

ANDRZEJ TRAUTMAN
Członek korespondent PAN

NAUKA POLSKA
nr 2, 1971

MIEJSCE FIZYKI W SPOŁECZEŃSTWIE *

Obchodzona niedawno setna rocznica urodzin Włodzimierza Lenina skłania do refleksji nad wpływem Rewolucji Październikowej i jej przywódcy na rozwój nauk ścisłych. Pierwszy przywódca państwa radzieckiego wcześniej niż inni dostrzegł wielostronne, zarówno ogólnokulturalne jak i gospodarcze znaczenie nauk przyrodniczych. Konsekwencją tego była mądra radziecka polityka usilnego rozwijania oświaty i nauki, ze szczególnym naciskiem na dyscypliny matematyczno-przyrodnicze, polityka, która przyniosła dobrze znane owoce naukowe i gospodarcze oraz wpłynęła na zmianę stosunku do nauk ścisłych nawet w takich krajach jak Stany Zjednoczone. Rzucone przez Lenina hasło, mówiące o związku budowy komunizmu z elektryfikacją kraju, było od początku rozumiane szerzej, niż to wynika z jego dosłownego sformułowania. W Związku Radzieckim, wcześniej niż gdzie indziej, w pełni doceniono znaczenie społeczne i gospodarcze nie tylko nowoczesnej techniki, ale także oświaty i nauki. Przykłady świadczące o tym, że tak było, są zbyt dobrze znane, aby je tutaj przytaczać. Zwróćmy jednak uwagę na to, że nawet w najtrudniejszych okresach historii Związku Radzieckiego były tam prowadzone i otaczane opieką badania naukowe, również takie, których praktyczna użyteczność nie była wówczas widoczna. W latach trzydziestych do badań takich należały także prace w dziedzinie fizyki jądrowej. Dziś wiemy, że bez tych prac i wyszkolonej przy ich rozwijaniu kadry, Związek Radziecki nie mógłby ani przywrócić równowagi sił, naruszonej przez pojawienie się w 1945 r. broni atomowej, ani uruchomić w 1954 r. pierwszej elektrowni jądrowej, otwierającej nowe perspektywy przed ludzkością. Wysoki poziom radzieckiej techniki oraz osiągnięcia w wielu dziedzinach chemii, fizyki, mechaniki i matematyki umożliwiły realizację programu lotów kosmicznych. Znane jest wrażenie, jakie wywołał na świecie lot Gagarina i wpływ tego wydarzenia na politykę naukową, wzrost roli planowania i rozszerzenie zasięgu badań podstawowych i stosowanych we wszystkich rozwiniętych krajach.

Tego rodzaju zjawiska, do których można także zaliczyć bardzo szybkie rozpowszechnianie się elektronowych maszyn cyfrowych, są oznakami głębokich przeobrażeń zachodzących w dziedzinie sił wytwórczych i okre-

* Artykuł opracowany na podstawie referatu wygłoszonego w dniu 19 V 1970 r. na sesji naukowej na temat „Miejsce nauki w socjalistycznym społeczeństwie przyszłości”, zorganizowanej przez Uniwersytet Warszawski w roku obchodów setnej rocznicy urodzin Włodzimierza Lenina.

ślanych mianem rewolucji naukowo-technicznej. Wiąże się ona z automatyzacją procesów produkcyjnych i wykorzystaniem nowych zasobów energii oraz opiera na nauce jako na źródle nowych materiałów, rozwiązań technologicznych i lepszej organizacji pracy. Nieodzownym jej warunkiem jest rozwój oświaty, szkolnictwa wyższego i stałego dokształcania kadr naukowych i technicznych.

Nie bez związku z zachodzącą na świecie rewolucją naukowo-techniczną jest wprowadzana obecnie w Polsce zasada rozwoju wybranych, nowoczesnych działów gospodarki, skierowania inwestycji i badań na odcinki rokujące poważne i szybkie korzyści ekonomiczne. Niedawne decyzje w tej sprawie nakładają na przyrodników i techników obowiązki przemyslenia kierunków przyszłych badań oraz sumiennego wyważenia i zharmonizowania zadań wynikających z bieżących i przyszłych potrzeb kraju z tymi zadaniami, które biorą się z konieczności uczestniczenia w ogólnym postępie wiedzy, tworzenia i przekazywania ogólnokulturalnych wartości nauk ścisłych.

Aby fizyka mogła zajmować w Polsce miejsce odpowiadające potrzebom przyszłego socjalistycznego społeczeństwa, powinniśmy uświadomić sobie, jakie są cele badań fizycznych, jakie jest znaczenie fizyki, na czym polega jej związek z techniką i które dziedziny badań należy u nas usilnie rozwijać. Pytania te są szczególnie aktualne w świetle uchwał IV Plenum KC PZPR, mówiących o konieczności skupienia wysiłków inwestycyjnych i badawczych w wybranych działach gospodarki oraz podniesienia jakości i nowoczesności produkcji.

Pamiętając o leninowskiej polityce w dziedzinie nauki i techniki i mając na uwadze obecną sytuację gospodarczą i polityczną naszego kraju, chcemy tu zabrać głos na temat **miejsca fizyki w socjalistycznym społeczeństwie przyszłej Polski**. Będziemy tu mówić:

o **fizyce**, bo taka jest specjalność autora, ale też w przeświadczeniu, że rola tej nauki usprawiedliwia skupienie na niej specjalnej uwagi;

o fizyce w **społeczeństwie**, pamiętając o obowiązkach, jakie wynikają z odpowiedzi na pytanie: dla kogo i dzięki komu fizycy pracują?

o fizyce w społeczeństwie **socjalistycznym**, a więc takim, które ma na uwadze wszechstronny rozwój człowieka oraz zaspokojenie jego potrzeb, zarówno materialnych jak i duchowych;

o miejscu fizyki w **Polsce**, kraju niewielkim, ale stanowiącym część przyjaznej rodziny państw socjalistycznych, ojczyźnie Kopernika, Skłodowskiej, Smoluchowskiego i Banacha.

Próba spojrzenia w **przyszłość** ma tę zaletę, że pozwala częściowo uwolnić myśli od bieżących sporów i kłopotów, drugorzędnych spraw organizacyjnych, a ponadto zmusza do niekonunkturalnego zajęcia stanowiska również wobec problemów teraźniejszości.

CZYM JEST FIZYKA?

W toczących się na łamach naszej prasy licznych ostatnio dyskusjach na temat społecznej roli i zadań fachowców, specjalistów i twórców, często występuje podział inteligencji na dwie grupy: humanistów i techników¹. Pomijając inne słabe strony, widać, że taki dychotomiczny podział

¹ Czasami przeciwstawia się także teoretykom praktyków. W związku z tymi podziałami, pewien wybitny polski fizyk-eksperymentator stwierdził, że skoro nie jest ani technikiem ani praktykiem, powinien uważać się za humanistę-teoretyka.

ignoruje nauki matematyczno-przyrodnicze, których przedstawiciele nie można w naturalny sposób zaliczyć do żadnej z tych dwu grup. Rozważania na ten temat, z pozoru czysto słowne, mogą mieć praktyczne znaczenie, gdyż wiążą się z ustaleniem zadań stojących przed różnymi działami nauki.

Fizyka jest to nauka przyrodnicza, której przedmiotem badania są proste, podstawowe i powszechne własności materii oraz zjawiska towarzyszące jej ruchowi — oto definicja nie dorównująca określeniu Oreara² pod względem trafności, ale mieszcząca się w granicach akademickich konwencji. Dla dokładniejszego wyróżnienia zjawisk badanych przez fizyków można wymienić działy fizyki: mechanikę, termodynamikę, elektrodynamikę, fizykę jądrową, fizykę ciała stałego i innych stanów skupienia materii, itd. Ważniejsze od takiego wyliczenia jest uświadomienie sobie istoty metody naukowej, stanowiącej podstawę badań fizycznych. Zasadnicze elementy tej metody powstały już w XVII w., a jej znaczenie i wpływ wyraźnie przekraczają ramy samej fizyki. Charakterystyczne cechy fizykalnego podejścia są następujące:

a) skupienie uwagi na zjawiskach powtarzalnych oraz poszukiwanie związków przyczynowych;

b) wysunięcie doświadczenia (względnie obserwacji) na czołowe miejsce w procesie poznania;

c) traktowanie opisu zjawisk jako pierwszego kroku na drodze do ich wytłumaczenia;

d) przejście od wyjaśniania zjawisk do ich opanowania i wykorzystania;

e) budowanie matematycznych modeli i teorii, pozwalających na dokładne, ilościowe opisywanie znanych zjawisk i przewidywanie nowych.

W ostatnim okresie coraz większą rolę w badaniach fizycznych odgrywają elektronowe maszyny cyfrowe. Wykonują one skomplikowane obliczenia, przedtem praktycznie niewykonalne albo zabierające wiele czasu, oraz służą do przetwarzania wyników doświadczeń, w skład których wchodzi olbrzymie ilości pojedynczych, podobnych do siebie pomiarów.

Metoda badawcza fizyki tak dawno przeniknęła do innych nauk przyrodniczych i została przez nie całkowicie przyswojona, że często zapomina się o jej pochodzeniu. Jedynie budowa modeli matematycznych zjawisk stała się możliwa poza fizyką dopiero niedawno: w oparciu o stosunkowo nowe zdobycze fizyki powstały takie działy, jak chemia fizyczna, astrofizyka i biofizyka. Również nauki techniczne wykorzystują metodę badań i aparat pojęciowy fizyki.

Wielkim osiągnięciem fizyki XX w. jest wykazanie, że wszystkie skomplikowane i pozornie nie związane ze sobą zjawiska można sprowadzić do działania kilku podstawowych sił (oddziaływań): grawitacyjnych, elektromagnetycznych, jądrowych.

Siły grawitacyjne są od dawna znane i dobrze rozumiane. Odgrywają one rolę we wszystkich zjawiskach „na dużą skalę”, tzn. w takich, gdzie biorą udział ciała o wielkich masach i znacznych rozmiarach przestrzennych. Grawitacja ma więc podstawowe znaczenie w geofizyce, astronomii oraz kosmologii. Postęp teoretyczny w tej ostatniej dziedzinie, w połączeniu z obserwacjami astronomicznymi spowodował, że zbliżamy się

² „Fizyka jest to, co tworzą fizycy do późna w nocy”.

do wyrobienia sobie uzasadnionego, naukowego poglądu na budowę Wszechświata jako całości.

Niemal wszystkie procesy fizyczne, które dostrzegamy i wykorzystujemy w życiu codziennym są przejawami elektromagnetyzmu. Wszystko, co wiąże się ze światłem, ciepłem i elektrycznością, także własności mechaniczne i chemiczne otaczających nas substancji, można sprowadzić do działania sił elektromagnetycznych oraz opisać przy pomocy teorii kwantowych, uwzględniających szczególne prawa rządzące zjawiskami mikroświata. Zastosowanie tych praw do zjawisk, w których bierze udział wiele cząstek (ciała stałe, ciecze, gazy, plazma) wcale nie jest łatwe i prowadzi do coraz nowych wyników, w tym także o znaczeniu praktycznym. Elektrodynamika kwantowa, ostatnia ze zbudowanych teorii elektromagnetyzmu, jest najdokładniejszą znaną teorią fizyczną. W zakresie stosowności elektrodynamiki kwantowej ilościowe jej przewidywania zgadzają się z obserwacjami z dokładnością przewyższającą 0,001⁰/_o.

Inna jest sytuacja w dziedzinie fizyki jądrowej i cząstek elementarnych. Wiemy, że oprócz sił elektromagnetycznych grają tu rolę tzw. oddziaływania silne i słabe. Nagromadzone zostało bogactwo danych doświadczalnych o budowie jądra i charakterze sił występujących przy zderzeniach i rozpadach cząstek elementarnych, zbudowano wiele modeli teoretycznych, porządkujących pewne grupy zjawisk. Stan naszej wiedzy jest w tej dziedzinie na tyle dobry, że umożliwił budowę reaktorów i oprowadzenie energii jądrowej, budowę akceleratorów przyspieszających cząstki do prędkości bliskich prędkości światła i skuteczne planowanie doświadczeń. Na podstawie znajomości procesów jądrowych udało się wyjaśnić wiele zjawisk towarzyszących ewolucji gwiazd, w szczególności powstawanie cięższych pierwiastków przez „spalanie” (łączenie jąder) pierwiastków lżejszych. Jednak nasza wiedza o cząstkach elementarnych i jądrach atomowych ciągle nie dorównuje temu, co wiemy np. o powłokach elektronowych atomów. W ostatnich latach zostały odkryte liczne nowe podstawowe cząstki; mimo wielu prób i częściowych sukcesów, jeszcze nie potrafimy usystematyzować ich równie dobrze, jak to zrobił Mendelejew z pierwiastkami chemicznymi. Z drugiej strony, astronomowie zaobserwowali niedawno na niebie nowe obiekty, promieniujące znacznie więcej energii niż porównywalne z nimi gwiazdy. Wysuwane są hipotezy, że źródłem tej energii są procesy inne i potężniejsze niż procesy termojądrowe, dostarczające paliwa zwykłym gwiazdom. Rozwija się astrofizyka relatywistyczna, zajmująca się m.in. różnymi stadiami ewolucji ciał niebieskich, kiedy równocześnie odgrywają rolę siły grawitacyjne i efekty kwantowe, związane z mikroskopową budową materii gwiazdnej. Doświadczenia z cząstkami o bardzo wysokich energiach pozwalają na badanie ich struktury w obszarze małych odległości, poniżej 10⁻¹³ cm. Pośrednio zdobywamy w ten sposób wiedzę o mikroskopowej budowie przestrzeni. Wysuwane są przypuszczenia, że budowa ta jest zasadniczo różna od tej, którą doświadczamy codziennie, w skali zjawisk makroskopowych. Gdyby tak było, czekałaby nas nowa rewolucja w fizyce, być może poważniejsza niż dotychczasowe, o doniosłych konsekwencjach światopoglądowych. Wszystko to powoduje, że fizyka cząstek elementarnych cieszy się wielkim zainteresowaniem na całym świecie. Mimo wysokich kosztów budowane są coraz większe akceleratory cząstek. W latach 1930—1960 osiągnęta energia przyspieszanych cząstek wzrastała w przybliżeniu 40-krotnie co 10 lat. Obecnie największe energie (przeszło 70.10⁹ elektro-

no-woltów czyli 70 GeV) otrzymuje się w radzieckim akceleratorze protonów w Sierpuchowie. W Stanach Zjednoczonych buduje się akcelerator na 200 GeV, a w Związku Radzieckim bada model akceleratora na 1000 GeV.

CELE BADAŃ FIZYCZNYCH

Z punktu widzenia działacza gospodarczego lub politycznego, mającego decydować o zakresie, formach organizacyjnych i finansowaniu badań naukowych, ważniejsze od metod i przedmiotu badań są ich koszty i cele. Pod tym względem fizyka jest w tej szczególnej sytuacji, że prowadzi się w jej ramach zarówno:

a) **badania poznawcze**, których celem jest odkrycie praw przyrody rządzących rozpatrywanymi zjawiskami, jak i

b) **badania stosowane**, skierowane na opanowanie procesów fizycznych, dających się praktycznie wykorzystać.

Należy zwrócić uwagę na to, że przedstawiony podział dotyczy **bezpośredniego celu**, który badacz sobie stawia przystępując do pracy, a nie ostatecznych jej wyników. Dzieląc badania na dwie grupy, zdajemy sobie sprawę z tego, że podział ten nie jest ostry i mamy zwykle do czynienia z sytuacjami mieszanymi, pośrednimi. Dokonując wyboru tematu pracy poznawczej często kierujemy się perspektywą możliwych zastosowań, mimo że nie myślimy o rozwiązaniu żadnego konkretnego gospodarczego zamówienia. Mówi się też o badaniach podstawowych, rozumiejąc przez to badania, których wyniki mogą być gospodarczo użyteczne w dalszej, trudnej do dokładnego określenia przyszłości, w przeciwieństwie do badań stosowanych i wdrożeniowych, zwykle ujmowanych w pewne konkretne ramy czasowe.

Poznanie praw rządzących zjawiskami przyrody prowadzi prędzej czy później do ich opanowania i wykorzystania dla potrzeb człowieka i dlatego każda rzetelna działalność badawcza jest potencjalnie użyteczna. Zastosowania pozostają często bez związku z początkowymi zainteresowaniami uczonego. Dla przykładu wymienimy Roentgena; odkryte w 1895 r. promieniowanie, noszące dziś jego imię, znalazło wkrótce liczne zastosowania. Jednak celem poszukiwań Roentgena było zbadanie zjawisk towarzyszących wyładowaniom elektrycznym w rozrzedzonych gazach, a nie znalezienie sposobu prześwietlania nieprzezroczystych ciał. Z drugiej strony, nagromadzone w ostatnich kilku dziesiątkach lat doświadczenia, dobrze rozwinięte teorie fizyczne i nowoczesne metody organizacji pracy pozwalają stawiać w pewnych wypadkach określone, użyteczne cele badawcze i spodziewać się, że zostaną one wypełnione w części podjętych prac. Z reguły nie chodzi tu o dokonanie „odkryć na zamówienie”, a raczej o zrealizowanie użytecznego zjawiska już przepowiedzianego przez teorię lub sugerowanego przez doświadczenie, albo o praktyczne wykorzystanie i opanowanie znanych efektów. Współcześnie zapewne najdonioślejsze badania z określonym celem użytkowym (ale i nie bez aspektów poznawczych) dotyczą prób przeprowadzenia kontrolowanych reakcji termojądrowych. Na II Konferencji ONZ, poświęconej pokojowym zastosowaniom energii atomowej (Genewa, 1958), ujawniono część prac prowadzonych na ten temat przez wielkie mocarstwa. Niektórzy uczeni i działacze podawali wtedy optymistyczne, bliskie terminy sukcesu, to jest przeprowadzenia w warunkach ziemskich kontrolowanej reakcji „spa-

lenia" ciężkiego wodoru. Obecnie, po kilkunastu latach pracy, nikt już nie podaje żadnych konkretnych dat zakończenia tego przedsięwzięcia. Można sądzić, że Związek Radziecki wysunął się na tym polu na czoło, gdyż Amerykanie kopiują Tokamaka, ostatnie radzieckie urządzenie do wytwarzania i utrzymywania gorącej plazmy. Nie ulega wątpliwości, że reakcje termojądrowe zostaną przez ludzkość opanowane i wykorzystane, dostarczając taniego, łatwo dostępnego i praktycznie niewyczerpalnego źródła energii (ciężki wodór zawarty w litrze zwykłej wody dostarczy energii, którą obecnie otrzymuje się ze spalenia 265 litrów benzyny).

Otwierające się z opanowaniem energii termojądrowej wspaniałe perspektywy usprawiedliwiają wysiłek wkładany w badania. Równocześnie dotychczasowe doświadczenia w tej dziedzinie ostrzegają przed zbyt optymistycznym, pewnym siebie i zobowiązującym planowaniem badań naukowych.

Fizyka jest nauką otoczoną znacznym zainteresowaniem społeczeństwa. Wypowiadane bywają skrajne opinie o fizyce i fizykach, często o zabarwieniu emocjonalnym. Z jednej strony podkreśla się korzyści gospodarcze, jakie może przynieść fizyka dostarczając nowych źródeł energii oraz użytecznych zjawisk i materiałów, z drugiej — mówi się o wysokich kosztach wielu badań fizycznych i słabym ich związku z bieżącymi potrzebami przemysłu. Liczne, szeroko znane praktyczne zastosowania osiągnięć fizyki spowodowały rozpowszechnienie się poglądu, że wszyscy fizycy bądź robią (lub powinni robić) wynalazki, które ułatwiają nam życie, bądź też zajmują się nowymi rodzajami śmiercionośnych broni. Obecnie potrzeba pewnej odwagi, szczególnie w rozmowach z planistami, aby wyznać, że cel prowadzonych badań jest poznawczy, a praktyczna użyteczność wyników pracy nie stanowi motoru działania. Nie bez winy bywają fizycy, którzy dla wzmocnienia swej pozycji w rozmowach z działaczami gospodarczymi dają czasami do zrozumienia, że cała ich działalność jest poświęcona uzyskiwaniu bezpośrednio, gospodarczo użytecznych skutków. A może owa presja jest po prostu wyrazem potrzeb społecznych, a fizycy powinni jej się poddać, zaniechać badań podstawowych i ograniczyć się do takich, które są przedsięwzięte w celu rozwiązania konkretnych zadań, stawianych przez rozwijającą się gospodarkę? Aby móc na to odpowiedzieć, należy rozważyć, jakie jest miejsce i znaczenie fizyki.

ZNACZENIE FIZYKI

Nikt nie powinien wątpić o wartości pracy badawczej historyka, choć nie można jej wyników ocenić w złotówkach. Historyk nie tylko wzbogaca wiedzę o przeszłości, ale także wpływa na przyszłość ucząc nas, jakie działania i postawy społeczne były korzystne, a jakich należy unikać. Wiedza o przeszłości jest istotnym składnikiem świadomości i kultury narodowej, a w przypadku Polski z pewnością odegrała rolę w odzyskaniu bytu państwowego. Nauki przyrodnicze, mimo że tak odległe od historii, również dostarczają wartości wchodzące w skład ludzkiej kultury i światopoglądu³. Zwracaliśmy już uwagę na to, że stosowana w fizyce metoda analizy i opisu zjawisk ma znaczenie wykraczające poza samą tę naukę.

³ S. Szczeniowski: *Nowa fizyka a kultura wieku XX i XXI*, („Miesięcznik Literacki” nr 6, 1967, s. 100) zwraca uwagę na znaczenie matematyki i fizyki jako elementów kultury.

Podstawowe odkrycia fizyki, takie jak atomowa natura materii, są składnikiem współczesnej kultury i powinny być każdemu znane, podobnie jak prawda o kulistości Ziemi nie może być obca również tym, którzy nie wybierają się w podróż dookoła świata. Rozwój nauk ścisłych, sukcesy odniesione przy objaśnianiu, przewidywaniu i opanowywaniu zjawisk przyrody są przekonującymi dowodami materialności i poznawalności świata, skutecznie obalają pozostałości światopoglądu irracjonalnego i magicznego, skłaniają do ufego spojrzenia w przyszłość i zachęcają do zorganizowanego, społecznego działania w celu wykorzystania osiągnięć nauki i techniki. Znaczenie światopoglądowe ścisłych nauk przyrodniczych trafnie dostrzegli klasycy marksizmu, czego dowodem są obszernie fragmenty takich dzieł, jak *Dialektyka przyrody* Engelsa i *Materializm a empiriokrytycyzm* Lenina, zawierające analizę wpływu burzliwego rozwoju fizyki na umocnienie pozycji materialistycznych.

Szybki postęp fizyki w ciągu ostatnich stu lat spowodował, że wiele jej wyników z tego okresu nie zostało jeszcze opracowanych i wyłożonych w postaci dostępnej całemu wykształconemu społeczeństwu. Częściowo z winy popularyzatorów, szukających tanich efektów, niektóre odkrycia i teorie fizyczne bywają przedstawiane jako sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem, pełne paradoksów, nie do pojęcia dla laików. Taki stan rzeczy jest szkodliwy i będzie ulegał zmianie w miarę opracowywania metod nauczania i popularyzacji nowoczesnej matematyki i fizyki. Aby uwierzyć, że jest to możliwe, przynajmniej w pewnym stopniu, przypomnijmy, że nauczana w naszych szkołach podstawowych geometria, w czasach Euklidesa była znana i dostępna tylko niewielu wtajemniczonym.

Reasumując, stwierdzamy, że czysto poznawcze osiągnięcia fizyki wchodzą w skład naszej kultury niezależnie od swoich późniejszych zastosowań praktycznych. Z drugiej strony prawa fizyki i znajomość zasadniczych zjawisk przyrody leżą u podstaw całej techniki. Poczynając od maszyn prostych (dźwignia, klin, wielokrażek) i kończąc na silniku raketowym lub elektrowni jądrowej, urządzenia techniczne i przemysłowe procesy produkcyjne wykorzystują prawa fizyki. W wielu przypadkach „strona fizyczna” konstrukcji lub procesu jest tak prosta, albo od tak dawna wchodzi w skład wykształcenia inżynierów, że zapomina się o jej przyrodniczym rodowodzie. W miarę unowocześniania przemysłu w Polsce, będzie w nim wzrastał udział procesów technologicznych oraz urządzeń związanych ze zjawiskami fizycznymi odległymi od tych, które dane są w codziennym doświadczeniu i dotychczasowej praktyce inżynierskiej. Wynika stąd konieczność odpowiedniego przygotowywania kadr technicznych oraz zastępów fizyków, którzy podejmą pracę w zakładach produkcyjnych.

Znaczenie fizyki najłatwiej dostrzec wtedy, gdy prowadzi ona do odkryć znajdujących bezpośrednie zastosowanie i to wkrótce po ich dokonaniu. Nikt nie wątpi w zasługi Roentgena (promienie X), małżonków Marii Skłodowskiej i Piotra Curie (rad i polon), Bardeena, Brattaina i Shockleya (tranzystory), Townesa, Basowa i Prochorowa (masery i lasery). Wartość niektórych ich odkryć można nawet próbować obliczyć. Na przykład, pamiętając o tym, że lampy próżniowe są obecnie zastępowane przez tranzystory, można porównać koszty produkcji tych 2 rodzajów urządzeń elektronowych, uwzględnić oszczędności związane z mniejszymi wymiarami tranzystorów i oszacować efekty ekonomiczne podobnych wymiernych czynników. Oczywiście, trudniej będzie ocenić korzyści,

które wynikają z budowy zespołów, niewykonalnych w ramach poprzedniej technologii, np. bardzo dużych maszyn cyfrowych. Zupełnie już niemożliwe jest przeliczenie na złotówki wartości podstawowych osiągnięć⁴, otwierających całe dziedziny badań wieńczonych licznymi praktycznymi zastosowaniami. Bywa również tak, że zastosowania, które miał na uwadze autor pracy, ustępują po pewnym czasie w cień wobec innych, znacznie donioślejszych. Tak było ze zjawiskiem promieniotwórczości, początkowo stosowanym głównie do leczenia pewnych chorób nowotworowych. Dziś izotopy radioaktywne są używane do wielu celów, a energetyka jądrowa, która wyrosła z badań nad promieniotwórczością, będzie wkrótce odgrywała pierwszorzędną rolę na całym świecie. Wreszcie, w przeszłości często było tak, że badania, które z punktu widzenia ówczesnego stanu wiedzy wydawały się dotyczyć zjawisk marginesowych i przebiegać obok głównego nurtu zainteresowań, po pewnym czasie zajmowały miejsce centralne i przynosiły liczne praktyczne korzyści. Na przełomie XIX i XX w. węzłowymi wydawały się np. zagadnienia sprawności maszyn parowych, silników elektrycznych i prądnic, natomiast prace na temat promieniotwórczości, zjawiska fotoelektrycznego lub widm atomowych mogły być uważane za ciekawostki, którymi zajmują się oderwani od życia uczeni. Jednak z tych ostatnich prac wyrosła cała fizyka jądrowa i fizyka ciała stałego, z bogactwem zastosowań technicznych. Byłoby chyba zartuzumiałstwem sądzić, że my dziś wiemy lepiej i potrafimy z pewnością odróżnić kierunki badań z perspektywą zastosowań od takich, które jej w ogóle nie posiadają. Zresztą samo przypuszczenie, że istnieje w naukach ścisłych wiedza zupełnie bezużyteczna nie wytrzymuje próby egzemplifikacji. Natomiast badania mogą być dobre lub złe, zależnie od tego, czy dostarczają nowych wartości: poznawczych lub użytkowych, czy też ich nie dostarczają.

Z przytoczonej tu krótkiej charakterystyki badań fizycznych i podanych przykładów wynika, że powinniśmy prowadzić w Polsce oba rodzaje działalności, tzn. prace poznawcze i stosowane. Ostatnie uchwały władz partyjnych i rządowych słusznie kładą nacisk na rozwój badań stosowanych, związanych z potrzebami naszej gospodarki. Wynikająca stąd potrzeba współpracy fizyki z techniką przyniesie korzyść obu stronom, gdyż przenikanie metod i osiągnięć zachodzi między tymi działaniami w obu kierunkach. Należy jednak dołożyć starań, aby praktyczna realizacja tych uchwał nie doprowadziła, wbrew intencjom kierownictwa życia naukowego w Polsce, do ograniczenia badań podstawowych, które i tak borykają się z poważnymi trudnościami, szczególnie w dziedzinie zaopatrzenia w aparaturę naukową i dostępu do maszyn cyfrowych.

Gwałtowny wzrost liczby pracowników naukowych⁵, postępująca specjalizacja oraz przechodzenie w badaniach do zjawisk bardziej skomplikowanych i zachodzących w warunkach odmiennych od panujących w naszym otoczeniu, wszystkie te czynniki powodują, że większość prowadzonych obecnie prac w fizyce ma charakter wycinkowy, posuwa wiedzę niewielkimi krokami naprzód i to zwykle wtedy, gdy towarzyszy im postęp na innych, sąsiednich odcinkach. Badania są prowadzone coraz częściej

⁴ Trudność ta bywa lapidarnie wyrażana w postaci pytania: ile warte są prawa Newtona?

⁵ Według D. J. de Solla Price'a (*Mała nauka — wielka nauka*, PWN, 1967), liczba naukowców podwaja się ostatnio co 10—15 lat, natomiast liczba wybitnych fizyków — co 20 lat.

zespołowo, nieraz przy udziale specjalistów pracujących w różnych ośrodkach. Wielkie syntezy naukowe są ostatnio rzadkie, a doniosłe odkrycia — zapewne niemniej częste niż kiedyś, ale „liczba pracowników na odkrycie” jest dziś znacznie większa niż przed stu lub pięćdziesięciu laty. Przyczyną tego jest zaawansowanie procesu poznania; owoce leżące na dolnych gałęziach drzewa wiedzy zostały już zerwane, dziś sięgamy nie tylko po dalsze, ale chcemy również zobaczyć kształt korzeni.

FIZYKA A TECHNIKA

Okazuje się, że mimo zasadniczych trudności z przewidywaniem wyników prac naukowych⁶ można w niektórych, dość dobrze rozwiniętych dziedzinach, przeprowadzić badania zmierzające do określonego, praktycznie użytecznego celu. Takie badania stosowane wykonywane są zwykle dla potrzeb techniki, często przez inżynierów lub przy ich współudziale. Używa się także nazwy „fizyka techniczna” na określenie badań fizycznych prowadzonych z myślą o zastosowaniu w technice. Nie będziemy tutaj rozważać czy nazwa ta jest odpowiednia, ani w którym miejscu — i czy w ogóle — przeprowadzać linie podziału między fizyką „czystą”, fizyką techniczną, a samymi naukami technicznymi.

Przyszła harmonijna współpraca między fizykami a inżynierami ma niemałe znaczenie dla rozwoju nowoczesnego przemysłu i badań naukowych w Polsce. Powinna się ona opierać na wzajemnym zrozumieniu potrzeb i możliwości, uwzględnianiu roli badań poznawczych, podejmowaniu przez fizyków, na właściwym terenie, badań dla potrzeb przemysłu i udzielaniu pomocy przy wdrażaniu ich wyników.

Prowadzenie prac nad zastosowaniami fizyki w technice stanowi tylko część wzajemnych powiązań między naukami przyrodniczymi i technicznymi. Szczególnie ważną rolę odgrywa chemia. Nie mogąc, z braku miejsca, zajmować się dokładniej tym doniosłym zagadnieniem, chcielibyśmy podkreślić obustronny charakter korzyści wynikających z tych powiązań, a więc także możliwości, jakie nowoczesna technika otwiera przed nauką. Widać to dobitnie na przykładzie rozwoju fizyki i astronomii w ostatnich kilku dziesiętniach lat. Radiotechnika, która wyrosła z podstawowych prac fizycznych Maxwella i odkrycia fal elektromagnetycznych przez Hertza doprowadziła do rozwoju telewizji, radiolokacji i techniki mikrofal. Te ostatnie działy znalazły wiele zastosowań czysto naukowych: wiąże się z nimi konstrukcja masera, powstanie radioastronomii oraz rozwój nowoczesnych metod pomiarowych. Skomplikowana aparatura elektroniczna wchodzi dziś w skład każdego laboratorium fizycznego.

Nauki przyrodnicze dostarczają czasami technice niemal „gotowych produktów”: pomysłów urządzeń i procesów technologicznych, nowych źródeł energii i surowców. Nie wyczerpuje to roli nauki w technice: cała działalność inżynierska jest w istocie praktycznym stosowaniem mechaniki, fizyki i chemii, przy użyciu metod matematycznych i w ryzach surowych praw ekonomii. Związek między nauką a techniką, w którym przyrodniczy występują jako odkrywcy i popularyzatorzy podstawowych praw i zjawisk, a inżynierowie — jako ich twórczy użytkownicy, ma

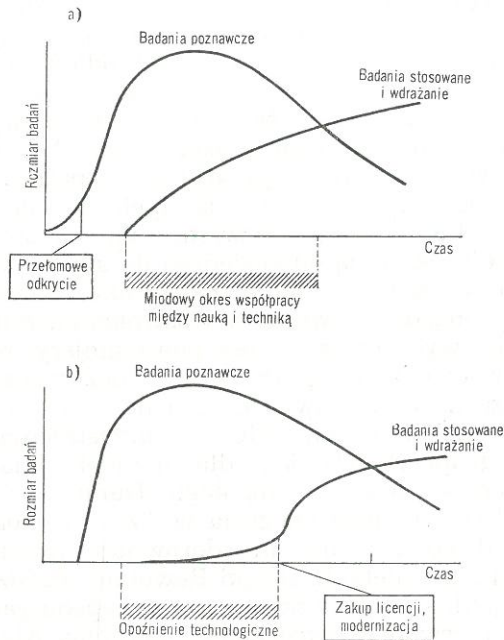
⁶ Autora kusi, aby dopatrywać się tu działania pewnego rodzaju zasady komplementarności: im ambitniejsze przedsięwzięcie naukowe, tym je trudniej zaplanować i przewidzieć wyniki; na odwrót, odkrycia są zwykle tym ciekawsze i bardziej brzemienne w skutki im mniej spodziewane.

nie mniejsze znaczenie niż ten, w którym technika występuje w roli odbiorcy gotowych pomysłów. Z tego jednak wynika, że nawet biorąc pod uwagę jedynie względy czysto użyteczne, dla dobra postępu technicznego należy rozwijać także badania podstawowe. Świadome tego jest nie tylko kierownictwo gospodarki radzieckiej, ale także wielki przemysł najbardziej rozwiniętych państw kapitalistycznych, głównie Stanów Zjednoczonych. Niedocenianie nauki przez rządy i przemysł większości państw Europy zachodniej jest uważane za jedną z głównych przyczyn „opóźnienia technologicznego” w stosunku do USA⁷. Za miarę tego opóźnienia przyjmuje się bilans patentowy — różnicę między wartością kupowanych i sprzedawanych licencji technicznych. Taki kraj, jak Polska, wkraczający na drogę selektywnego unowocześniania przemysłu, powinien rozpocząć od zakupu wybranych licencji, równocześnie rozwijając badania naukowe, tak aby po pewnym czasie móc oprzeć się na własnych opracowaniach technologicznych i udoskonaleniach. Zaniedbując badania, zostalibyśmy skazani na nieustanne kupowanie obcych osiągnięć i związaną z tym ekonomiczną zależność. Wymienia się czasami Japonię, jako przykład kraju o bardzo szybkim wzroście produkcji i dochodu narodowego, kraju, w którym wielka nauka nie wpływa w zasadniczy sposób na przemysł. Ostatnie analizy (patrz artykuł E. Moonmana cytowany w naszej prasie) sugerują jednak, że japoński cud gospodarczy nie ma perspektyw aż tak dobrych, jak się uprzednio wydawało. Japonia w okresie powojennym oparła rozwój swojej gospodarki głównie na masowym wytwarzaniu towarów na podstawie zagranicznych (przeważnie amerykańskich) licencji, przy wykorzystaniu taniej siły roboczej, zaniedbując finansowanie badań podstawowych oraz inne potrzeby. Wstrzymując przekazywanie Japonii swoich osiągnięć technicznych, Stany Zjednoczone mogą zahamować rozwój japońskiej gospodarki.

Dzieląc na podstawie wyjściowych celów badania na poznawcze i stosowane, nie wolno nam zapominać o możliwości i potrzebie współpracy między naukowcami prowadzącymi oba te rodzaje działalności. W związku z tym, że badania stosowane mają dostarczać praktycznie użytecznych wyników, plany tych badań powinny uwzględniać aktualny stan i zdolności wdrożeniowe przemysłu. W krajach rozwiniętych zdarza się, że odkrycie dokonane w trakcie prowadzenia badań podstawowych znajduje zastosowanie i przechodzi od razu do sfery zainteresowań techniki. W krajach o niższym stopniu rozwoju, wraz z rozpoczęciem badań stosowanych i wdrożeniowych może być konieczne zmodernizowanie i przebudowa odpowiedniej gałęzi przemysłu. Z drugiej strony badania poznawcze podlegają na całym świecie „prawu naczyń połączonych”: mają one wartość tylko wtedy, gdy są prowadzone na poziomie odpowiadającym aktualnej wiedzy w danej dziedzinie. Może się zdarzyć, że zainteresowania poznawcze naukowców przesuną się na inne zjawiska, zanim pewne odkrycie będzie miało szansę zostać przyswojone przez gospodarkę narodową. Powstaje wtedy niekorzystny dystans między bieżącymi badaniami naukowymi a potrzebami przemysłu. W schematyczny i uproszczony sposób próbowaliśmy przedstawić istotę tego problemu na rysunku. Tego rodzaju zjawiskom można przeciwdziałać inicjując we właściwym czasie badania stosowane w tych dziedzinach, które przydadzą się przy lub po zamie-

⁷ J. J. Servan-Schreiber: *Le défi américain*, Paris 1967. P. Vellas: *L'Europe face à la révolution technologique américaine*, Dunod, Paris 1969.

rzoney modernizacji przemysłu. Należy natomiast unikać takich sytuacji, jak te, kiedy po zakończeniu badań okazuje się, że ich wyniki nie mają szansy zastosowania w bliskiej przyszłości, ani u nas, ani u naszych sojuszników. W zasadzie skorelowanie badań stosowanych z rozwojem przemysłu nie powinno być trudne w warunkach socjalistycznej gospodarki planowej.



Schematyczne wykresy obrazujące rozwój w czasie badań dotyczących wąskiego tematu w kraju wysoko rozwiniętym (a) i mniej rozwiniętym (b). Rozmiar badań może być mierzony liczbą prowadzących je pracowników, liczbą publikacji i nakładami na badania. W kraju mniej rozwiniętym wdrażanie wyników badań rozpoczyna się z opóźnieniem, ponieważ przemysł nie jest początkowo do tego przygotowany.

DLA KOGO PRACUJĄ FIZYCY?

Na tak ogólnie postawione pytanie odpowiedź nie jest trudna. Podobnie jak przedstawiciele innych zawodów, fizycy wytwarzają wartości społecznie użyteczne, a więc pracują dla społeczeństwa, które z kolei stwarza im odpowiednie do tego warunki. Staraliśmy się tu wykazać, że społecznie użyteczne są zarówno te wyniki, które bezpośrednio i dziś znajdują praktyczne zastosowanie w gospodarce, jak i czysto poznawcze osiągnięcia fizyki. Fizyka zaspokaja jedną z typowo ludzkich cech, jaką jest potrzeba poznania i rozumienia otaczającego świata.

Prawdziwych naukowców — podobnie jak innych twórców — cechuje wielka pasja i zaangażowanie w wykonywaną pracę, która często stanowi

dla nich najważniejszą rzeczą w życiu. Czysto subiektywnie rzecz biorąc, naukowiec pracuje dla siebie, w tym sensie, że wewnętrzna potrzeba poszukiwań naukowych zwykle stanowi dla niego bodziec silniejszy od społecznej użyteczności wyników pracy oraz związanego z tą pracą wynagrodzenia. Ten stan rzeczy nie powinien nikogo martwić dopóty, dopóki jest pewność, że niezależnie od subiektywnych pobudek działalności uczonego, wyniki jego pracy będą użyteczne społecznie, choć niekoniecznie gospodarczo.

Czy nie może jednak zdarzyć się tak, że wyniki pracy polskiego uczonego zostaną wykorzystane najpierw poza granicami kraju, np. w Stanach Zjednoczonych, zwiększając jeszcze bardziej odległość, jaka dzieli nas od gospodarczej czołówki świata? Tego rodzaju obawy, wynikające zapewne z poczucia niższości wobec Zachodu i braku wiary we własne siły, pojawiają się od czasu do czasu na łamach prasy. Aby rozproszyć obawy i sformułować pewne wnioski na przyszłość rozpatrzmy dokładniej tę kwestię. Podstawowe osiągnięcia nauk ścisłych wzbogacają ogólnoludzką skarbnicę wiedzy, z której czerpią wszystkie narody stosownie do swoich potrzeb, a do której dokładają odpowiednio do swoich możliwości. Słusznie szcycimy się dziełem Mikołaja Kopernika, naszego największego uczonego i twórcy podstaw nowoczesnej astronomii, mimo że klimatyczne warunki Polski wykluczają u nas poważniejszy rozwój obserwacji astronomicznych w dziedzinie optycznej. Nie bez znaczenia dla Polaków powinno być to, że na całym świecie studenci matematyki uczą się nie tylko o „przestrzeniach Banacha”, ale i o „przestrzeniach polskich”, tak nazwanych przez grupę Bourbakiego dla upamiętnienia wkładu naszych matematyków w rozwój analizy i topologii. Dumni też jesteśmy z Marii Skłodowskiej-Curie i roli, jaką odegrała w fizyce i chemii jądrowej, mimo że stan tych dziedzin u nas nie dorównuje jeszcze ich poziomowi w krajach bardziej rozwiniętych. Dzięki Rewolucji Październikowej, opracowana przez Rosjanina Ciołkowskiego teoria napędu raketowego została uwieńczona lotem pierwszego radzieckiego sputnika. Ale czy można winić Ciołkowskiego za wyczyny pana von Brauna?

Własny wkład do nauki, obok wkładu w światową literaturę i sztukę, jest dla każdego narodu jednym z najcenniejszych jego skarbów, dobitnym świadectwem tradycji kulturalnych i poziomu umysłowego społeczeństwa, jednym z elementów, wokół których skupia się świadomość narodowa. W ustroju socjalistycznym nauki przyrodnicze, ze względu na ich znaczenie światopoglądowe, znajdują się blisko pierwszych szeregów frontu ideologicznego, a osiągnięcia badawcze są probiezmem korzyści, jakie daje demokratyzacja oświaty, planowanie i państwowy mecenat nad nauką.

Badania techniczne, stosowane i rozwojowe, powinny być prowadzone w ścisłym związku z realnymi potrzebami i możliwościami wdrożeniowymi przemysłu krajów RWPG, gdyż w przeciwnym razie mogłyby się zdarzyć tak, że ich wyniki zostałyby najpierw wykorzystane przez naszych konkurentów lub przeciwników. Użyliśmy jednak celowo trybu warunkowego, ponieważ nawet te odkrycia, które nie zostają u nas od razu wprowadzone do produkcji, mogą być przedmiotem korzystnych transakcji, pod warunkiem zapewnienia ochrony patentowej. Decyzje w tego rodzaju sprawach powinny opierać się na rachunku ekonomicznym uwzględniającym nakłady na badania, wysokość opłat patentowych oraz szanse i wielkość zysków ze sprzedaży praw do używania wyników badania.

WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Koszt badań naukowych stale wzrasta. W fizyce wiąże się to z przechodzeniem do badania sytuacji coraz odleglejszych od tych, które mamy w naszym bezpośrednim otoczeniu, co wymaga wciąż wyższych energii cząstek, silniejszych pól magnetycznych, skrajnych ciśnień i temperatur. Nawet bogate państwa stają coraz częściej przed koniecznością wyboru pomiędzy nowymi projektami badawczymi. Niektóre dziedziny dzisiejszej „wielkiej nauki” są po prostu niedostępne dla pojedynczych małych i średnich krajów. Do takich dziedzin należą z pewnością badania przestrzeni kosmicznej. Właściwym i wypróbowanym rozwiązaniem tych trudności jest współpraca międzynarodowa. Szczególne więzy przyjaźni i współpracy ze Związkiem Radzieckim oraz krajami demokracji ludowej stawiają nas pod tym względem w sytuacji korzystniejszej niż ta, w jakiej znajdują się gospodarczo porównywalne z nami kraje kapitalistyczne. W dziedzinie fizyki należy rozważać dwa rodzaje współpracy w ramach zespołu europejskich państw socjalistycznych.

Po pierwsze, dziedziny wymagające największych inwestycji i środków mogą być przedmiotem współpracy jedynie pod warunkiem, że bierze w niej udział Związek Radziecki i większość pozostałych krajów socjalistycznych. Jak wiadomo, od pewnego czasu Związek Radziecki udostępnia nam miejsce w niektórych swoich sztucznych satelitach o przeznaczeniu naukowym, co umożliwia przeprowadzenie pewnych eksperymentów, głównie w dziedzinie fizyki promieni kosmicznych. Dotychczas najszerszej rozwinięta i najbardziej owocna jest współpraca w dziedzinie fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, realizowana przez nasz udział w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych. Dzięki tej współpracy fizycy polscy mają dostęp do unikalnej aparatury naukowej w ZIBJ w Dubnej, a od niedawna — także do najpotężniejszego na świecie akceleratora protonów w Sierpuchowie.

Po drugie, należy dążyć do współpracy także w mniejszych grupach państw, wtedy gdy chodzi o inwestycje średniej wielkości, a więc np. w dziedzinie badań jądrowych niskich i średnich energii, w fizyce ciała stałego, optyce i elektronice. Przykładem takiej współpracy jest powstanie międzynarodowego laboratorium niskich temperatur i silnych pól magnetycznych we Wrocławiu.

Preferując współdziałanie z krajami socjalistycznymi nie należy lekceważyć korzyści, jakie dają kontakty naukowe z ośrodkami w innych państwach. W ostatnich latach bardzo pożyteczna była wymiana naukowców i współpraca z Europejskim Ośrodkiem Badań Jądrowych (CERN) w Genewie, z Międzynarodowym Instytutem Fizyki Teoretycznej w Trieście oraz wieloma uczelniami i instytutami w krajach skandynawskich, Francji, Anglii, Włoszech i Stanach Zjednoczonych.

Rola współpracy naukowej z zagranicą nie ogranicza się do wykorzystywania unikalnej aparatury i zespoleń wysiłków w prowadzeniu kosztownych badań. Daleko posunięta specjalizacja w dziedzinie nauki powoduje, że większość ważnych kierunków osiąga najwyższy stopień rozwoju tylko w nielicznych ośrodkach. Żadne formy pracy naukowej nie dają tych korzyści, co bezpośredni udział w dobrym zespole badawczym. Wyjazdy za granicę są więc konieczne, jeśli chcemy kształcić specjalistów na najwyższym poziomie, szczególnie w deficytowych kierunkach, jeśli chcemy zaszczeplić na naszym terenie nowe metody badań i śledzić po-

stęp w najszybciej rozwijających się działach. Podobny pożytek przynoszą nam wizyty wybitnych naukowców zagranicznych i stała wymiana publikacji oraz wstępnych opracowań wyników badań o charakterze podstawowym. Aby móc w pełni wykorzystywać osiągnięcia nauki światowej, musimy mieć dostęp do fachowych czasopism zagranicznych. Sytuacja w tej dziedzinie wymaga poprawy.

Jedną ze skuteczniejszych form podwyższania kwalifikacji młodych pracowników naukowych są międzynarodowe szkoły letnie i zimowe, stale organizowane w wielu krajach, w tym w Polsce. Wykładowcami w tych specjalistycznych szkołach są często wybitni uczeni, z którymi w inny sposób nasi młodzi pracownicy zapewne nigdy by się nie zetknęli. Należy w przyszłości szerzej wykorzystywać możliwości dokształcania się i specjalizacji związane z uczestnictwem w tego rodzaju szkołach.

Czynny udział polskich fizyków w międzynarodowych kongresach, wykłady wygłaszane na zaproszenie zagranicznych uczelni i publikowanie prac w czasopismach o dużym prestiżu naukowym — oto skuteczne formy dokumentowania naszego wkładu w rozwój światowej nauki, dowodzące wysokiego poziomu badań w Polsce Ludowej.

FIZYKA W POLSCE

Wkład Polaków w rozwój nauk ścisłych rozpoczął się już w XIII w., kiedy działali Ślązacy: Witelo, autor traktatu o optyce, i astronom Franko Polak. Później wielką rolę odegrała Akademia Krakowska i jej szkoła matematyków i astronomów (Marcin Król z Żurawicy, Jan z Głogowa, Wojciech z Brudzewa i in.). W końcu XV w. sława krakowskiej szkoły astronomicznej ściągała do Akademii studentów z całej Europy; wtedy też kształcił się tam Mikołaj Kopernik. W drugiej połowie XVI w. Akademia Krakowska była jedyną europejską uczelnią, na której otwarcie uznawano teorię heliocentryczną Kopernika i prowadzono na jej temat wykłady. Europejską sławę zdobył na przełomie XVI i XVII w. alchemik Michał Sędziwój, prekursor obecnych poglądów na rolę tlenu w procesie spalania i oddychania. W XVII w. naukę Kopernika kontynuował Jan Brożek, w Gdańsku działał wybitny astronom Jan Heweliusz, a Adam Kochański podał dobre przybliżenie kwadratury koła. W XVIII w. powstają nowoczesne obserwatoria astronomiczne w Wilnie, Krakowie i Poznaniu oraz pracownia fizyczna w Warszawie, zorganizowana przez pijara Antoniego Wiśniewskiego. Utrata niepodległości, a szczególnie represje po powstaniu listopadowym, utrudniły rozwój życia naukowego w Polsce. Zmiany na lepsze i ożywienie działalności naukowej nastąpiły dopiero w latach 60-tych XIX w., kiedy powstała Szkoła Główna, a później Kasa im. Miąnowskiego. Ograniczając się do fizyki, oprócz Marii Skłodowskiej-Curie, należy z końca XIX w. wymienić prace Zygmunta Wróblewskiego, który wraz z chemikiem Karolem Olszewskim po raz pierwszy na świecie skroplił większe ilości tlenu i azotu. Marian Smoluchowski, wybitny fizyk-teoretyk, którego twórczość przypada na przełom XIX i XX w., niezależnie od Einsteina podał teorię ruchów Browna. Jego prace na temat molekularno-kinetycznej teorii budowy materii miały poważne znaczenie światopoglądowe, przyczyniając się do ugruntowania idei o realnym istnieniu atomów i cząsteczek. W okresie międzywojennym na poziomie światowym rozwinęła się w Polsce fizyka doświadczalna, a szczególnie optyka. Mieczysław Wolfke opracował teoretyczne podstawy holografii

na wiele lat przed jej praktycznym urzeczywistnieniem, a Czesław Białobrzeski jako pierwszy uwzględnił wpływ ciśnienia promieniowania na równowagę gwiazd — oto tylko przykłady osiągnięć z tego okresu.

Po drugiej wojnie światowej bazę materialną fizyki doświadczalnej trzeba było tworzyć niemal od zera. Równocześnie rozwój fizyki i przewidywane potrzeby kraju wymagały uruchomienia w Polsce badań w kierunkach niemal wcale dotychczas u nas nie uprawianych, przede wszystkim w fizyce ciała stałego i różnych działach fizyki i techniki jądrowej. Udało się tego dokonać dzięki ogromnemu wysiłkowi pracowników naukowych i opiece, jaką państwo otaczało ich działalność. Dzięki temu w wielu dziedzinach fizyki możemy się poszczycić w minionym 25-leciu osiągnięciami na skalę światową. W fizyce teoretycznej dużą rolę odegrała warszawska szkoła Leopolda Infelda. W fizyce doświadczalnej najlepiej rozwijają się u nas niektóre działy fizyki ciała stałego, w tym badania przy użyciu metod jądrowych, fizyka cząstek elementarnych, promieni kosmicznych, jądra atomowego i optyka. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego opracowania i brak odpowiedniej perspektywy czasowej, nie podejmujemy tu próby szczegółowego wyliczenia osiągnięć polskich fizyków w okresie powojennym. Prowadzone są również liczne prace na pograniczu fizyki (astrofizyka, biofizyka, chemia fizyczna, geofizyka) oraz z dziedziny fizyki technicznej i zastosowań, np. metod jądrowych w różnych działach przemysłu, w geologii i geofizyce, prace nad technologią materiałów półprzewodnikowych i magnetycznych.

Wydaje się, że wachlarz reprezentowanych w Polsce badań fizycznych w zasadzie odpowiada naszym obecnym możliwościom i potrzebom. Są to wszystkie kierunki z przyszłością i powinny być rozwijane, z tym, że szczególną opieką należy otoczyć szeroko rozumianą fizykę ciała stałego, a to m.in. ze względu na liczne bezpośrednie zastosowania i perspektywiczne znaczenie dla preferowanego u nas przemysłu elektronicznego. Podobne uwagi dotyczą fizyki jądrowej niskich energii. Wydaje się, że zasada koncentracji badań na niewielu wybranych kierunkach powinna w mniejszym stopniu dotyczyć prac teoretycznych niż doświadczalnych. Fizyka teoretyczna jest tania, a prowadzone w jej ramach szerokim frontem badania umożliwiają utrzymywanie łączności z postępowaniem nauki światowej i zapewniają istnienie rezerwy kadry naukowej. Podobnie jest z badaniami w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych i wysokich energii, które opierają się głównie na materiale doświadczalnym otrzymywanym z zagranicy. Na większą niż dotąd uwagę zasługują dyscypliny z pogranicza fizyki, takie jak biofizyka i astrofizyka. Pomyślnie warunki rozwoju powinna mieć astrofizyka relatywistyczna i kosmologia, gdyż mamy w Polsce silne grupy badawcze w dziedzinie teorii grawitacji i klasycznej astrofizyki, a zbliżająca się rocznica kopernikowska zobowiązuje nas do otaczania opieką astronomii. Trzeba dążyć do poważnego zwiększenia liczby i podniesienia jakości prowadzonych prac stosowanych, bez uszczerbku dla badań poznawczych. Badania podstawowe, w tym także badania o celach czysto poznawczych, powinny być prowadzone w uczelniach (przede wszystkim w uniwersytetach) i placówkach PAN, natomiast badania stosowane i prace wdrożeniowe — częściowo w uczelniach technicznych, w instytutach resortowych i laboratoriach przyfabrycznych. W miarę rozwoju i modernizacji odpowiednich gałęzi przemysłu, te ostatnie jednostki będą nabierać coraz większego znaczenia, zatrudniając licznych specjalistów z różnych dziedzin nauk ścisłych. W niektórych dyscy-

plinach pożądany jest bezpośredni udział fizyków z uczelni i PAN w pracach stosowanych, co może być realizowane przez tworzenie specjalnych form organizacyjnych współpracy z przemysłem. Rozwiązanie konkretnych problemów technicznych nie powinno stanowić głównej części prac prowadzonych w PAN, ani tym bardziej w uniwersytetach, gdyż taki stan rzeczy odbiłby się niekorzystnie na długofalowym rozwoju nauki, a więc i gospodarki, oraz uniemożliwiłby szkolenie kadr o dostatecznie szerokim wykształceniu podstawowym. Występując do placówek naukowych z inicjatywą podjęcia tematów związanych z rzeczywistymi potrzebami, przemysł będzie wpływał na kierunki badań i zapobiegał prowadzeniu prac stosowanych, których wyniki muszą czekać zbyt długo na wdrożenie. Ważną formą współpracy uczelni i Akademii z przemysłem jest wymiana stażystów oraz organizowanie studiów doktoranckich i innych sposobów dokształcania specjalistów.

Zasadniczej poprawy będzie wymagała baza materialna fizyki, zarówno budynki jak i aparatura. Wyłączając z rozważań bardzo wielkie inwestycje, w których możemy brać udział jedynie w ramach szerokiej współpracy międzynarodowej, należy zwrócić uwagę na braki w dziedzinie dużych i średnich urządzeń unikalnych, a nawet aparatury standardowej. W bliskiej przyszłości należy rozwiązać sprawę dostępu fizyków do dużych maszyn cyfrowych, używanych dziś we wszystkich niemal nowoczesnych badaniach.

Zrozumiałe jest, że dalszy intensywny rozwój nauki będzie wymagał częstych decyzji wyboru między różnymi kierunkami. Takie decyzje odnośnie nauk podstawowych są szczególnie trudne — nikt nie może z pewnością przewidzieć gdzie ani kiedy nastąpią ważne odkrycia. Jednym z kryteriów wyboru może być ocena wpływu, jaki dana dyscyplina wywiera na sąsiednie działy nauki. Podstawą podejmowanych przez odpowiednie władze państwowe decyzji w tej dziedzinie powinna być dyskusja w gronie specjalistów, którym należy umożliwić przedkładanie wniosków i zabieranie głosu na temat konkretnych zagadnień polityki naukowej, a nie tylko opracowywanie długofalowych prognoz rozwojowych, co robią obecnie komitety PAN.

ROLA UNIWERSYTETU

Nie sposób przecenić znaczenia uniwersytetów w rozwoju europejskiej kultury i cywilizacji. W Polsce najlepiej o tym świadczy rola, jaką odegrała Akademia Krakowska w XV i XVI w., ale nawet krótki okres działalności Szkoły Głównej miał wpływ na życie umysłowe Warszawy. Burzliwy rozwój wiedzy i postępująca specjalizacja spowodowały w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat wielkie zmiany w strukturze uniwersytetów, doprowadzając do pewnego rozluźnienia wewnętrznych więzi i wzajemnych wpływów jednych dyscyplin na drugie. Mimo to, wydaje się nie ulegać wątpliwości rola jaką mają do spełnienia także w przyszłości uniwersytety, skupiające w swoich murach humanistów, matematyków i przyrodników. Ich działalność łączy wspólnie, w ogólnych zarysach, metody szkolenia, poznawcze cele prowadzonych badań i funkcje ogólnokulturalne.

W związku z tym, że specjalizacja jest głównym czynnikiem dezyntegrującym uniwersytety, rozpatrzmy dokładniej jej wpływ na same dyscypliny szczegółowe i zastanowimy się nad sposobami przeciwdziałania

związany z nią niekorzystnym zjawiskom. Dobrze wiadomo, że proces podziału nauk i powstawanie oddzielnych gałęzi wiedzy posunął się w ostatnim okresie poważnie naprzód. W niektórych wypadkach odrębność nowych dziedzin jest tak wyraźna, że tworzy się dla nich oddzielne kierunki studiów, jak na przykład studia biofizyki na Uniwersytecie Warszawskim lub elektroniki na Politechnice. Daleko idący podział zakresu badań i zróżnicowanie stosowanych metod zachodzi również wewnątrz dyscyplin uznawanych tradycyjnie za jedną całość. Szczególnie wąsko specjalizuje się znaczna większość pracowników twórczych, prowadzących badania naukowe. Konieczność takiego zawężania warsztatu pracy wynika z ogromu materiału, który należy przyswoić przed rozpoczęciem poszukiwań, a także stąd, że nowoczesne badania prowadzi się przy pomocy specjalnej aparatury i metod dostosowanych do rozwiązywania określonych zagadnień.

Przytacza się często następujący argument na rzecz potrzeby specjalizacji, szczególnie w naukach ścisłych: zdaniem wielu okres, kiedy umysł jest najbardziej twórczy i płodny w nowe idee przypada u człowieka na lata od 25 do 35 roku życia. (Warto przypomnieć, że większość znanych fundacji nie przyznaje stypendiów naukowcom, którzy ukończyli 35 lat). W związku z tym należy uczynić wszystko, aby umożliwić prowadzenie badań właśnie w tym okresie. Studia wyższe rozpoczyna się w 18 roku życia, pozostaje więc niewiele czasu na przygotowanie do samodzielnej pracy. Wynika z tego potrzeba stosunkowo wczesnego ograniczenia zakresu studiów i wytyczenia wąskiej ścieżki, wiodącej bezpośrednio do pierwszych linii frontu aktualnie prowadzonych badań naukowych.

Specjalizacja umożliwia zatem pracownikom naukowym wczesne włączenie się do działalności twórczej. Z roku na rok rośnie liczba czynnych badaczy i publikowanych prac. Zjawisko to zmusza z kolei do jeszcze węższej specjalizacji. Można zauważyć tu pewnego rodzaju „sprężenie zwrotne”: specjalizacja sprzyja osiąganiu wyników naukowych, a wzrost liczby prowadzonych prac skłania do dalszego zawężania pola poszukiwań. Chwila zastanowienia wystarczy, aby przekonać się, że w procesie tym tkwi poważne niebezpieczeństwo. Chodzi o to, że wiele interesujących idei oraz osiągnięć naukowych powstaje obecnie właśnie na styku różnych dyscyplin, w wyniku stosowania metod jednej dziedziny wiedzy do rozwiązywania zagadnień wysuwanych w innych działach. Wiadomo powszechnie, jakie znaczenie ma teraz chemia w biologii lub metody matematyczne w ekonomii. Zbyt wąska specjalizacja może zahamować lub utrudnić badania wymagające łączenia kilku gałęzi wiedzy. Co więcej, wszystkie wielkie teorie naukowe mają charakter uogólniający, obejmują i tłumaczą grupy zjawisk, które przed powstaniem tych teorii wydawały się być nie powiązane. Nowe teorie posługują się często aparatem pojęciowym i metodami dotychczas nie stosowanymi w danej dziedzinie nauki. Uczni, którzy je tworzą, odznaczają się szerokimi horyzontami, umieją dostrzec analogie między odległymi od siebie zjawiskami i mają odwagę przełamywać panujące poglądy. Żadnego z nich nie można określić mianem wąskiego specjalisty. Trudno się spodziewać, aby w przyszłości mogło być inaczej. Wynika stąd obawa o dalsze losy nauki: obecny stan rzeczy sprzyja badaniom szczegółowym, ale coraz rzadziej spotyka się umysły zdolne ogarnąć szerokie dziedziny wiedzy. W związku z tym wydaje się, że gdyby miał utrzymać się dzisiejszy kierunek rozwoju, to powstałyby warunki coraz mniej sprzyjające budowaniu nowych, głębo-

kich teorii. Nauka mogłaby utonąć w powodzi faktów, błahych wyników i zbędnych publikacji.

Nadmierna, wąska specjalizacja wywołuje również niepożądane zjawiska socjologiczne w środowisku naukowym. Pojawiają się tendencje do sztucznego dzielenia pracowników na grupy według specjalności, w dowolny sposób wartościuje się różne dziedziny wiedzy, toczy się jałowe spory o to, czy działalność profesora X zaliczyć do nauki A, B czy C.

Aby uniknąć nadmiernej specjalizacji, trzeba poddać rewizji sposób nauczania odpowiednich przedmiotów w szkołach średnich i wyższych. Nie chodzi tu po prostu o jeszcze jedną zmianę programu, ale o zadanie znacznie trudniejsze, którego realizacja może zająć wiele dziesiątków lat. Od dawna metody nauczania nie nadążały za burzliwym rozwojem nauk przyrodniczych w końcu XIX i w XX wieku. Wiadomości o nowych osiągnięciach były zwykle po prostu dopisywane do starszych części wykładu. W ten sposób, np. w fizyce, powstał układ materiału z grubsza odpowiadający rozwojowi historycznemu tej nauki. Spis rozdziałów klasycznej części współczesnego podręcznika fizyki ogólnej jest bardzo zbliżony do takiego spisu w odpowiednim podręczniku z końca XIX w. Stosowany na całym świecie układ historyczny, w połączeniu z tradycyjnym podziałem wykładów fizyki na doświadczalne i teoretyczne, zawiera sporo powtórzeń i jest mało oszczędny. Wydaje się, że należy przeprowadzić staranną analizę ekonomii nauczania takich przedmiotów jak matematyka, fizyka i chemia, to znaczy zbadać w jaki sposób można by w krótszym czasie, w szerszym zakresie i bardziej syntetycznie niż dotychczas, przekazywać słuchaczom zasadnicze osiągnięcia tych nauk. Nie chodzi o to, aby nauczyć studentów większej ilości faktów, ale wprost przeciwnie, umożliwić im opanowanie dużego kręgu najbardziej podstawowych pojęć, zjawisk i metod, ilustrowanych dobrze dobranymi, konkretnymi przykładami. Równocześnie należy uwzględnić w programach nauczania i studiów przemiany dokonujące się w kraju pod wpływem rewolucji naukowo-technicznej. Coraz częściej absolwenci wydziałów matematyczno-przyrodniczych będą zatrudniani w instytucjach i laboratoriach związanych z przemysłem. Powinniśmy ich do tego odpowiednio przygotować włączając do uelastycznionych programów nauczania fakultatywne zajęcia specjalistyczne, związane z charakterem przyszłej pracy. Obok rozwijanych obecnie studiów doktoranckich i podyplomowych należy przewidzieć inne formy doszkalania pracowników pozauniwersyteckich, takie jak np. staże i szkoły letnie.

Wielką rolę w przeciwdziałaniu nadmiernej specjalizacji mają do odegrania uczelnie obejmujące różnorodne dyscypliny naukowe, a więc przede wszystkim uniwersytety i politechniki. W przeciwieństwie do jednokierunkowych szkół wyższych i zakładów naukowych, uniwersytety, z ich licznymi instytutami i wydziałami, umożliwiają studentom rozszerzenie zainteresowań, a ułatwiając spotkania naukowcom, sprzyjają rozwojowi badań łączących dotychczas oddzielone od siebie dziedziny. Uniwersytety są też właściwym terenem dla prowadzenia działalności zmierzającej ku unowocześnianiu nauczania. Rozszerzenie jego zakresu bez zwiększania liczby zajęć i przedłużania czasu nauki jest możliwe, choć trudne. Jest ono konieczne, jeśli nie chcemy, aby stało się trafne złośliwe określenie doskonałego specjalisty jako tego, który wie wszystko o niczym.

Prawidłowa działalność uniwersytetu wymaga zachowania równowagi między działalnością dydaktyczno-wychowawczą i badaniami naukowymi.

Nie można oddzielić nauczania nowoczesnej wiedzy od badań podstawowych, które są najlepszą szkołą metody pracy naukowej oraz zmuszają do ciągłego uzupełniania i pogłębiania wiadomości. Tylko ten, kto sam prowadzi lub prowadził badania potrafi zaszcześcić młodzieży zamiłowanie do twórczych poszukiwań i zachęcić przyszłych nauczycieli, naukowców i praktyków do ciągłego podnoszenia swych kwalifikacji, tak niezbędnego w dobie gwałtownego rozwoju nauki i techniki. Jeszcze wyraźniejszy i bardziej bezpośredni jest związek między badaniami i kształceniem kadr na wyższym poziomie, a więc w ramach studiów doktorskich i podyplomowych.

Aby uniwersytet mógł dobrze wypełniać swoje podstawowe zadanie wychowywania dla potrzeb kraju wartościowych, wykwalifikowanych i zaangażowanych absolwentów, trzeba starać się o dopływ kandydatów na studia ze wszystkich warstw społecznych. Jest to szczególnie ważne dla nauk ścisłych takich jak fizyka. Obserwacje wykazują, że zdolności do matematyki i fizyki występują w jednakowym stopniu we wszystkich grupach społecznych. W rzeszach młodzieży pochodzenia robotniczego i chłopskiego znajdują się więc liczne talenty, które trzeba koniecznie przyciągać na studia. Zwiększając liczebność tej młodzieży na naszym uniwersytecie, wzmocnimy tak ważną i cenną więź uczelni z klasą robotniczą Warszawy.

*

Fizycy przywykli do wyrażania myśli i przekazywania informacji przy pomocy wzorów, wykresów i tablic. W związku z tym, dość rzadko, a czasem nieporadnie, zabierają publicznie głos na tematy społeczne. Wbrew wynikającym z tej nieporadności pozorom, fizycy głęboko odczuwają wagę zachodzących w naszym kraju zmian w polityce gospodarczej i naukowej oraz chcą w miarę swoich skromnych możliwości w tym zmianach uczestniczyć i pomagać.

Z racji swej specjalności fizycy są w pełni świadomi groźby, jaką dla ludzkości stanowi broń jądrowa. Polscy fizycy wiedzą dobrze o tym, jakie znaczenie dla zapobieżenia wojnie, dla istnienia w ustabilizowanych granicach ludowego państwa, a więc i dla ich skromnej działalności, ma nasza polityka pokoju i współistnienia, polityka, pod którą podwaliny położył Włodzimierz Lenin.