzisiaj technika dosłownie w ciągu paru miesięcy przejmuje owoce podstawowych badań fizyków. Tak było np. z odkryciem promieniowania laserowego. To z kolei powoduje jednak pewne niebezpieczeństwa. Oto zaczyna się sprowadzać znaczenie i wpływ fizyki tylko do odkrywania nowych zjawisk, które można bezpośrednio praktycznie wykorzystać. Jest to krótkowzroczne spojrzenie na fizykę. Jej wpływ na rozwój ludzkiej działalności jest znacznie szerszy. Nie można także zapominać o wpływie samej techniki na fizykę. Bez nowoczesnej aparatury elektronicznej, bez komputerów nie byłoby współczesnej fizyki. Korzyści są więc obustronne. Ale pytanie było ogólniejsze. Jaki jest wpływ fizyki na inne nauki? Mówiłem już o związkach fizyki z astronomią, chemią, biologią... Fizyka czerpie z matematyki pojęcia, modele i techniki rachunkowe, ale także oddziałuje na rozwój tej nauki. Rachunek różniczkowy i całkowy powstał w związku z rozwojem mechaniki. Fizyka kwantowa wpłynęła na badania w dziedzinie analizy funkcjonalnej a mechanika ośrodków ciągłych i teoria względności — na geometrię różniczkową. Wyraźny jest też wpływ fizyki na problematykę filozoficzną, myśle o zagadnieniach przyczynowości. Sprawy, które niegdyś zdawały się być zarezerwowane dla filozofów, teraz stały się przedmiotem badań fizyków i zostały przez nich wyjaśnione. Niegdyś do problematyki filozofii należały takie zagadnienia, jak to czy wszechświat jest skończony, pytania jaka jest natura czasu, jaka budowa przestrzeni? Otóż te rzeczy należą dzisiaj do zakresu badań fizyki. I fizykom udało się znaleźć odpowiedzi na te pytania. Oczywiście, jak zawsze w przyrodoznawstwie, są to odpowiedzi przybliżone, jednakże są to odpowiedzi konkretne. W pewnym więc sensie sfera zainteresowań filozofów zwęża się, czy też przesuwa w inne rejony, w stronę metodologii nauk w stronę filozofowania o człowieku... Chociaż i w związku z fizyką nasuwają się pytania, które w istocie są pytaniami poza fizyką, pytaniami, na które na razie nie można dać odpowiedzi, w tym sensie, że nie można zaprojektować, choćby myślowo, żadnego rozstrzygającego je doświadczenia.

„KULTURA": *Co to są za pytania?*

A. T.: Wiadomo, że istnieją cząstki elementarne o różnych właściwościach — proton, elektron, foton; w ciągu ostatnich kilkunastu lat fizycy odkryli bardzo wiele innych cząstek. Jedną z ich właściwości jest masa. Jest to bardzo dobrze określona wielkość: np. wszystkie elektrony mają taką samą masę. Można więc zadać sobie takie pytanie: Czy trzeba wyjaśniać, dlaczego masy cząstek są takie, a nie inne, dlaczego proton jest 1836 razy cięższy od elektronu, czy też należy masy cząstek przyjąć, jak to niektórzy sądzą, za dane pierwotne, które należy po prostu mierzyć, wstawiać do równań i dalej już się nimi nie martwić. To jest bardzo interesujące pytanie. Być może ludzkość nigdy na to pytanie nie znajdzie odpowiedzi. Zajęcie stanowiska w tej sprawie ma istotne znaczenie dla fizyka-teoretyka. Jeżeli powiemy sobie, że stosunki mas dadzą się wyjaśnić, to należałoby próbować to robić, a jeżeli zrezygnujemy, jeżeli się zgodzimy, że to są owe dane pierwotne, to od razu zamykamy sobie pewien kierunek badań...

„KULTURA": *Wynika z tego, że fizyk raczej woli pytać się: „Jak zachodzą zjawiska?" niż „Dlaczego" albo „Po co one zachodzą?".*

A. T.: Pytanie „Jak zachodzą zjawiska?" wydaje nam się trafne i bezpieczne, podobnie jak pytanie „Jakich zjawisk należy się spodziewać?"

„KULTURA": *Czy nie zdarza się jednak, że pewne pytania zaczynające się od „dlaczego" okazują się owocne?*

A. T.: Tak... Są to pytania, które początkowo wydają się być pytaniami typu „dlaczego", a później okazują się sprowadzalne do pytań typu „Jak".

Zmiana ich charakteru wiąże się zwykle z dużym skokiem, postępem fizyki. Na przykład przy końcu XIX wieku fizycy dobrze już znali widma atomów. Wiedziano, że atomy wysyłają światło o określonych częstościach i zauważano proste związki między tymi częstościami. Powstało wtedy pytanie czy należy się tym zadowolić, to znaczy ułożyć tablice z częstościami światła wysyłanego przez atomy danego pierwiastka, czy też pytać się dlaczego tak właśnie jest, to znaczy szukać modelu matematycznego, z którego takie tablice dałoby się wyprowadzać. Okazało się, że model istnieje. Dostarczyła go kwantowa teoria atomu. Obecnie mamy tablice cząstek elementarnych, nie mamy zadowalająco ogólnego modelu. Zadajemy sobie pytanie, czy sytuacja ta jest podobna do tego, co było przed powstaniem fizyki kwantowej, czy powinniśmy więc szukać teorii mas cząstek elementarnych, czy też z tego zrezygnować.

„KULTURA": *Jaką strategię przyjmuje fizyk?*

A. T.: Jest tak jak chyba być powinno. Są różne grupy badaczy.

„KULTURA": *Wspomniał Pan o niebezpieczeństwie sprowadzania fizyki do roli dostawczyni bezpośrednio użytecznych zjawisk i źródeł energii. Jaki powinien być związek między badaniami podstawowymi i stosowanymi?*

A. T.: Oba te rodzaje badań są ważne i potrzebne, a dziś żaden z nich nie może harmonijnie rozwijać się bez drugiego. Wygodnie jest dzielić badania ze względu na cel, jaki stawia sobie podejmujący je uczony. W fizyce najczęściej celem tym jest poznanie nowych zjawisk, wyjaśnienie ich, odkrycie praw przyrody. Oczywiście dokonując wyboru tematu pracy poznawczej, często kierujemy się perspektywą możliwych zastosowań. Cel poznawczy wcale nie wyklucza rychłych zastosowań. Przypomnijmy, że Roentgen badał przebieg wyładowań elektrycznych w rozszerzonych gazach i przy tej okazji odkrył tak użyteczne promieniowanie X. W owym czasie nikt nie był w stanie sformułować jako celu badań znalezienia metody prześwietlania nieprzezroczystych ciał — nie domyślano się, że to jest w ogóle możliwe. Krótko mówiąc: poznanie przyrody prowadzi do jej opanowania — z korzyścią dla człowieka.

„KULTURA": *A jednak panuje — być może mylne — przeświadczenie, że fizycy często prowadzą badania bardzo abstrakcyjne, oderwane od życia...*

A.T.: Niekiedy badania z pozoru bardzo ezoteryczne mogą przynieść konkretne efekty. Warto przypomnieć, że Maxwell nie wierzył w możliwość zastosowania przewidzianych przez siebie fal elektromagnetycznych. Skromne sukcesy ze stosowaniem radu do leczenia raka nie stanowiłyby dostatecznego bodźca dla badań nad promieniotwórczością. Możliwość wykorzystania energii jądrowej zarysowała się dopiero w końcu lat trzydziestych. Powstanie elektrowni jądrowych było poprzedzone wieloma dziesiątkami lat badań nieumotywowanych zastosowaniami. Inny przykład: Obserwujemy teraz kwazary — dziwne, niedawno odkryte, obiekty astronomiczne. Nie znamy źródła ich energii. Być może właśnie te badania pozwolą natrafić na ślad nie znanych na ziemi oddziaływań, co w dalszej konsekwencji doprowadzi do odkrycia nowych źródeł energii. Jest to jedynie spekulacja, która może się nie sprawdzić, ale podaję ją jako przykład możliwości.

„KULTURA": *Uprawianie fizyki jest kosztowne. Niektóre urządzenia do badań podstawowych kosztują tak dużo, że ledwie kilka państw stać na ich budowę.*

A. T.: Dlatego powstają międzynarodowe ośrodki badań. Nie stać nas w Polsce na budowę wielkich akceleratorów niezbędnych w badaniach fizyki wysokich energii i wcale nie ma potrzeb, abyśmy te urządzenia budowali. Powinniśmy korzystać i korzystamy z możliwości współpracy z innymi, z najbliższymi sąsiadami. Mamy bardzo dobrą współpracę z krajami socjalistycznymi w ramach Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej. Korzystamy z wyników największego na świecie akceleratora w Sierpuchowie. Współpracujemy z ośrodkiem CERN w Genewie. To jest zdrowa, normalna sytuacja. Trzeba scalać wysiłki i badania wymagające dużych nakładów. Innym przykładem jest tu wrocławski Międzynarodowy Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych. Sądzę, że otwarcie granicy z NRD, a w przyszłości otwarcie innych granic z sąsiadami, poszerzy obszar tak ważnych dla fizyka kontaktów osobistych. W naszym Instytucie mamy dobrą tradycję współpracy międzynarodowej, którą zawdzięczamy Infeldowi.

„KULTURA": *Zwrócił pan profesor uwagę na kontakty osobiste między fizykami...*

A. T.: Tak, tak, to jest bardzo ważne. Fizycy muszą ze sobą rozmawiać. Zresztą nie tylko o sprawach samej fizyki...

„KULTURA": *Co to są za rozmowy?*

A. T.: Zwykle zaczynamy od szczegółów, potem przechodzimy na płaszczyznę szerszą. Uważamy, że jednym z kryteriów wagi prowadzonych przez nas badań, jest ich wpływ na działy sąsiednie. Wymiana poglądów na ten temat ma dla fizyka duże znaczenie; trzeba wiedzieć co myślą o badaniach nasi koledzy. Zachęta z ich strony niezwykle mobilizuje do pracy. Ale są też inne ważne rozmowy. Praca naukowa stwarza napięcia, powstają rozmaite trudności wewnątrz środowiska, w stosunkach między naukowcami a resztą społeczeństwa... Ba nawet pewne trudności wewnątrz rodziny, której naukowiec często nie dość poświęca czasu... Nieraz rano zajmujemy się administracją, a pracą naukową dopiero wieczorem... Rozmowy fizyków rozładowują napięcia, łatwiej nam jest po prostu żyć, gdy dzielimy się wzajemnie naszymi troskami...

„KULTURA": *Dzieli się czasami specjalistów na techników i humanistów. Gdzie umieścić fizyków?*

A. T.: Pomińmy niesłuszność tego podziału, który jest nieadekwatny a zwróćmy uwagę na związki fizyki — i całego przyrodoznawstwa — z szeroko rozumianą kulturą. Odkrycie Kopernika, idea heliocentryczna, to najlepszy przykład jak przyrodoznawstwo kształtuje kulturę i wyobrażenia człowieka o otaczającym go świecie. Fakt, iż ziemia jest kulistą i obiega słońce jest istotny także dla tych, którzy nie wybierają się w podróż dookoła świata. Fizyka dostarcza wartości, które wrastają w szeroko rozumianą kulturę. Fizyka wpływa na to, co nazywamy światopoglądem — będąc źródłem racjonalizmu, uczy człowieka, że świat jest poznawalny, że rządzą nim określone i to dość proste prawa, które można wykorzystywać ku pożytkowi ludzi. Ale jest jeszcze inny aspekt fizyki, mało rozumiany i doceniany — aspekt estetyczny. Wyjaśniając nature zjawisk, sprowadzając je do rzeczy prostych, fizyka dostarcza człowiekowi przeżyć estetycznych, które porównałbym — w ich intensywności — do przeżyć, jakie daje nam poezja, muzyka, sztuka. Niestety, to estetyczne przeżywanie fizyki nie jest dostępne zbyt szerokim kręgom społeczeństwa, a to głównie z tego powodu, że fizyka nie jest dobrze nauczana i popularyzowana. Mam nadzieję, że w tej dziedzinie będą następowały zmiany. Za ignoranta uznalibyśmy dzisiaj kogoś, kto nie wiedziałby np. w jakiej części świata leży Brazylia. Natomiast jestem przekonany, że wielu ludzi, którzy się uważają za wykształconych, nic nie wie na temat, jak jest zbudowany atom wodoru, choć wszechświat w przeważającej części składa się z atomów tego właśnie pierwiastka. Potrzebna jest — i dokonuje się — bardzo poważna rewizja sposobów nauczania fizyki i matematyki. Powinniśmy odchodzić od nauczania faktów, oderwanych twierdzeń, opisu poszczególnych doświadczeń i przyrządów, musimy uwagę skierować na pojęcia, związki między nimi, na proste zjawiska i na analogie. Na przykładach prostych zjawisk trzeba ilustrować prawa ogólne, a ograniczać tę część faktograficzną w nauczaniu, która tylko przeciąża umysł ucznia czy studenta. Sądzę, że wymaga się zbyt wiele wiedzy pamięciowej, natomiast za mało uwagi zwraca na stronę pojęciową, która inspiruje intelektualnie, jest znacznie ciekawsza, dostarcza przeżyć estetycznych i w swej istocie **jest kluczem do zrozumienia tego, co się dzieje.**

Rozmawiał: ANDRZEJ BONARSKI