

**Skrypt dla uczestników
studiów podyplomowych
„Zarządzanie badaniami naukowymi i pracami
rozwojowymi w jednostkach naukowych”**

Tom 1

Pod redakcją
Pawła Kawalca, Stanisława Majdańskiego

Wydawnictwo Lubelskiej Szkoły Biznesu

Lublin 2008

Projekt okładki – Tomasz Ferenc
Redakcja techniczna – Tomasz Piech
Skład i korekta – TRUE COLOURS

Publikacja opracowana w ramach projektu „Zarządzanie systemem B+R w instytucjach naukowych” realizowanego przez Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II oraz Lubelską Szkołę Biznesu.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego; Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet IV: Szkolnictwo wyższe i nauka, Działanie 4.2. *Rozwój kwalifikacji kadr systemu B+R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym*, na podstawie umowy o dofinansowanie projektu podpisanej z Ministrem Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr umowy UDA-POKL.04.02.00-00-007/08-00.

Spis treści

Wstęp.....	7
<i>Stanisław Majdański</i> Nota o potrzebie kształcenia w zakresie naukoznawczych podstaw zarządzania badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi (z refleksji metanaukoznawczych)	9
<i>Zenon E. Roskal</i> Zwrotne punkty w rozwoju nauki i techniki (technologii)	21
<i>Paweł Kawalec</i> Dwie strategie kierowania procesem badawczym	41
<i>Stanisław Kamiński</i> Nauki i filozofia a mądrość	79

© Lubelska Szkoła Biznesu, Lublin 2008

ISBN: 978-83-61671-01-5

Lubelska Szkoła Biznesu Sp z o.o. Fundacji Rozwoju KUL
ul. Konstantynów 1H, 20-708 Lublin
e-mail: wydawnictwo@lsb.lublin.pl
<http://www.lbs.pl>

warstwie metodologiczno-filozoficznej; współtworzył ją S. Swieżawski od strony historyczno-filozoficznej, a merytorycznie M. A. Krąpiec i K. Wojtyła, jeśli pominąć tu innych⁴. Mowa tu o „szkole lubelskiej” w węższym tego słowa znaczeniu, tak jak się to zwykle rozumie dzisiaj, można to jednak pojmować nieco szerzej.

*

Czas finalizować te refleksje (meta)naukoznawcze, na temat naukoznawstwa i jego misji, stanowiące jak się rzekło pewien apel o utworzenie naukoznawczego studium, w takim czy innym zakresie i formie instytucjonalno-organizacyjnej. Kwestia epistemologiczno-metodologicznego statusu naukoznawstwa – jeśli pozostać przy tym terminie – jest do dalszej, bardziej szczegółowej dyskusji⁵. Winno jej towarzyszyć współczesne otwarcie na rozmaite transfery w obrębie elastycznie usystematyzowanych dyscyplin, a jednocześnie respekt dla ich autonomii podkreślanej przez klasyczną tradycję epistemologiczno-metodologiczną. Tych zagadnień zaledwie dotknęliśmy, w nawiązaniu do epistemologiczno-metodologicznej i poniekąd naukoznawczej myśli ks. Stanisława Kamińskiego, pozostawionej w jego tekstach, a jeszcze bardziej w pamięci tych, którzy uczęszczali na jego uniwersyteckie zajęcia na wyższych latach studiów i potem, już jako pracujący w jego katedrze.

Zamknijmy ten szkic pewnym *post dictum*, mianowicie nawiązaniem do wymogu akcentowanego przez Jerzego Kalinowskiego, że nauki i ich nauczanie, to samo dotyczy oczywiście filozofii, zasługują na miano stricte naukowych dopiero wtedy, gdy towarzyszą im odpowiednie metarefleksje: antycypujące, towarzyszące *ex post*. Ks. Stanisław Kamiński powiadał poniekąd zbieżnie: „wzniesić się na poziom metajęzyka” Odnosi się to w sposób oczywisty do naszego naukoznawstwa, którego dotyczą powyższe uwagi metanaukoznawcze.

⁴ Tytułem dopełnienia wymieńmy jeszcze pewną szczególną ideę, sformułowaną niegdyś w środowisku metodologiczno-filozoficznym KUL, z racji kontaktów z Uniwersytetem Katolickim w Leuven. Był to pomysł utworzenia niderlandystyki, przy germanistyce lub anglistyce (wysunięty w swoim czasie półoficjalnie przez piszącego te słowa podczas pobytu w KUL prof. J. M. De Smeta z Leuven). Powstał potem Ośrodek Kultury Niderlandzkiej – za sprawą głównie M. Kaczmarkowskiego. O ile wiadomo, aktualnie staraniem głównie A. Budzisa, finalizują się prace przygotowujące otwarcie niderlandystyki przy anglistyce.

⁵ Chodzi o ogólną metodologię nauk – dla naszych celów z podkreśleniem jej interdyscyplinarności, a więc dynamiczną. Różne nauki mogą stać u podstaw jednoczenia dyscyplin w zależności od potrzeb i stawianych celów. Ks. S. Kamiński podkreślał tu rolę nauk ogólnych (i w pewnym sensie formalnych), jak logika ogólna z jej trzema działami (logika formalna, semiotyka, ogólna metodologia nauk), ogólna teoria systemów, informatyka z cybernetyką i prakseologią. Na czele nauk pozaformalnych stoją, oczywiście, teologia i filozofia.

Zenon E. Roskal

Zwrotne punkty w rozwoju nauki i techniki (technologii)

Celem niniejszego opracowania jest usystematyzowanie wyselekcjonowanych faktów z dziejów nauk przyrodniczych i techniki oraz organizacji pracy naukowej mających przełomowe znaczenie w życiu współczesnych społeczeństw. W pierwszej części zostaną przedstawione zmiany w strukturze organizacji badań naukowych, jakie miały miejsce w kulturze europejskiej w okresie tzw. rewolucji naukowo-technicznej. W części drugiej zostaną pokazane wybrane wynalazki, które ukonstytuowały współczesną cywilizację naukowo-techniczną.

1. Organizacja badań naukowych

1. 1. Ogólna charakterystyka nauki w kulturze nowożytnej Europy

W państwach starożytnego świata (Egipt, Mezopotamia) nauka była związana ze świątyniami. W Grecji powstały pierwsze centra badań naukowych nie związane bezpośrednio ze świątyniami. Akademia Platona i Liceum założone przez Arystotelesa były przykładami takich instytucji. W hellenistycznym Egipcie badania naukowe skupione były wokół biblioteki w Aleksandrii¹. Średniowiecze

¹ Uniwersalno-naukowy charakter ateńskiego Liceum znalazł swe uznanie w Aleksandrii, gdzie za radą Demetriusza z Faleronu (namiestnika Aten, który został wypędzony przez Demetriusza Poliorketę) Ptolemeusz I Soter (III w. przed Chr.) założył w Aleksandrii rodzaj instytutu naukowo-badawczego, tzw. MUSEION, w którym uczeni mogli bez przeszkód oddawać się studiom. Pracujący w Muzeum badacze nie mieli obowiązku nauczania, dlatego też instytucja ta przypominała późniejsze akademie nauk. W ramach Muzeum uczeni wypracowali metody badań bardzo zbliżone do metod stosowanych na gruncie nauk nowożytnych. Zapleczem badań miał być bogaty księgozbiór zaplanowany przez Demetriusza na 200 tysięcy ksiąg. Myśl jego została urzeczywistniona dopiero przez Ptolemeusza II Filadelfosa, za panowania którego biblioteka liczyła 500 tys. ksiąg.

stworzyło nowy typ organizacji badań naukowych – uniwersytet. Kryzys tej instytucji w epoce renesansu spowodował powstanie nowych form organizacji życia naukowego zwanych towarzystwami naukowymi lub akademiami. Organizacje te ze swymi międzynarodowymi powiązaniem i specjalistycznymi pismami przyczyniły się bezpośrednio do ukształtowania współczesnych form organizacji badań naukowych. Zakładane we Włoszech w epoce renesansu akademie dały też początek współczesnym akademiom naukowym.

Pierwsze akademie miały charakter niewielkich stowarzyszeń, których działalność była najczęściej krótkotrwała, odegrały jednak istotną rolę i przyczyniły się do rozkwitu sztuki, literatury oraz przyrodoznawstwa. Na przełomie XV i XVI wieku we Włoszech istniało kilkaset akademii. Do najbardziej znanych należały: Accademia Pontaniana w Neapolu (1443), Akademia Florencka (1459), Lionardi Vincia Accademia w Mediolanie (1494), Accademia Vitruviana w Rzymie (1542), Accademia Secretorum Naturae w Neapolu (1560), Accademia della Crusca we Florencji (1582), Narodowa Akademia Rysiów (Accademia dei Lincei)² w Rzymie (1603), Accademia del Cimento we Florencji (1657), Accademia Fisico-Matematica w Rzymie (1677). Akademie włoskie stały się wzorem dla stowarzyszeń naukowych powstających w innych krajach europejskich. Ciekawostką jest fakt, że pierwsze towarzystwo (Sodalitas Litteraria Vistulana) tego typu zostało założone w Krakowie (ok. 1489). Z akademii włoskich wywodzą się również współczesne towarzystwa naukowe. Z końcem XVII w. większość czynnych ludzi nauki była członkami jakiegoś towarzystwa naukowego. Publikacja w jednym z coraz liczniejszych pism stawała się stopniowo uznanym sposobem ogłaszania wyników badań, a narodowe towarzystwa naukowe zostały wkrótce zaakceptowane, jako narzędzie troski państwa o rozwój nauki.

Tworzenie się towarzystw naukowych było inspirowane tendencją do zmiany organizacji badań naukowych mających na celu rozwijanie metody eksperymentalnej. We Włoszech, Francji i Anglii następowało przechodzenie od dyskusji o systemach filozoficzno-przyrodniczych lub hipotezach do weryfikacji (falsyfikacji) teorii przyrodniczych (np. teorii heliocentrycznej) i gromadzenia faktów. Pisanie komentarzy do dzieł starożytnych autorów ustąpiło miejsca pisaniu prac naukowych, w których zdawano relacje z wyników systematycznych badań. W pierwszej połowie XVII w. funkcja zgromadzenia naukowego polegała na 1) popieraniu dyskusji i szerzeniu koncepcji nauki eksperymentalnej oraz na 2) stwarzaniu forum, na którym nie tylko przed audytorium entuzjastów, ale wobec najszerszego przekroju wykształconej i literackiej społeczności nowe idee mogły rzucać wyzwanie tradycyjnym poglądom istniejącym w nauce. Filozofia eksperymentalna natrafiała na duże opory w ramach istniejących uniwersyte-

² Jeden z jej członków, Franciszek Stelluti (1577-1653), opublikował pierwsze badania zoologiczne przeprowadzone za pomocą mikroskopu. Do członków tej akademii należał m.in. Galileusz.

tów, dlatego szukała nowych form organizacji nauki, którymi były towarzystwa naukowe. Tym samym zwracała się ku bardziej tolerancyjnym i bogatszym kręgom intelektualnym skupionym wokół monarchów i bogatego mieszczaństwa. W wyniku tych przemian ważna i twórcza praca naukowa szybko zdystansowała pracę dyletancką i improwizowaną. W konsekwencji w drugiej połowie XVII w. rola towarzystwa naukowego znacznie się zmieniła. Stając się instytucją całkowicie zawodową służyło ono, jako ośrodek do dyskusji raczej o pracach niż o ideach. Zwolennicy nowej koncepcji nauki zwracali uwagę na użyteczność odkryć naukowych oraz – będącą tego konsekwencją – polepszenie warunków bytowania ludzkości. Dostrzegano też soteriologiczny aspekt nowej nauki polegający na jej dążeniu do podniesienia warunków egzystencji ludzi *sui generis* zbawienia ludzkości.

1.2. Profile działalności głównych akademii i towarzystw naukowych

Accademia del Cimento (Akademia Eksperymentów), to jedno z pierwszych w Europie towarzystw naukowych z siedzibą we Florencji. Założone, a następnie kierowane w latach 1657-1667 przez księcia Leopolda, brata wielkiego księcia Toskanii, Ferdynanda II Medyceusza³. Accademia del Cimento miała program badawczy zdecydowanie różniący się od innych włoskich akademii naukowych tego czasu. Akademia Eksperymentów była zorganizowana w sposób, który został już opisany przez Franciszka Bacona w *Nowej Atlantydzie*⁴. Według tego modelu organizacji badań naukowych należało nie tylko doprowadzać ludzi do spotkania, ale skłonić ich do wspólnej pracy nad zadaniami najważniejszymi dla nauki. Baconowska idea organizacji badań naukowych była prototypem działalności współczesnych form znanych pod nazwami instytutu naukowego i laboratorium. Accademia del Cimento w pewnym stopniu torowała drogę takim instytucjom naukowym jak Royal Society czy Accademia fisica-matematica założona przez królową Szwecji Krystynę. Wyniki prac były publikowane w serii wydawniczej

³ Książę Leopold był patronem nie tylko założonej w 1657 roku Akademii Eksperymentów z jej słynnym mottem: *provando e riprovando*, ale także rekonstruowanej (1638) Akademii Platonskiej (Accademia Platonica). Był znany z tego, że promował obserwacje natury przy pomocy metody Galileusza. Warto odnotować, że nowa koncepcja nauki eksperymentalnej, jaką głosił Galileusz wynikała z jego zauroczenia techniką i nowymi technologiami, które bujnie się rozwijały w renesansowych Włoszech.

⁴ Według Bacona zbieranie faktów, będącej wstępem do wyjaśnienia przyrody, stanowiło tak uciążliwe zadanie, że można je było podejmować jedynie w zbiorowym przedsięwzięciu.

pt. *Saggi di naturali esperienze*. Analiza tych prac wykazuje jednak, że członkowie Akademii nie interesowali się prowadzeniem obserwacji astronomicznych. Jedyna praca z tego zakresu dotyczyła polemiki pomiędzy Huygensem a Divinim o interpretację zjawiska Saturna. Z drugiej jednak strony nieopublikowane materiały z zakresu prac Akademii (listy i pamiętniki) świadczyć mogą o zupełnie innej charakterystyce profilu zainteresowań jej członków. Kluczem do tego paradoksu wydają się być orzeczenia Sacrum Officium w sprawie Galileusza.

Papieska Akademia Nauk (*Pontificia Academia Scientiarum*) to watykańskie towarzystwo naukowe, do którego należą powoływani przez papieży wybitni przedstawiciele nauk matematycznych i przyrodniczych z różnych państw. Akademia ta wywodzi swą tradycję z założonej w 1603 r. przez księcia Federico Cesi (1585-1630) Akademii Rysiów (*Accademia dei Lincei*). Upadłe po śmierci księcia Cesi stowarzyszenie naukowców reaktywował w 1847 r. papież Pius IX pod nazwą *Pontificia accademia dei Nuovi Lincei*. W okresie międzywojennym (1936) papież Pius XI dokonał reorganizacji akademii. W wyniku reorganizacji została zmieniona m.in. nazwa. Nowa nazwa to Papieska Akademia Nauk. Zmiana nazwy była związana z powstaniem po zjednoczeniu Włoch akademii narodowej (*Accademia Nazionale dei Lincei*) mającej w nazwie również odwołanie do rysiów.

W Anglii w 1646 r. zostało założone Invisible College. Miało ono na celu wspieranie rozwoju rolnictwa, ale również mechaniki. Czołową postacią w tej grupie był Samuel Hartlib (ok. 1600-1662), który był wielkim zwolennikiem stosowania nauki do technologii, ale sam nauk przyrodniczych nie rozwijał, odegrał jednak pewną rolę w założeniu Royal Society⁵.

Organizacja badań naukowych w Anglii otrzymała nowy impuls wraz z założeniem Royal Society. Do założycieli Royal Society należeli m.in. John Wilkins (1614-1672), George Ent (1604-1689) oraz – aktywny również w Invisible College – Theodore Haak (1605-1609), który pierwszy zaproponował idee cyklicznych spotkań w celu zajmowania się eksperymentami⁶. Lista tematów będących przedmiotem dyskusji była podobna do tych, które podejmowano w ramach działalności Accademia del Cimento. Towarzystwo Królewskie było tworem całkowicie prywatnym, ale rząd królewski roztoczył nad nim patronat i dał statut (1662). Członkowie towarzystwa nie mieli żadnych przywilejów ani pensji, towarzystwo nie dostało też żadnych budynków ani funduszy, nie posiadało również laborato-

⁵ Samuel Hartlib urodził się w Elblągu, gdzie współtworzył tajny związek *Antilię* na terenie Prus Królewskich i Książęcych. Hartlib był prawdopodobnie jednym z członków – organizowanego przez Roberta Fludda (1774-1637) – towarzystwa wiedzy hermetycznej i zwolennikiem zjednoczenia Kościołów protestanckich. Por. M. Rozbicki, *Samuel Hartlib, Z dziejów polsko-angielskich związków kulturalnych w XVIII wieku*, Wrocław 1980, s. 24-25; G. H. Turnbull, *Samuel Hartlib's Influence on the Early History of the Royal Society*, „Notes and Records of the Royal Society of London”, 10/2 (1953): 101-130.

⁶ Por. D. Stimson, *Hartlib, Haak and Oldenburg: Intelligencers*, „Isis” 31/2 (1940): 309-326, gdzie można znaleźć szczegóły biografii Haaka i Hartliba.

riów i dlatego nie mogło wprowadzić w życie baconowskiej koncepcji prowadzenia badań naukowych, ale odegrało dużą rolę w rozwoju nauk przyrodniczych od XVII do XIX wieku.

Gresham College założone w 1598 r. przez kupca-finansistę Tomasza Greshama (1519-1579) było pierwszym miejscem zebrań Royal Society. W okresie ponad półtora wieku zostanie członkiem Royal Society wiązało się z posiadaniem nie tylko zasług naukowych, ale także funduszy na badania. Z drugiej strony dzięki takiemu stanowi rzeczy towarzystwo miało odpowiednią suwerenność w swoich poczynaniach. Przede wszystkim było niezależne od rządu. Z drugiej jednak strony specjalistyczna wiedza członków często służyła państwu (zwłaszcza w XVIII w.). Towarzystwo Królewskie skupia głównie przedstawicieli nauk matematycznych i przyrodniczych. Od 1665 Towarzystwo Królewskie wydaje czasopismo naukowe: *Philosophical Transactions*, od 1832 przeglądowo-sprawozdawcze *Proceeding of the Royal Society*. Jednym z jego zagranicznych członków został w 1853 roku Paweł Edmund Strzelecki (1797-1873) w uznaniu zasług, jakie poczynił w eksploracji Australii (odkrycie złota). Współcześnie Towarzystwo Królewskie w Londynie (The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge) liczy ok. 500 członków krajowych i ok. 50 członków zagranicznych i pełni funkcję brytyjskiej akademii nauk.

W Niemczech istniały aktywne grupy naukowe już pod koniec XVII w., takie jak Collegium Curiosum sive Experimentale⁷, które założył w 1672 (na wzór Accademia del Cimento) profesor matematyki i filozofii przyrody na uniwersytecie w Altdorfie – Johann Christoph Sturm (1635-1703). Towarzystwo liczyło początkowo 12-tu członków. Pierwsza w Niemczech akademia naukowa założona w Berlinie w 1700 r., nie powstała na skutek wysiłków grup amatorów. Król pruski Fryderyk II Wielki (1712-1786) pragnący podniesienia poziomu technologicznego, a także reformy wykształcenia w kierunku praktycznym, był głównym inicjatorem reform założonej przez Leibniza (1646-1716) Berlińskiej Akademii Nauk. Według Leibniza Niemcy cieszyły się niegdyś prymatem w sztukach praktycznych, zwłaszcza w górnictwie i chemii, ale także w zegarmistrzostwie, inżynierii wodnej, złotnictwie i tokarstwie. W celu restytucji tego stanu rzeczy odwołano się do interesów państwa.

Założona w Halle w 1652 roku pod nazwą „Akademie der Naturforscher”, jest najstarszą na świecie, bez przerwy działającą Akademią Nauk Medycznych i Matematyczno-Przyrodniczych. Współcześnie Halleńską Leopoldinę podniesiono do rangi Narodowej Akademii Nauk (Nationale Akademie der Wissenschaften). Jej zadaniem ma być reprezentowanie nauki zarówno w Niemczech jak i na płaszczyźnie międzynarodowej oraz pełnienie funkcji doradczej wobec polityki i społeczeństwa.

⁷ T. Ahnert, (2002) The Culture of Experimentalism in the Holy Roman Empire: Johann Christoph Sturm (1635-1703) and the Collegium Experimentale. <http://sammelpunkt.philo.at:8080/308/>

Francuska Akademia Nauk (*Académie des sciences*) to korporacja uczonych założona w roku 1666 przez ówczesnego króla Francji Ludwika XIV. Bezpośrednim inicjatorem utworzenia akademii był wpływowy minister finansów Jean Baptiste Colbert (1619-1683), którego zamysłem było pobudzenie i wsparcie badań naukowych we Francji. Colbert aranżował nominacje i sugerował problemy zgodnie z interesami politycznymi. Członkowie akademii nauk dostawali pensje, a kiedy wymagały tego okoliczności, stawali się urzędnikami administracji państwowej. Założenie tej akademii było odważnym przedsięwzięciem w dziedzinie organizacji nauki w XVII i XVIII wieku – była ona jedną z pierwszych tego rodzaju instytucji. Podczas gdy Royal Society rozwinęło się ze swych własnych niezależnych i różnorodnych źródeł, Academie des Sciences uzyskała silne wsparcie królewskiego skarbcza. Idea utworzenia Akademii Nauk była rozwinięciem koncepcji integracji i konsolidacji bujnie rozwijającej się działalności uczonych i literatów. Działalność akademii w pierwszym okresie była jednak mało sformalizowana (w pierwszych trzydziestu latach swego istnienia akademia funkcjonowała bez żadnego statutu). Academie des Sciences składała się tylko z dwu grup członków: matematyków (obejmującej astronomów i fizyków) i filozofów przyrody (obejmującej chemików, lekarzy). Grupy te zbierały się razem w środy i soboty w Bibliotece Królewskiej. Ten stan rzeczy został zmieniony w początkach (20 stycznia) 1699, kiedy to Ludwik XIV wydał edykty nadające ramy prawne działalności akademii. Wówczas przemianowano nazwę akademii na Królewska Akademia Nauk. Nowa akademia miała siedzibę w Luwrze i składała się z 70 członków. Do ważnych przedsięwzięć naukowych w początkowym okresie działalności akademii było sporządzenie map Francji i poprzedzające to zadanie geodezyjne pomiary Ziemi. Z tymi pracami wiązały się także dwie ekspedycje naukowe (1735-1740) poza Francję, do Peru i Laponii. Sprawdzanie nowych wynalazków stanowiło również ważny aspekt pracy Academie des Sciences.

Wielka Rewolucja Francuska doprowadziła do zerwania ciągłości w pracach akademii. Początkowo (1793) Konwent Narodowy zabronił działalności wszystkich akademii, następnie (1795) został założony „Narodowy Instytut Nauk i Sztuk” skupiający wszystkie dziedziny nauki, literatury i sztuki, które poprzednio należały do różnych akademii, w tym Królewskiej Akademii Nauk i Akademii Francuskiej. W nowej akademii najliczniej reprezentowane były instytuty matematyki i fizyki, w skład których wchodziło 66 spośród wszystkich 144 członków towarzystwa. W czasie restauracji (1816) Akademia Nauk odzyskała autonomię w ramach Instytutu Francuskiego.

Obok Akademii nauk we Francji istnieje jeszcze Akademia Francuska (*Académie Française*). Académie Française została przekształcona z prywatnego kółka literackiego w instytucję państwową przez kardynała A. J. Richelieu (1585-1642). Współcześnie zajmuje się językiem i literaturą francuską, wydaje słownik języka francuskiego (pierwsze wydanie 1694, ostatnie począwszy od 1986).

Od 1795 wchodzi w skład Instytutu Francuskiego. Jej członkowie (w liczbie 40 osób) piastują tę godność dożywotnio, tzw. nieśmiertelni, sami dokonując wyboru nowych członków na zwolnione miejsca. Akademia przyznaje corocznie odznaczenia i nagrody.

Rosyjska Akademia Nauk została założona w 1724 (otwarta 1725) w Petersburgu pod nazwą Akademia Nauk i Sztuk Pięknych. W późniejszym okresie nosiła jeszcze nazwy takie jak: Cesarska Akademia Nauk⁸ (koniec XVIII), przemianowana w 1917 na Rosyjską Akademię Nauk (1917-1925), od 1925 działała jako Akademia Nauk ZSRR by w 1991 powrócić do nazwy, pod jaką funkcjonowała w latach 1917-1925.

Niemal od początku swej działalności Rosyjska Akademia Nauk była jednym z najważniejszych towarzystw naukowych Europy. Polskimi członkami Rosyjskiej Akademii Nauk byli m.in.: król Stanisław August Poniatowski, Jan Śniadecki, Samuel Bogumił Linde, Henryk Sienkiewicz, Aleksander Brückner, Maria Skłodowska-Curie, Janusz Groszkowski, Tadeusz Kotarbiński, Kazimierz Kuratowski.

W USA Narodowa Akademia Nauk (National Academy of Sciences, NAS) została powołana do życia u schyłku wojny secesyjnej w marcu 1863 przez prezydenta A. Lincolna (1809-1865). Głównym celem, dla którego akademia została powołana było koordynowanie badań naukowych, przeprowadzanie analiz, a także sporządzanie sprawozdań z działalności naukowej i artystycznej. Narodowa Akademia Nauk w miarę rozwoju nauki w USA została rozbudowana w ten sposób, że w jej skład weszły dotychczas niezależne instytucje, takie jak National Academy of Engineering (1964) oraz Institute of Medicine (1970) – wszystkie cztery instytucje zostały nazwane National Academies. Członkostwo w Akademii przyznawane jest na zasadzie honorowej. Do akademii należą czołowi uczeni amerykańscy (ok. 2100) i zagraniczni (ok. 380, z tej liczby ok. 200 to laureaci nagrody Nobla), skupieni według specjalności w 18 wydziałach. National Research Council, która formalnie od 1916 wchodzi w skład NSA-a zachowuje pewną niezależność. W jej skład wchodzi m.in. członkowie towarzystw i instytucji naukowych, technicznych, a także przedstawiciele rządu federalnego. Akademią kieruje rada złożona z dwunastu członków. Aktualnym prezesem NAS jest Dr Ralph J. Cicerone. Siedziby Akademii mieszczą się w Waszyngtonie. Współcześnie NAS jest najwyższą i najbardziej prestiżową instytucją naukową w USA, a także stanowi oficjalny organ doradczy rządu federalnego w sprawach nauki.

W Polsce pierwszą instytucją o charakterze akademii nauk było Towarzystwo Przyjaciół Nauk w Warszawie (1800-1815). Sukcesorem Towarzystwa Przyjaciół Nauk była Akademia Umiejętności. Po odzyskaniu niepodległości w 1918 roku TPN zostało przekształcone w Polską Akademię Umiejętności (PAU) uzyskując

⁸ Od momentu powstania do maja 1917 powszechnie nazywana była Petersburską Akademią Nauk.

status towarzystwa naukowego ogólnego, którego zadaniem było stworzenie korporacji uczonych mającej na celu integrację kadry naukowej. W początkowym okresie działalności były 4 wydziały: 1) Filologiczny; 2) Historyczno-Filozoficzny; 3) Matematyczno-Przyrodniczy; 4) Lekarski (od 1930). Ogółem (do 1952) PAU miała 676 członków krajowych i 264 zagranicznych. PAU organizowała doroczne posiedzenia członków oraz posiedzenia wydziałów. Po II wojnie światowej (1948) rząd PRL ogłosił zamiar powołania Polskiej Akademii Nauk, która miała być konkurencyjna wobec PAU. Akademię Umiejętności objęły wówczas finansowe restrykcje, ograniczono jej kontakty z zagranicą, zablokowano wydawnictwa. Placówki badawcze, wydawnictwa, zbiory, pamiątki i majątek PAU zabrano i przekazano następnie PAN. Polska Akademia Nauk powstała oficjalnie 2 lipca 1951 w czasie obrad I Kongresu Nauki Polskiej. Odbudowę PAU umożliwiła zmiana ustroju w 1990 roku. Odtworzyła ją grupa członków na podstawie dawnego statutu, z zachowaniem ciągłości organizacyjnej i odwołując się do tradycyjnych form działania. W 1990 roku PAN straciła status instytucji rządowej, stając się ponownie tylko korporacją uczonych i siecią instytutów.

Funkcję sprawowania kontroli nad nauką na poziomie rządu przejął Komitet Badań Naukowych. Współcześnie Polska Akademia Nauk (PAN) jest państwową instytucją naukową będącą z jednej strony placówką skupiającą najwybitniejszych polskich uczonych (na wzór Francuskiej Akademii Nauk), zaś z drugiej strony – siecią wspólnie zarządzanych państwowych instytutów naukowych, których celem jest prowadzenie badań naukowych o możliwie najwyższym poziomie naukowym. PAN posiada 7 wydziałów reprezentujących grupy nauk (I – Nauki Społeczne, II – Nauki Biologiczne, III – Nauki Matematyczno-Fizyczne i Chemiczne, IV – Nauki Techniczne, V – Nauki Rolnicze, Leśne i Weterynaryjne, VI – Nauki Medyczne, VII – Nauki o Ziemi i Nauki Górnicze). PAN posiada także 7 wydziałów terenowych w: Gdańsku, Katowicach, Krakowie, Lublinie, Łodzi, Poznaniu i Wrocławiu. Centrum badawcze PAN to 78 instytutów naukowych i zakładów, zatrudniających ok. 4,6 tys. pracowników naukowych. Instytuty te podlegają szefom wydziałów tematycznych PAN i są finansowane bezpośrednio przez Komitet Badań Naukowych. Instytuty zatrudniają ok. 2000 pracowników naukowych, a ich koszty utrzymania stanowią ok. 1/3 kosztów budżetu państwa na badania (0,5%). Instytuty nie prowadzą działalności dydaktycznej na poziomie podstawowym (studia licencjackie, magisterskie), ale prowadzą studia doktoranckie. Większość z nich ma prawo nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego. Głównym zadaniem instytutów jest prowadzenie badań podstawowych na najwyższym poziomie naukowym. Wiele placówek PAN wykonuje zadania naukowe dające wymierne korzyści w gospodarce.

1.3. Laboratoria naukowe

Wielkie znaczenie, jakie miała nauka i wynalazki techniczne w okresie I wojny światowej spowodowało radykalną zmianę nastawienia władz państwowych do roli uczonych w czasie wojny. „W odróżnieniu od pierwszej wojny światowej, podczas której naukowcy byli wcielani do służby wojskowej niezależnie od swoich kwalifikacji, w drugiej wojnie światowej uczeni z praktyką badawczą nie byli mobilizowani. Niektórzy usilnie próbowali przywdziać mundur, lecz naukowcowi podczas drugiej wojny światowej równie trudno było dostać się do armii, jak uniknąć poboru podczas pierwszej”⁹.

Prace naukowe mające decydujące znaczenie dla przemysłu zbrojeniowego prowadzono w specjalistycznych laboratoriach badawczych, które były rozwinięciem tych form organizacyjnych, jakie zostały ukształtowane jeszcze w XIX wieku. Najstynniejszym i najstarszym laboratorium fizycznym jest założone 1869 (decyzja senatu Wydziału Fizyki Uniwersytetu Cambridge) i otwarte w 1874 roku Laboratorium im. Henry’ego Cavendisha (1731-1810). Specjalizuje się ono w różnych dziedzinach fizyki (m.in. nadprzewodnictwo, mikroskopia elektronowa, radioastronomia), ale także chemii i biologii (rentgenografia strukturalna). Pracowało tam wielu wybitnych uczonych wielu specjalności (m.in. Lord Rayleigh, J. J. Thomson, Ernest Rutherford, Paul Dirac, Piotr Kapica, Lawrence Bragg), w tym 29 laureatów Nagrody Nobla, Najbardziej spektakularnym osiągnięciem, dokonanym w laboratorium, jest odkrycie struktury DNA przez Jamesa Watsona i Francis Cricka w 1953 r.

W okresie po I wojnie światowej pojawiły się nowe instytucje tego rodzaju związane przede wszystkim z potrzebą prowadzenia prac badawczych w aspekcie ich zastosowań w przemyśle radiofonicznym i telekomunikacyjnym. Jednym z pierwszych tego typu instytucji było Bell Labs¹⁰. Powstał w 1925 z inicjatywy Waltera Gifforda (1885-1966), prezesa American Telegraph and Telephone (AT&T) z wydziału rozwojowego przedsiębiorstwa Western Electric. W laboratorium zajmowano się szerokim spektrum badań technologicznych. Oddział dzielił się na 3 sekcje: badawczą, budowy systemów, rozwojową. Pierwsza sekcja zgłębiała praktyczne zastosowania matematyki i fizyki, kładąc podstawy pod współczesną telekomunikację. Dział inżynierski zajmował się budową skompli-

⁹ F. Hoyle, *Mój dom kędy wieją wiatry*, Warszawa: Prószyński i S-ka 2001, s. 179.

¹⁰ Współcześnie Bell Telephone Laboratories (Bell Labs) – to oddział badawczy i wdrożeniowy telekomunikacyjnej korporacji amerykańskiej Lucent Technologies. AT&T wydzieliła Bell Labs w 1996 wraz z większością swych oddziałów zajmujących się osprzętem, jako nowe przedsiębiorstwo Lucent Technologies. Niewielka grupa badaczy pozostała w ramach AT&T jako twór zwany AT&T Laboratories. Bell Laboratories zostało dopisane w czerwcu 1999 r. do Księgi Rekordów Guinnessa jako najbardziej nagradzane Nagrodą Nobla (do tej pory wydało jedenastu noblistów).

kowanych systemów dla sieci telekomunikacyjnych, zaś rozwojowy – największy z trzech – projektowaniem systemów zarówno sprzętowych, jak i programistycznych dla telekomunikacji. Obecnie laboratoria podzielone są na osiem grup badawczych zajmujących się 1) technologiami fizycznymi, 2) technologiami obliczeniowymi, 3) optyką, 4) łącznością bezprzewodową, 5) łącznością przewodową, 6) sieciami telekomunikacyjnymi, 7) infrastrukturą usługową oraz 8) aplikacjami. Bell Labs zatrudnia obecnie około 1000 naukowców, a budżet placówki wynosi około dwóch miliardów dolarów. W laboratorium Bella wynaleziono ogniwo fotowoltaiczne, tranzystor, laser półprzewodnikowy, fotokomórkę, procesor optyczny, zbudowano prototypy urządzeń do stereofonicznego zapisu dźwięku, skonstruowano pierwsze elektroniczne centrale telefoniczne, zbudowano załączki telekomunikacji satelitarnej. Z Bell Labs wywodzi się także system operacyjny Unix oraz język programowania C, opracowany na początku lat 70. XX wieku i język C++ rozwinięty w latach 80. Do najbardziej spektakularnych współczesnych dokonań laboratorium możemy zaliczyć odkrycie, które ma bardzo istotne konsekwencje dla rozwoju inżynierii biomimetyków. Pracujący w laboratorium Bella uczeni odkryli, że organizm gąbki szklanej zawiera włókna niezwykle podobne do światłowodów obecnych w najnowszych sieciach telekomunikacyjnych.

Wśród najbardziej znanych laboratoriów amerykańskich jest znajdujące się w Pasadenie Laboratorium Napędu Odrzutowego (Jet Propulsion Laboratory¹¹). Początki działalności laboratorium wiążą się z testami napędu małego silnika raketowego, przeprowadzonymi w 1936 roku przez grupę studentów pod kierownictwem profesora Theodore'a von Kármána¹² (1881-1963) w Kalifornijskim Instytucie Technologii (Caltech). Od tamtej pory rozpoczęto regularne badania nad napędami i paliwami do silników raketowych. Współcześnie jest to jedno z centrów badawczych NASA, odpowiedzialne za prowadzenie lotów bezzałogowych. Laboratorium Napędu Odrzutowego z powodzeniem przeprowadziło takie misje kosmiczne, jak sonda Gallileo wysłana w kierunku Jowisza oraz sondy Mars Pathfinder (1997), Opportunity i Spirit przeznaczone do badania Marsa. Do dziś laboratorium w Pasadenie przeprowadziło misje badawcze do wszystkich planet Układu Słonecznego.

Z czasów II wojny światowej wywodzi się działalność Laboratorium promieniowania¹³. W tym okresie w *Radiation Laboratory* (Rad Lab) zatrudniano coraz

¹¹ Nazwa „Jet Propulsion Laboratory” pojawia się po raz pierwszy w listopadzie 1943.

¹² Von Kármán po przejęciu władzy przez nazistów w Niemczech przeniósł się na stałe do Ameryki. W okresie po II wojnie światowej zasłynął jako konstruktor pierwszego na świecie samolotu ponaddzwiękowego Bell X-1. Istnieje monografia poświęcona jego życiu i działalności. Por. M. H. Gorn: *The universal man : Théodore von Kármán's life in aeronautics*. – Waszyngton: Smithsonian Inst. Press 1992.

¹³ Laboratorium to powstało pod koniec 1940 roku głównie dzięki staraniom amerykańskiego wynalazcy i filantropa Alfreda Lee Loomisa (1887-1975). Była to pierwsza instytucja naukowa, której cele badawcze były określone potrzebami wojska (radar), ale równocześnie

większą liczbę naukowców i inżynierów¹⁴, m.in. przyszłych laureatów Nagrody Nobla Edwarda Purcella (1912-1997) i Luisa Alvareza (1911-1988). Z chwilą zakończenia wojny w poważnym stopniu ograniczono liczbę uczonych zatrudnionych w laboratorium. Głównym przedmiotem badań w okresie wojny były próby skonstruowania radaru działającego w zakresie średnich i dużych częstotliwości. Współcześnie dyrektorem Rad Lab jest profesor Kamal Sarabandi. Aktualne obszary badań laboratorium to przede wszystkim nowe rodzaje materiałów, propagacja fal elektromagnetycznych, ale także budowa radarów na fale milimetrowe.

Kilby Labs – to projektowane przez firmę Texas Instruments centrum innowacji. Firma zapowiedziała uruchomienie centrum 12 września 2008 r. (dokładnie w 50. rocznicę wynalezienia układu scalonego). W centrum Kilby'ego będą prowadzone przełomowe badania nad zastosowaniem technologii półprzewodnikowych – od ochrony zdrowia po przyjazne środowisku samochody.

2. Wynalazki nauki współczesnej

Refleksja nad stanem współczesnej cywilizacji może prowadzić do wniosku, iż głównym jej czynnikiem rozwoju jest coraz bardziej powszechna komputeryzacja. Wykorzystanie procesorów jest aktualnie tak powszechne, że wręcz trudno jest znaleźć obszary zastosowań współczesnej techniki, w których nie są wykorzystywane układy scalone i procesory. Dlatego też skupimy się na tych momentach w dziejach techniki i technologii, w których te wynalazki się pojawiły. Ich dalszy rozwój i doskonalenie zaowocowało nie tylko pojawieniem się komputerów osobistych, ale także rozwojem Internetu i w efekcie spowodowało przemiany, które daleko wykraczają poza zdobycze cywilizacyjne, jakie pojawiły się w związku z opanowaniem technologii produkcji papieru i druku. Ostra selekcja materiału podyktowana ograniczoną objętością tekstu zdecydowała, że przedmiotem opracowania będą dwa główne wynalazki. Pierwszym wynalazkiem była konstrukcja tranzystora. Rozwój technologii wytwarzania i montowania tranzystorów prowa-

kierowali nią cywile. Pierwotną jej nazwą było Laboratorium Mikrofalowe (Microwave Laboratory), ale w celach dezinformacji niemieckiego wywiadu zmieniono nazwę w ten sposób aby pokazać, że problematyka badań jest podobna do tej, która była rozwijana w istniejącym wcześniej laboratorium Lawrence'a w Berkeley (Lawrence's Radiation Laboratory), zajmującego się badaniami jądrowymi. Laboratorium to zostało umieszczone w budynkach które należały do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Por. R. Buder, *Radar...*, s. 43, 48.

¹⁴ W pierwszym roku działalności było zatrudnionych ok. 30 osób, a budżet nie przekraczał 815 tys. USD. W 1945 roku personel liczył 3897 osób, a budżet wynosił 43,2 mln USD.

dził do konstrukcji pierwszych układów scalonych i mikroprocesorów, które znalazły zastosowanie nie tylko teoretyczne w badaniach podstawowych (m.in. fizyka, elektronika), ale także zastosowania praktyczne w telekomunikacji (radio, telewizja, telefonia komórkowa) i technologiach informacyjnych (komputery, Internet). Z kolei odkrycie rezonansu magnetycznego przyczyniło się nie tylko do rozwoju nauk przyrodniczych (fizyka, chemia, biologia, medycyna), ale także miało dalekosiężne skutki praktyczne dzięki wykorzystaniu tego wynalazku w metodach diagnostycznych (radiologia) oraz jako czynnika katalizującego rozwój farmakologii.

2.1. Wynalazek tranzystora i jego rozwój

Historia nowoczesnej elektroniki¹⁵ rozpoczęła się w 1906 roku. Wówczas Lee de Forest (1873-1961) odkrył, że dwie elektrody umieszczone w próżni mogą zwiększać natężenie prądu i działać jak przełącznik. Trioda (i dioda) próżniowa stały się podstawą dla rozwoju radiotechniki. Dzięki wprowadzeniu lamp elektronowych stopniowo stało się możliwe przede wszystkim elektroniczne przetwarzanie sygnałów promieniowania elektromagnetycznego. Lampy próżniowe bardzo szybko się rozpowszechniły a ich produkcja stawała się coraz łatwiejsza. Były wykorzystywane w odbiornikach radiowych¹⁶ i telefonach, m.in. jako wzmacniacze. W późniejszym okresie (po II wojnie światowej) lampy elektroniczne były także wykorzystywane jako elementy logiczne w komputerach, ale w przypadku tych zastosowania zdecydowanie się nie sprawdzały, gdyż dochodziło do paradoksalnych sytuacji, kiedy czas potrzebny na konserwację tego typu urządzeń przewyższał czas ich eksploatacji (ENIAC¹⁷). Do końca I wojny światowej

¹⁵ Geneza elektroniki sięga XIX wieku (można przyjąć, że odkrycie elektronu w roku 1897 J. J. Thomsona jest taką cezurą), ale dopiero na początku wieku XX stała się ona wyodrębnioną dziedziną nauki i techniki. Sama nazwa *elektronika* (ang. *electronics*) pojawiła się w Stanach Zjednoczonych i w Anglii dopiero w latach 20. ubiegłego stulecia. Ważne znaczenie dla rozwoju elektroniki miał też wynalazek telefonu. Dynamikę propagacji tego wynalazku mogą ilustrować następujące fakty. W 1881 – pięć lat po wynalezieniu telefonu przez Bella – w Warszawie powstała pierwsza telefoniczna sieć miejska. Pięć lat później w Warszawie było 600 aparatów telefonicznych, w roku 1914 w Warszawie było już 33 000 posiadaczy aparatów telefonicznych. Rozwój telefonii wiązał się z potrzebą budowy wzmacniaczy, a te wymagały lamp elektronowych.

¹⁶ Pod koniec 1930 roku było w USA około 15 milionów radioodbiorników, co odpowiadało połowie liczby gospodarstw domowych.

¹⁷ Elektroniczny i Numeryczny Integrator i Komputer (*Electronic Numerical Integrator And Computer*) posiadał ok. 18 000 lamp (dokładnie 17468 lamp elektronowych, 1500 przekaźników, 70 000 oporników i 10 000 kondensatorów), z których kilka przypalało się w ciągu doby. Średni czas bezawaryjnej pracy wynosił około pół godziny.

firma Western Electric produkowała rocznie milion lamp¹⁸. Równocześnie poszukiwano jednak bardziej wydajnych i zarazem bardziej niezawodnych urządzeń, które mogły spełniać podobne funkcje. Dobrymi kandydatami wydawały się materiały półprzewodnikowe. Pierwsze trzy patenty na urządzenia, które miały podobne funkcje do wynalezionej później tranzystora zostały udzielone w 1928 r. w Niemczech Juliusowi Edgarowi Lilienfeldowi¹⁹ (1881-1963). Nie ma bezpośrednich dowodów na to, że urządzenia te zostały zbudowane, ale późniejsze prace przeprowadzone w latach 90. ubiegłego wieku pokazały, że urządzenie takie mogło pracować. W 1934 niemiecki fizyk Oskar Heil (1908-1994) opatentował sposób kontrolowania rezystancji w urządzeniach półprzewodnikowych znajdujących się w zewnętrznym polu elektrycznym. W roku 1916 Jan Czochralski (1885-1953) opracował metodę²⁰ produkcji dużych monokryształów, znaną później jako „metoda Czochralskiego²¹”. W pierwszej połowie XX wieku znane były właściwości niektórych półprzewodników. Efekt prostujący prąd zmienny na styku z ostrzem metalowym selenu, tlenku miedzi, krzemu i germanu był dobrze znany. Struktury takie mogły spełniać funkcje diod, ale ich zastosowanie w okresie przedwojennym było ograniczone, gdyż technologia wytwarzania tych elementów nie została wówczas zadowalająco opanowana i ich parametry użytkowe były niekiedy gorsze niż dobrze rozwiniętych w tym czasie diod próżniowych. W laboratorium Bella w latach trzydziestych XX w. prowadzono badania półprzewodników. W okresie powojennym (1946-47) prace te zostały wznowione. Po wyjaśnieniu wcześniejszych niepowodzeń, dzięki teorii zjawisk powierzchniowych na półprzewodnikach opracowanej przez Bardeena konstrukcja pierwszego tranzystora była już tylko kwestią czasu. Czynnikiem stymulującym te odkrycia był też wzrost zainteresowania elektroniką ze strony instytucji wojskowych, spowodowany potrzebą budowy radaru na wysokie częstotliwości.

¹⁸ Poziom produkcji lamp elektronowych przekroczył w 1936 roku 100 milionów sztuk.

¹⁹ Lilienfeld pochodził z Lembergu (Lwów). W latach 20. ubiegłego wieku pracował m.in. na uniwersytecie w Lipsku nad skraplaniem wodoru. W tym czasie opracował kilka innych wynalazków (m.in. prototyp kamery przemysłowej). W roku 1926 wyemigrował do Stanów Zjednoczonych, gdzie opatentował konstrukcję MESFET (metal/semiconductor FET – field effect transistor) i w roku 1928 MOSFET (metal – oxide transistor).

²⁰ Czochralski bezskutecznie próbował wymyślić sposób pomiaru szybkości, z jaką tworzą się kryształy metali. Przypadkowo odkrył natomiast sposób wyciągania kryształu z rozpuszczonego metalu lub półprzewodnika. Główne idee tej metody zostały zawarte w pracy J. Czochralskiego *Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle*, „Zeitschrift für Physikalische Chemie”, 92 (1917): 219. Praca ta ciągle jest jednym z najczęściej cytowanych artykułów polskich uczonych. Podstawowe informacje o tym uczonym można znaleźć m.in. w B. Paszkowski, A. Jeleński, *Profesor Jan Czochralski*, „Elektronika” 5 (1999): 3-12; A. Pajączkowska, *W 115 rocznicę urodzin Jana Czochralskiego*, „Postępy Fizyki” 51 (2000): 1-3.

²¹ Metodę – po licznych modyfikacjach – zastosował w 1950 do produkcji kryształu Germanu G. K. Teal (1907-2003).

Jak pisze Robert Buder: „Tranzystor, stanowiący fundament nadchodzącej ery półprzewodnikowych przenośnych odbiorników radiowych, telewizorów i komputerów, był najważniejszym osiągnięciem technicznym, jaki przyniósł program budowy radarów na mikrofalę w czasie wojny. Wprawdzie wynalazek ten powstał dzięki połączeniu wyników przedwojennych badań prowadzonych w kilku kierunkach, ale jego istotę stanowią staroświeckie kryształki półprzewodnikowe, które do Stanów przywiózł Norman Ramsey w lipcu 1941 roku, po ostatecznej próbie sił między samolotowymi radarami przechwytyjącymi projektu Laboratorium Promieniowania i Telecommunications Research Establishment. Delikatne kryształy w dużym stopniu przyczyniły się do przejścia w USA na detektory krystaliczne i przyczyniły się do rozpętania gorączkowego wyścigu w badaniach materiałów półprzewodnikowych, takich jak krzem i german, które stworzyły podstawę dla późniejszego wynalazku Laboratoriów Bella”²².

Pierwszy tranzystor²³ (tzw. ostrzowy) został skonstruowany 16 grudnia 1947 w laboratoriach firmy Bell Telephone Laboratories. Wynalazcami byli John Bardeen²⁴ (1908-1991) i Walter Houser Brattain (1902-1987) oraz William Bradford Shockley²⁵ (1910-1989), który był kierownikiem tego projektu. Kierownictwo Laboratorium Bella ujawniło odkrycie tranzystora bipolarnego na konferencji prasowej dopiero 30 czerwca 1948. Przed tą datą odkrycie było utajnione. W ciągu pierwszego półrocza 1948 prowadzono intensywne prace nad określeniem podstawowych właściwości oraz nad technologią wytwarzania tranzystorów. Opanowanie nowej technologii umożliwiającej podjęcie produkcji tranzystorów ostrzowych zajęło około dwóch lat, ale nie były to udane konstrukcje. Produkcja tranzystorów złączowych konstrukcji Shockley’a, która ruszyła w 1954 roku zdecydowała o przewadze tego urządzenia nad triodą, ale dopiero od 1959 roku – dzięki spadkom cen tranzystorów – uzyskały one trwałą przewagę nad lampami elektronowymi. Obecnie każdego roku produkowanych jest około

²² R. Buder, *Radar. Wynalazek, który zmienił świat*, Warszawa: Prószyński i S-ka 2006, s. 328.

²³ Według oficjalnej dokumentacji z Laboratoriów Bella nazwa urządzenia wywodzi się od słów transkonduktancja (*transconductance*) i warystor (*varistor*). Nazwę tranzystor wymyślił J. R. Pierce, który starał się połączyć istniejące już nazwy elementów półprzewodnikowych takich jak waristor i termistor z własnością zwaną transkonduktancją, najważniejszą cechą lamp elektronowych, które miał zastąpić tranzystor.

²⁴ John Bardeen jest jedyną osobą, która dwukrotnie otrzymała nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

²⁵ Shockley był profesorem uniwersytetu w Stanford i członkiem Narodowej Akademii Nauk w Waszyngtonie. W 1950 odkrył prawo (Równanie Shockleya), które opisuje związek pomiędzy napięciem elektrycznym na diodzie i płynącym przez diodę prądem elektrycznym. W 1956 razem z Brattainem i Bardeenem dostali Nagrodę Nobla za odkrycie tranzystora. Z uwagi na wyrażane przez niego w późniejszym okresie rasistowskie poglądy jego osoba jest dzisiaj ciągle przedmiotem sporów. W ostatnich latach wyszła monografia na jego temat próbująca wyważyć te sprzeczne opinie. Por. J. N. Shurkin, *Broken Genius: The Rise and Fall of William Shockley, Creator of the Electronic Age*, New York: Palgrave Macmillan. 2006.

10 milionów razy więcej tranzystorów, niż istnieje gwiazd w Drodze Mlecznej. Najbardziej zaawansowane układy scalone składają się z ponad miliarda tranzystorów.

Od wynalezienia tranzystora datuje się bardzo silny rozwój elektroniki. Spowodowane to było coraz szerszą skalą zastosowania układów elektronicznych, m.in. w telekomunikacji, przemyśle wojskowym, technice obliczeniowej oraz w wielu sferach życia codziennego. Dodatkowo występował tu swoisty mechanizm sprzężenia zwrotnego. Postępy w produkcji tranzystorów wskazywały, że jest to dziedzina bardzo atrakcyjna ekonomicznie. Warte zauważenia jest także to, że w obszarze znajdującym się na styku badań podstawowych i produkcji umiejętnie zachowano proporcje między nakładami na bezpośrednią produkcję i nakładami na prace badawczo-rozwojowe.

Pierwszym komercyjnym produktem wykorzystującym tranzystor był aparat słuchowy, który trafił na rynek w 1952 roku. Dwa lata później można było kupić pierwsze radio tranzystorowe. Jego producentem była firma Texas Instruments. W połowie lat 50. tranzystory szybko się upowszechniły dzięki lepszym osiągom niż tradycyjne lampy próżniowe. Były znacznie mniejsze od lamp próżniowych, ale dla pewnych zastosowań nadal pozostawały za duże. Głównym czynnikiem stymulującym rozwój układów scalonych była potrzeba doskonalenia urządzeń elektronicznych będących na wyposażeniu samolotów.

Dwaj inżynierowie niezależnie od siebie (i prawie w tym samym czasie) wpadli na pomysł, aby zbudować cały układ elektroniczny składający się z tranzystorów na jednym kawałku podłoża²⁶. J. Kilby (1923-2005) w firmie Texas Instrument oraz R. N. Noyce²⁷ (1927-1990) w firmie Fairchild po serii badań nad miniaturyzacją opracowali pierwsze modele półprzewodnikowych układów scalonych²⁸. Jack Kilby stworzył układ scalony, umieszczając na jednym kawałku krzemu pięć elementów elektronicznych.

Układ scalony może być wykonany z jednego kryształu półprzewodnika (tzw. scalone układy monolityczne) lub naniesiony warstwowo na izolujące podłoże (scalone układy cienkowarstwowe). Pierwsze scalone układy wytworzono w 1958 w USA. Produkcja seryjna układów scalonych w Stanach Zjednoczonych rozpoczęła się już w roku 1963 (wyprodukowanych ich wówczas około 0,5 miliona sztuk). W ciągu pięciu następnych lat roczna produkcja wzrosła 137-krot-

²⁶ Patent na tego typu urządzenie został wydany H. Johnsonowi już w 1953, ale wówczas nie było jeszcze stosownych technologii wprowadzenia tej idei w życie. Sytuacja ta ilustruje dobrze znany fakt, iż ludzka inwencja zdecydowanie wyprzedza możliwości technologiczne.

²⁷ Dzięki jego wsparciu finansowemu istnieje Instytut sponsorujący badania naukowe i technologiczne, kierowany obecnie przez jego córkę, Penny Noyce.

²⁸ Był to przykład odkrycia równoczesnego, który prowadził do sporów w zakresie możliwości jego opatentowania. Pierwszy układ scalony zaprezentował Kilby 12 września 1958. Mija zatem pół wieku od tego ważnego wydarzenia. W roku 2000 za wkład w konstrukcję układu scalonego J. Kilby dostał Nagrodę Nobla z fizyki.

nie, ale równocześnie nastąpił prawie 10-krotny spadek średnich cen układów scalonych. Pod koniec lat sześćdziesiątych pojawiły się pierwsze informacje o opanowaniu produkcji układów scalonych o bardzo dużym stopniu integracji oraz o wprowadzeniu techniki komputerowej do projektowania i optymalizacji ich konstrukcji. Na początku lat siedemdziesiątych wprowadzono do produkcji doświadczalnej i małoseryjnej przyrządów półprzewodnikowych technologię elektronowo-jonową (rzeźba elektronowa oraz implantacja domieszek)²⁹. Tanie i masowo produkowane układy scalone otrzymuje się współcześnie metodą fotograficznego maskowania i trawienia płytek krzemowych. Przykładami scalonych układów są mikroprocesory i moduły pamięci półprzewodnikowej.

Pierwsze mikroprocesory (Intel 4004) pojawiły się na rynku w 1970 w związku z rosnącą potrzebą produkcji tanich kalkulatorów. Późniejszy szybki wzrost mocy obliczeniowej procesorów idący równoległe z równie szybkim spadkiem ich cen spowodował gwałtowny rozwój rynku komputerów osobistych.

Gordon Moore – jeden z założycieli firmy INTEL – opublikował w kwietniu 1965 roku na łamach pisma *Electronics* prognozę znaną obecnie jako „prawo Moore’a”. W oryginalnym sformułowaniu stwierdza ona, że ekonomicznie optymalna liczba tranzystorów w układzie scalonym będzie się podwajać co 18-24 miesiące³⁰. Prawidłowość tę stosuje się do określenia postępu technologicznego w innych obszarach, a także do pokazania wzrostu nauki. Inna wersja tego prawa mówi, że „moc obliczeniowa komputerów podwaja się co 24 miesiące” lub liczba tranzystorów integrowanych w chipie podwaja się w ciągu każdych około dwóch lat (moc przetwarzania, mierzona w milionach instrukcji wykonywanych na sekundę (MIPS), zwiększyła się dzięki zwiększeniu liczby tranzystorów). Prawo Moore’a oznacza także zmniejszenie kosztów produkcji, co skutkuje tym, że coraz powszechniej i coraz łatwiej procesory są adaptowane do różnych zadań. Dzisiaj mikroprocesory znajdują różnorodne zastosowania od zabawek, aż po technologie kosmiczne. Jednym z głównych powodów, dzięki któremu ten wykładniczy wzrost jest możliwy, jest stosowanie coraz mniejszych elementów w procesie produkcji³¹. Inne istotne ograniczenia wynikają ze skończoności prędkości światła, stawiając nieprzekraczalną barierę minimalnego czasu potrzebnego na nawiązanie komunikacji między oddalonymi od siebie elementami komputerów lub sieci

²⁹ W Polsce wprowadzono pierwsze komputerowe metody projektowania topografii układów scalonych w połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Początkowo były to proste metody, obejmujące rysowanie projektów topografii układów i wycinania masek z folii rudytylowej. Od 1976 r. wprowadzono interaktywne metody projektowania układów scalonych. Opóźnienie technologiczne Polski wynosiło wówczas kilka lat.

³⁰ Wykładniczemu wzrostowi ma podlegać także 1) stosunek mocy obliczeniowej do kosztów produkcji, 2) ilości tranzystorów w stosunku do powierzchni układu, 3) wielkość pamięci RAM, 4) pojemności dysków twardych, 5) przepustowości sieci.

³¹ Współcześnie dominują technologie 90, 65 i ostatnio 45 nm, kiedy we wczesnych latach 90-tych używano technologii 500 nm.

komputerowych. Ze względu na niemożliwość zejścia z rozmiarem struktur poniżej rozmiaru atomu tzw. prawo Moore’a musi przestać obowiązywać. Przypuszcza się, że stanie się to w wyniku spowalniania polepszania pewnych parametrów, jak szybkość czy pojemność. Od wielu lat prognozuje się koniec obowiązywania prawa Moore’a. W listopadzie 2006 sam Gordon Moore oświadczył, że według niego za 2–3 lata (w 2008 lub 2009 roku) prawo to przestanie obowiązywać.

2.2. Odkrycie rezonansu magnetyczny i jego zastosowania³²

Metodę diagnostyczną tomografii komputerowej należy traktować jako kolejny etap rozwoju metod diagnostycznych opartych na połączeniu zmodyfikowanej aparatury rentgenowskiej i cyfrowo-informatycznych metod przetwarzania danych (wizualizacja). Kolejnym etapem rozwoju tej metody jest tzw. pozytonowa emisyjna tomografia (PET), w której wykorzystywane są metody scyntygrafii (badania izotopowe) w celu kontrolowanej emisji promieniowania gamma uzyskanego z anihilacji pozytonów. Warto zauważyć, że jest to najbardziej efektywna metoda pozwalająca na definitywne stwierdzenie obecności nowotworu w ciele pacjenta. Tomografia emisji pozytonowej była zastosowana w praktyce klinicznej do diagnostyki medycznej (m.in. w onkologii, kardiologii i neurologii/psychiatrii) już na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku.

Zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego odkryły niezależnie w 1945 r. dwa zespoły badawcze fizyków amerykańskich. Pierwszy z tych zespołów pracował na pod kierownictwem Edwarda Purcella (1912-1997) na uniwersytecie Harvarda. Drugim zespołem badawczym, pracującym na uniwersytecie Stanforda, kierował Felix Bloch (1905-1983). Celem tych eksperymentów było zbadanie magnetycznych właściwości jąder atomowych przy pomocy nowych metod eksperymentalnych. Felix Bloch odkryte przez siebie zjawisko nazywał „indukcją magnetyczną”, lecz powszechnie przyjęto nazwę nadaną mu przez E. Purcella – „magnetyczny rezonans jądrowy” (*NMR – Nuclear Magnetic Resonance*), współcześnie – głównie w zastosowaniach medycznych – technikę badawczą opartą na zjawisku magnetycznego rezonansu magnetycznego nazywa się obrazowaniem magnetyczno-rezonansowym (*MRI – Magnetic Resonance Imaging*).

Uzyskane rezultaty wykroczyły jednak daleko poza perspektywę poznawczą fizyki jądrowej. Wkrótce okazało się, że wypracowane techniki badawcze – aczkolwiek nikt wcześniej tego nie przewidywał – można było z powodzeniem

³² Niniejszy fragment jest skróconą wersją artykułu Z. Roskal, *Człowiek jako agregat cząstek materialnych*, [w:] A. Maryniarczyk, K. Stępień (red.) *Dusza Umysł Ciało. Spór o jedność bytową człowieka*, Lublin: Polskie Towarzystwo Tomasza z Akwinu 2007, s. 153-162.

zastosować w chemii, biologii, archeologii i przede wszystkim w medycynie. We współczesnej nauce metody badawcze oparte na zjawisku magnetycznego rezonansu jądrowego mają bardzo szerokie zastosowanie i często prowadzą do szeregu interesujących wyników poznawczych³³, ale największy wpływ na życie współczesnego człowieka odkrycie zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego ma poprzez jego wykorzystanie w diagnostyce medycznej.

Aplikacje metody jądrowego rezonansu magnetycznego (wysokiej rozdzielczości spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego) w medycynie stały się oczywiste, kiedy (1973) udało się zarejestrować widmo rezonansu magnetycznego fosforu pochodzące z czerwonych krwinek. Kalibrując urządzenie przyporządkowano poszczególne pasma widma różnym substancjom zawierającym w swej strukturze atomy fosforu (w tym także ATP). Niezależnie udało się wykazać, że metodą spektroskopii rezonansu magnetycznego można zmierzyć stężenia niektórych substancji chemicznych wewnątrz żywych komórek. W tym samym roku Paul Lauterbur zbudował prototyp urządzenia, które umożliwiło obrazowanie wnętrza ludzkiego ciała, zaś Peter Mansfield (1976) za pomocą rezonansu magnetycznego uzyskał pierwszy obraz fragmentu ludzkiego ciała (palca ręki).

W 1980 roku angielska firma Oxford Instrument Company wyprodukowała bardzo silny (1,9 T) nadprzewodnikowy magnes o takiej średnicy (20 cm), iż można było do niego włożyć ludzką kończynę albo głowę niemowlęcia – i zmierzyć w niej średnie stężenia niektórych substancji, na przykład ATP. W połowie lat 80. produkowano nadprzewodzące magnesy o średnicy 1 m. Rozwój technologii informatycznych oraz coraz doskonalsze (nadprzewodzące) magnesy umożliwiły udoskonalenie tych urządzeń oraz zmniejszenie kosztów ich wytwarzania. Wykładniczy wzrost liczby diagnoz stawianych przy pomocy urządzeń wykorzystujących magnetyczny rezonans magnetyczny sprawił, że w 2003 roku liczba tych urządzeń na świecie przekroczyła 22 tys. Każdego roku korzysta z nich ponad 60 mln osób.

Badanie przy pomocy urządzeń wykorzystujących rezonans magnetyczny umożliwia, w sposób całkowicie nieinwazyjny, ocenę struktur anatomicznych całego człowieka, zwłaszcza zaś ocenę ośrodkowego układu nerwowego (mózg i kanał kręgowy) i tkanek miękkich kończyn (tkanki podskórne, mięśnie i stawy). Obecnie jest to metoda pozwalająca w najlepszy sposób ocenić ewentualną patologię z dokładnością do kilku milimetrów. Badanie służy także nieinwazyjnej ocenie naczyń całego organizmu (tzw. angiografia rezonansu magnetycznego).

³³ Techniki badawcze oparte na zjawisku jądrowego rezonansu magnetycznego szczególne znaczenia mają przy testowaniu działania nowych leków, w szczególności przy próbach określenia ich roli w metabolizmie człowieka. Techniki te są szczególnie efektywne w połączeniu z innymi metodami analitycznymi.

Bibliografia

- R. Hall, *Rewolucja naukowa 1500-1800. Kształtowanie się nowożytnej postawy naukowej*, (tłum. pol. T. Zembrzuski), Warszawa: PAX 1966;
- L. Russo, *Zapomniana rewolucja. Grecka myśl naukowa a nauka nowoczesna*, (tłum. pol. I. Kania), Kraków: Univeristas 2005.
- Historia elektroniki w Polsce i na świecie:
<http://scalak.elektro.agh.edu.pl/students/a1/Strony/HEL1.htm>
http://www.elportal.pl/pdf/k03/03_11.pdf
http://www.elportal.pl/pdf/k03/06_03.pdf
<http://pl.wikipedia.org>