

# de Solla Price, Derek J.

---

## Czym się różni nauka od techniki

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 18/1, 3-15

---

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Derek J. de Solla Price

## CZYM SIĘ RÓŻNI NAUKA OD TECHNIKI \*

Jutro minie sto lat od dnia, kiedy młody Edison obchodził swe 21 urodziny. W poprzedzającym je roku, dając upust rozpierającym go ambicjom biednego i niewykształconego młodzieńca, postanowił szukać szczęścia w bajecznych krajach Ameryki Łacińskiej. Uczył się języka hiszpańskiego i dotarł aż do Nowego Orleanu, gdzie pewien przyjaciel wyperswadował mu ów pomysł. Natomiast dwaj jego towarzysze wyprawy podążyli dalej statkiem do Vera Cruz i szybko zmarli na szalejącą tam żółtą febrę. Edison zaś powrócił do Bostonu i zaczął czytać dzieła Faraday'a. Pod wpływem owej lektury, w krótkim czasie uzyskał pierwszy ze swych 1097 patentów, dotyczący jakiegoś ulepszenia telegrafu elektrycznego.

Niewiele brakowało, a spaliłoby na panewce życie człowieka, który stał się chlubą i legendą Ameryki, najbardziej pożytecznym obywatelem Stanów Zjednoczonych, dobroczyńcą ludzkości oraz wzorem wielkiego wynalazcy. Jedna mała książeczka w rodzaju *A Boy's Life of Thomas Alva Edison (Dzieciństwo Tomasza Edisona)* zdziałała więcej dla inspiracji całego pokolenia naukowców i inżynierów, niż wszystkie lekcje nauk ścisłych w szkołach. Zawdzięcza jej również powstanie niewiarygodna wprost liczba ulepszonych pułapek na myszy, które miały (bezskutecznie) zapewnić swym wynalazcom bogactwo i sławę na wzór bohatera ich marzeń. Właśnie w owym czasie otwały się tutaj upusty wynalazczości i w ciągu ostatniego stulecia pojawiły się amerykańskie samochody i traktory, bomby i reaktory jądrowe, chemikalia i komputery, telewizja i sztuczne satelity telekomunikacyjne, rakiety oraz wszystkie inne symbole wyrafinowanej potęgi intelektualnej. Było to stulecie tak bardzo „amerykańskie”, że reszta świata głęboko odczuwa obecnie swoje zacofanie techniczne. Nie tylko dobrobyt i potęgę militarną narodów, ale również samo utrzymanie się przy życiu w nowoczesnym świecie, zależy dzisiaj bardziej od ich waleczności na polu nauk ścisłych i techniki, niż od posiadanych przez nie bogactw naturalnych czy rezerw zwykłej siły roboczej.

\* Artykuł niniejszy jest referatem *The Difference Between Science and Technology*, który został ogłoszony przez prof. Dereka J. de Solla Price'a w Dallas w Teksasie 10 II 1968 z okazji dorocznych obchodów urodzin Edisona (International Edison Birthday Celebration), opublikowany zaś przez Thomas Alva Edison Foundation. Co roku dzień 11 lutego poświęcony jest wynalazcy pod nazwą Edison Science Youth Day w Stanach Zjednoczonych i ponad 20 innych krajach. Wystąpienie prof. Price'a adresowane było przede wszystkim do obecnych na uroczystości studentów oraz nauczycieli szkół średnich, zawiera jednak tak wiele interesujących i istotnych dla historyków nauki i techniki oryginalnych myśli i spostrzeżeń, że wydaje się celowe udostępnienie jego tekstu Czytelnikom „Kwartalnika Historii Nauki i Techniki”. W artykule, tłumaczonym przez Bolesława Orłowskiego, chodzi oczywiście o nauki ścisłe, którym odpowiada angielski termin *science*. (Przypis redakcji).

Doszło do tego, że pojawiło się coś w rodzaju kultu techniki w ogóle. Każdy zacofany kraj, choć pełen nędzy i analfabetyzmu, koniecznie musi mieć mały reaktor jądrowy, aby uczestniczyć w magii nowej epoki. Co gorsze, państwa duże i małe, bogate i biedne, zbałamucone autorytetem planowania i eksperymentów w epoce nauki, dochodzą do wniosku, że mogłyby zaoszczędzić sobie marnotrawienia pieniędzy na bezużyteczne nauki i mniej ważne technologie i finansować tylko te sensowne gałęzie techniki, które przynoszą im bezpośrednie korzyści. Powstaje ważne pytanie, w jakim stopniu należy rozwijać je we własnym kraju.

Jeszcze poważniejsze kłopoty mają największe i najbardziej rozwinięte pod względem naukowym kraje. Eksplozja nauki w naszym społeczeństwie przebiega tak szybko, że w Stanach Zjednoczonych i w Związku Radzieckim stało się zupełnie jasne, iż państwu zaczyna brakować dostatecznych ilości pieniędzy i ludzi dla utrzymania rozwoju nauki w tempie, do którego zdążyło przywyknąć. Powinno się teraz biadać nad krajami nadmiernie rozwiniętymi! Dziesięć lat temu Stany Zjednoczone reprezentowały około jednej trzeciej nauki światowej, a obecnie przypada na nie już tylko około jednej czwartej. Wprawdzie nie należy się tym jeszcze zbyt przejmować, ale proces ów ulega przyspieszeniu i trzeba się przyzwyczaić do myśli, że coraz więcej ważnych pomysłów będą najpierw rozwijać współzawodniczące z nami kraje. Należy się spodziewać w przyszłości „drenażu mózgów” ze Stanów Zjednoczonych (a także ze Związku Radzieckiego, jeśli na to pozwoli), porównywalnego z drenażem mózgów z Wielkiej Brytanii, albo może nawet większego i szybszego.

Już dzisiaj można dostrzec pierwsze oznaki napięć, w miarę jak zaczyna wysychać obfite źródło federalnych dotacji na naukę, a walka o pieniądze i ludzi przybiera w całym kraju na sile. Stają się też widoczne objawy budzącego się „antyscjentyzmu” — jest to przejaw rozczarowania i zwrotu w opinii publicznej, który przybiera rozmaite formy. Znajduje on przede wszystkim wyraz w niejasnym odczuciu, w którym naukę zazwyczaj utożsamianą dotąd z dobrem, kojarzy się obecnie ze zniszczeniem i złem — mając na myśli broń jądrową, napalm, elektroniczne urządzenia podsłuchowe, wojnę biologiczną i powszechne zatrucie środowiska, w którym żyjemy.

Ponadto dostrzega się również, że nauki ściśle zaczynają się odrywać od ogólnego nurtu życia intelektualnego. Młody Edison mógł się pasjonować czytając prawie bez przygotowania prace naukowe Faraday'a z dziedziny elektryczności doświadczalnej, opublikowane niewiele wcześniej. Jednakże już wówczas publikował również swe prace Maxwell i od tego momentu nauki ściśle zmieniły się tak bardzo, iż porównywalne z eksperymentami Faraday'a badania w dziedzinie fizyki wielkich energii, wymagają obecnie znajomości czegoś w rodzaju specjalnego języka matematycznego, dostępnego jedynie dla bardzo wąskiej i wyspecjalizowanej elity niewielu fizyków matematycznych. Nikt, bez względu na to jak by nie był zdolny, nie potrafi czytać owego języka matematycznego jeśli się nań natknie, bez odpowiedniego przygotowania — zapoznania się z wielu książkami, uzyskania doktoratu z fizyki i odbycia czterech lub pięciu lat dalszych studiów specjalistycznych. Technika Niższa, którą można było uprawiać już cztery tysiące lat temu, rozwinęła się w Technikę Wyższą.

W istocie, nauki ścisłe stały się niesłychanie trudne na całej linii. Dzisiaj mamy stosunkowo mniej nauczycieli i o mniejszej kompetencji niż w czasach Edisona. W 1890 r. prawie czwartej części studentów szkół wyższych wykładano fizykę, obecnie kształci się w tym przedmiocie zaledwie około pięciu procent. Zmieniły się warunki — nauczyciele są oczywiście o wiele lepsi niż dawniej, ale fizyka stała się pod każdym względem o wiele trudniejsza w jeszcze większym stopniu.

Mam nadzieję, że naszkicowałem obraz ponury i niepokojący. Uczyniłem to rozmyślnie, w przekonaniu, że każdy z was jest w jakiś sposób oddany nauce i technice i wobec tego automatycznie nastawi się na obronę nauki oraz takie pokierowanie sprawami, aby usunąć albo przynajmniej zredukować zło, o którym wspominałem. Poniekąd celowo sprwadziłem was na manowce, ponieważ wiele z mych uwag krytycznych wiąże się z bardzo prostym i rozpowszechnionym, ale rozpaczliwie naiwnym pomieszaniem pojęć. Naiwność w tym względzie wydaje się ogromnie niebezpieczna, pragnę więc uczynić wszystko co w mojej mocy aby ją wypenić, nawet jeśli nie potrafię rozwiązać owych problemów. Wspomniane pomieszanie pojęć dotyczy z jednej strony nauk ścisłych, z drugiej zaś techniki. Wygodnie jest oszukiwać samych siebie i uważać, że wiemy co oznaczają oba te terminy. Niemal równie łatwo można stwierdzić oczywistość ich wzajemnej, prostej zależności. Przyjmuję się, że czyste albo podstawowe nauki ścisłe zajmują się poznawaniem natury, a zdobytą wiedzę należy następnie stosować, tworząc technikę, którą można dowoli rozwijać aby naginać naturę stosownie do woli człowieka (a w kraju kapitalistycznym, w każdym razie, również po to, aby zapewnić sobie pożądaną zysk). Ponieważ z owego prostego modelu wynika jasno, że to nauki ścisłe dają początek wszystkim dobrodziejstwom, których pragniemy, cała sztuka wydaje się polegać poprostu na wynajdywaniu pomysłowych sposobów stosowania całej tej wiedzy, którą już posiadamy, a przy tym posuwaniu naprzód frontu wiedzy. W coś takiego wierzył właśnie Edison. Jego zawodem było wynajdywanie, nie odkrywanie — chciałbym zwrócić uwagę na tę, typową dla omawianego zagadnienia, różnicę. Edison był dumny z faktu, że w razie potrzeby może wynajmować chemików i matematyków. Oni nie mogli go wynajmować. Od tamtych czasów sytuacja uległa całkowitemu odwróceniu. Stało się częścią pogoni za pozycją społeczną i walki o miejsce w „porządku dziobania”, że fizycy i matematycy uważają się za coś lepszego od chemików, ci zaś z kolei doświadczają podobnych uczuć w stosunku do inżynierów. Edison mógł by się nawet spotkać w lekceważeniu, ponieważ w ogóle nie był uczonym, a jedynie wynalazcą (choć dokonał raz przypadkowego odkrycia tzw. zjawiska Edisona, które umożliwiło stworzenie lampy elektronowej, a więc w pewnym sensie też należało do techniki). Cóż jednak jest w gruncie rzeczy tak złego w zawodzie inżyniera? Dlaczego automatycznie mówimy o „czystej” nauce, jakby technika była brudna? Jest w tym określeniu wyrachowana deprecjacja — podobnie, mówiąc o „wolnym” świetle sugerujemy tym, do których się zwracamy, że są niewolnikami.

Przejdźmy zatem od inwektyw, a także wrodzonych nam wrażeń i nadziei, do w miarę obiektywnego zbadania tego, czym się różnią nauki ścisłe od techniki — porównując obie te dziedziny, przeciwstawiając je sobie oraz określając ich nader ważny wzajemny stosunek. (Będę unikał zgoła terminu „nauki stosowane”, który przesądza sprawę i tylko wprowadza dodatkową dwuznaczność). Sądzę, że musimy się zgodzić, iż

zarówno w nauce jak i w technice powinniśmy skoncentrować uwagę na „badaniach” na pierwszym froncie myśli twórczej, tam gdzie powstają nowe wartości. Jeśli będziemy wiedzieć jak to się dzieje, względnie łatwo zrozumiemy stosunki panujące wśród tych, którzy pracują poza właściwym frontem badań. W rzeczywistości nie będzie to wcale tak łatwe jak można by przypuszczać, ponieważ zdecydowana większość ludzi zatrudnionych jest raczej poza frontami badań, niż bezpośrednio na nich. Dzieje się tak dlatego, że uprawianiu nauk ścisłych i techniki towarzyszy najostrzejsze współzawodnictwo do jakiego zdolny jest człowiek, znacznie zacieklejsze niż np. rywalizacja w świecie biznesu i finansów. Trzeba twardo walczyć aby osiągnąć szczyt, toteż większości nie udaje się to niełatwe przedsięwzięcie. Można by dosadnie powiedzieć, że nauczyciele nauk ścisłych są tymi, którym nie udało się dostać na właściwy front badań, a technicy są wynalazcami, którzy nigdy nie dokonali wynalazku. Na szczęście natura wynagradza to, tworząc pod dostatkiem wspaniałych ludzi, którzy są bardziej powołani, żeby być dobrymi nauczycielami niż „zbankrutowanymi” uczonymi itp., nie należy wszakże zapominać o tym, że istnieją zasadnicze różnice w pozycji oraz, oczywiście, w uposażeniu. Powodem dla którego funkcjonuje to wcale nieźle jest fakt, że poza pieniędzmi istnieją jeszcze inne rekompensaty w systemie, który produkuje uczonych i wynalazców, nauczycieli i techników. Szczególna satysfakcja, związana z karierą naukową, jest oczywiście, jedną z kluczowych jej motywacji.

Trzeba sobie zdać sprawę, że w naukach ścisłych i technice nie istnieją, jak się wydaje, jakieś absolutne kryteria twórczych osiągnięć. Trudność jakiegoś problemu polega na tym, że bardzo niewielu ludzi jest w stanie się nim zająć — gdyby wszyscy ludzie stali się bardziej inteligentni albo otrzymali lepsze komputery, problem mógłby zostać rozwiązany lub stałby się banalnie łatwy. Jeśli prawie każdy może tego dokonać, nie jest to w istocie warte zachodu. Na tym polu jednostkę wybitną spotyka się w przybliżeniu raz na tysiąc osób, geniusza zaś raz na milion.

Zarówno nauki ścisłe jak i technika są zajęciami wybitnie twórczymi. W obu dziedzinach premiowani są ci, co umieją kojarzyć pomysły na interesujące sposoby, które po prostu nie przychodzą do głowy innym ludziom. Edison i Einstein zgodziliby się zapewne w zupełności, że najistotniejszą częścią ich motywacji było „dokonywanie czegoś jako pierwszy przed innymi rywalami”. W przeciwieństwie do rozpowszechnionych mniemań, iż nowoczesne prace badawcze inspirowane są przez naturalną ciekawość albo podejmowane w nadziei czynienia dobra, z wielu ich przykładów wynika, że główną z pobudek jest w istocie rzeczy współzawodnictwo.

Tu właśnie występuje jedno z najważniejszych i najbardziej interesujących przeciwieństw pomiędzy naukami ścisłymi a techniką. W naukach ścisłych wiesz, że pokonałeś rywala, jeśli pierwszy ogłosiłeś rezultat. Publikując, zapewniasz sobie prawo do prywatnej własności intelektualnej. W technice jest na odwrót. Kiedy dokonasz wynalazku musisz go opatentować, musisz chronić go przed szpiegostwem przemysłowym, musisz upewnić się, że jest produkowany i sprzedawany na długo przedtem, zanim jakiś rywal mógł go skopiować lub zastąpić innym. W technice strzeżesz swej własności prywatnej w zwykły, zazdrosny sposób — co dziwniejsze, dzieje się tak nawet w krajach socjalistycznych, gdzie wynalazki nie są własnością prywatną, a ogólnona-

rodową. Przykładem niech będzie postępowanie Rosji w sprawie jej rakiet\*\*.

Różnica wypływa, jak sądzę, z faktu, że jeśli nawet nauki ścisłe, filozoficznie biorąc, polegają na odkrywaniu i uogólnianiu praw przyrody, sama natura oddziaływuje w zdecydowany sposób tak, jak gdyby istniał tylko jeden świat do odkrycia. Co więcej, wygląda na to, że musi on być odkrywany warstwa po warstwie, jakby na modłę *strip-tease'u*. Oznacza to, że jeśli Boyle nie odkrył swego prawa, wówczas musiałby dokonać tego ktoś inny. I w istocie uczynił to Mariotte. Gdyby Planck nie wykrył swej stałej, mówilibyśmy o stałej Joego Blogga. Można by odnieść wrażenie, jakgdyby każdy fakt i każda teoria leżały oczekując aż zostaną odkryte. Co więcej, kiedy przychodzi na nie czas, odkrywane są przez kilku, współzawodniczących ze sobą ludzi. Jest to twórczość zupełnie wyjątkowego rodzaju. Problemy na które napotkał Boyle zabiegając o uznanie swego pierwszeństwa były całkowicie odmienne od problemów Beethovena, czy Picassa. Czasami dochodzi się do identycznego rezultatu w technice, np. w trakcie walki o tę samą nagrodę w konkursie, ale na ogół jest tam znacznie więcej swobody niż w naukach ścisłych. Jestem głęboko przekonany, że jeśliby mali zieloni ludkowie wylądowali na swych latających talerzach i rozpoczęli z nami rozmowy, stwierdzilibyśmy od razu, że ich nauki ścisłe muszą być bardzo podobne do naszych. Oni mogliby wiedzieć więcej, mogliby wiedzieć nieco inaczej, ale na ogół ich stała Plancka musi być taka sama jak nasza, a ich świat musi również posiadać kwasy i zasady w stanie płynnym. Nauki ścisłe są całkowicie ponadnarodowe. Muszą być takie same dla Stanów Zjednoczonych i Związku Radzieckiego, dla katolika i ateisty, dla planety Ziemi i mieszkańców najdalszej z galaktyk. Z drugiej strony nie ma powodu, dla którego powinnyby oni wynaleźć żarówkę elektryczną. Mogli dojść do świetlówek czy luminoforów. Mogą nie mieć samochodów, podobnie jak my nie mamy takich latających talerzy jak oni. Technika jest specyficzną właściwością danej cywilizacji, podczas gdy nauki ścisłe (o ile ta cywilizacja w ogóle je uprawia) podlegają rozwojowi, który wydaje się bardziej narzucony przez naturę niż własności naszego umysłu. Każdy rezultat w twórczej działalności Boyle'a i Einsteina stwarzał problemy dotyczące priorytetu i własności, które nigdy nie stały się udziałem nie tylko Beethovena czy Picassa, ale nawet wielkich historyków i filozofów.

Boyle i Einstein byli zmuszeni do owego otwartego publikowania swych osiągnięć dla wieczystego archiwum, które wydaje się znamionować nauki ścisłe. Ta właśnie cecha z pewnością sprawia, że nauki ścisłe są nie tylko bezosobowe i obiektywne, ale również bardzo pociągająco bezosobowe dla owych bystrzych dzieci, które nie dają sobie rady we współżyciu z ludźmi. Uczony tradycyjnego typu mógł zdobyć sławę i uznanie taką bezosobową publikacją. Samotne dziecko, zgarbione nad książką, może pokonać swych kolegów nawet nie widząc ich i nie będąc przez nich widziane. Może również poznawać Matkę Naturę i podpatrywać jej sekrety. Nawiasem mówiąc, zwróćcie uwagę, że mówiłem o tradycyjnym uczonym — różni się on bardzo od uczonego obecnego pokolenia. Jeśli młodzież nie wierzy nikomu, kto przekroczył trzydziestkę, można to samo niestety odnieść w jeszcze większym stopniu douczonych po trzy-

\*\* Przykład nie wydaje się zbyt trafnie dobrany, w tym wypadku bowiem chodzi bardziej o tajemnicę wojskową niż o produkcyjną (przypis redakcji).

dziestce. Motywacja i osobowość, a nawet sam charakter powołania zmieniły się całkowicie i to na lepsze. Od około dwudziestu lat nasze społeczeństwo błaga młodzież aby była uczonymi jeśli tylko może i daje jej stypendia, subwencje i dotacje. W dawnych czasach tylko ten odważał się być uczonym, kto koniecznie musiał dla dobra własnej duszy. Zgłębiał wówczas fizykę i głodował na poddaszu, niby artysta z paryskiej cyganerii. To społeczeństwo uczyniło naukę zupełnie bezpieczną dla ludzi stosunkowo normalnych. Można by rzec, że dawniejsi uczeni byli jednakami. Mieli oni bardzo wzniosłe pobudki, a zapłatą ich były nie jedynie pieniądze, ale prestiż i uznanie, jakim cieszyli się w swym środowisku naukowym, albo nawet nieprzemijająca sława wśród elity swej specjalności. Obecnie uległo to zmianie. Kiedy przyjechałem po raz pierwszy do Stanów Zjednoczonych, jakieś dwadzieścia lat temu, typową postacią nadczłowieka bohatera komiksów był rodzaj wszechamerykańskiego sportsmena. W ciągu niewielu lat przemienił się on w rodzaj wszechamerykańskiego fizyka nuklearnego, dysponującego jakimiś promieniami i innymi podobnymi akcesoriami — i już choćby ten fakt pozwalał sądzić, że podstawowe reguły gry zmieniły się nieco.

Mówiłem dotychczas jedynie o odmiennych wytworach nauk ścisłych i techniki — można by pokusić się o zdefiniowanie na ich podstawie sposobów prowadzenia badań. Jeśli głównym efektem czyjejs pracy badawczej jest wiedza, coś co musi być otwarcie opublikowane po to, aby mógł rościć sobie do tego prawo, to znaczy iż uprawia on naukę. Jeśli zaś produktem jego pracy jest przede wszystkim jakiś przedmiot, środek chemiczny, metoda — coś co można kupić i sprzedać — to zajmuje się on techniką. Rozważmy teraz nie tylko efekty, lecz również materiały wyjściowe. Dla uczonego materiałem wyjściowym muszą być wszystkie prace naukowe, dokonane przez jego kolegów oraz ich poprzedników. W istocie widać to bardzo wyraźnie, kiedy przegląda się jakąś pracę naukową. Roi się w niej od przypisów, powołujących się na innych badaczy, podręczniki, prace jeszcze nie opublikowane — w każdym razie na prace poprzednie. Analizując owe teksty naukowe można dostrzec bardzo ściśle zażebiającą się konstrukcję pracy naukowej. Prace naukowe tworzone są w procesie przypominającym szydełkowanie albo układanie łamigłówek, której poszczególne elementy splatają się z sąsiednimi. Jak się wydaje, każda praca naukowa powstaje na podstawie około tuzina poprzednich prac. Można by powiedzieć, że funkcjonuje to jak gdyby na zasadzie ludzkiej rodziny — z tym, że dla wyprodukowania dziecka potrzeba tu, zamiast pary, około tuzina rodziców. Rodzice ci krążą w pozabawionej przesądów społeczności i używają życia swobodnie łącząc się w uroczę tuzinowe stadła, stanowiące niezbędne *quorum* dla wyprodukowania w przybliżeniu jednego dziecka rocznie.

W podobny sposób funkcjonują nie tylko nauki ścisłe, ale w ogóle cała nauka. Badania w dziedzinie historii, filologii, czy filozofii również przypominają układanie łamigłówek. Różnica polega na tym, że nauki ścisłe wzrastają w o wiele szybszym tempie, tak ogromnym, że w każdym momencie większość składającej się na nie wiedzy została dopiero co opublikowana. Większość badaczy nauk ścisłych, jacy kiedykolwiek istnieli, żyje obecnie i prawie wszyscy z nich są bardzo młodzi. W tej dziedzinie tak było zawsze. Nie dotyczy to innych gałęzi nauki. Nauki ścisłe posiadły sztukę wiecznej młodości i nowości. Mniej więcej połowa naszej wiedzy w tym zakresie została odkryta w ostatnim dziesięcioleciu. Tak było od stuleci i z pewnością tak będzie jeszcze co najmniej

przez kilka najbliższych dziesięcioleci. Dzieje się tak dlatego, że nauki ściśle rozrastają się z bardzo cienkiego naskórka swego frontu badań, podczas gdy filozofia czy historia może powstawać również z całkiem dawnej wiedzy. Filozofowie nadal mogą z pożytkiem dyskutować o zagadnieniach, które były znakomicie rozważane przez Platona czy Arystotelesa. Zastępują dawnych mistrzów i filozofia rozwija się, ale nie różni się w niej wiedza tak pewna i całkiem nowa, jak w naukach ścisłych.

Było w zwyczaju, że uczeni zajmujący się naukami ścisłymi dowiadywali się o rezultatach swych kolegów z czasopism. W istocie kiedyś zwykli oni czytać książki, następnie wydarzenia narastały tak szybko, że ograniczyli się do czytania artykułów, wreszcie tempo wzrosło do tego stopnia, że czytali oni tylko listy do redakcji w szybko ukazujących się czasopismach, zamieszczających najaktualniejsze wyniki badań. Obecnie sprawę przybrały już taki obrót, że w ogóle nie czytają, tylko porozumiewają się telefonicznie oraz spotykają się na posiedzeniach towarzystw naukowych i konferencjach, najchętniej w komfortowych hotelach pięknych miast całego świata. Obracają się w nielicznych grupach wybranych, tworzących tak zwane „Niewidzialne Kolegia” złożone ze wszystkich, którzy mają coś do powiedzenia w jakiejś ograniczonej, szczególnej specjalności. Grupy te potrafią działać bardzo skutecznie, a członkowie ich w końcu piszą swe prace mimochodem, dostarczając lektury studentom, którzy dążą na front badań. Jednakże zanim taka praca się ukáže, jest już właściwie tak nieaktualna i pozbawiona wszelkich istotnych treści badawczych, że ludziom zatrudnionym na froncie badań nie oplaca się jej czytać.

Technicy mają całkiem odmienne zwyczaje. Podkreślaliśmy już fakt, że na froncie badań gdzie powstają pożyteczne wytwory, publikowanie wyników jest ostatnią rzeczą, której mogliby oni pragnąć. Przeciwnie, starają się siedzieć cicho, aż do odpowiedniego momentu, kiedy rozpoczyna się kampania reklamowa. W istocie, najlepszą lekturą w technice jest czytanie ogłoszeń reklamowych. Technicy zresztą w ogóle pragną wiele czytać. Podobnie jak Edison musiał mieć na podorzędziu chemików i matematyków, a wskazówek do urzeczywistnienia swych zamierzeń szukał na chybił trafił w wielotomowych encyklopediach, a nawet bibliotekach, dzisiejsi technicy chcą czytać wszystko co tylko się ukazuje, w nadziei, że natrafią na coś, co przyda im się przy tworzeniu rzeczy nowych i pożytecznych. Można by to ująć w ten sposób, że uczoney chce pisać, ale nie chce czytać, technik zaś pragnie czytać, ale nie ma ochoty pisać.

Uważam, że tak zwany kryzys informacji jest wynikiem owego przeciwieństwa postaw. Nie było by źle gdyby to, co pragną czytać technicy pokrywało się dokładnie z tym, co piszą uczeni. Tak było za czasów Edisona — mógł on czytać Faraday'a, ale nie potrafiłby czytać Maxwella, który zmatematyzował elektryczną teorię Faraday'a. Technicy chcą czegoś zupełnie innego. Po pierwsze pragną oni czegoś w rodzaju skondensowanej nauki, takiej jakiej wyklada się na uczelniach, kształcących przyszłych naukowców, inżynierów i konstruktorów. Po drugie chcą czegoś jeszcze innego. Pozwolę sobie w tym miejscu przedstawić niektóre obrazowe przykłady, pochodzące od samego Edisona. Pochodzą one z okresu, kiedy zostały wynalezione testy do badania inteligencji. Edison również ułożył własny test, który nazwał „ingoramometrem”. Każdy, kto chciał być dobrym wynalazcą w jego pracowni, powinien był



odpowiedzieć na pytania tego testu w granicach, powiedzmy, 90%. A oto o jakiego rodzaju rzeczach chciał, żeby ludzie wiedzieli:

- 1) Jak garbuje się skórę?
- 2) Skąd sprowadza się najlepszą bawełnę?
- 3) Kto wynalazł logarytmy?
- 4) Gdzie znajduje się Korea (obecnie zbyt łatwe, powiedzmy więc: Sikkim)?
- 5) Ile wynosi napięcie prądu elektrycznego stosowanego do napędu tramwajów (metra)?
- 6) Kto skomponował operę *Trubadur* (kto napisał *Mary Poppins*)?
- 7) Ile waży w przybliżeniu powietrze w pokoju o wymiarach 30 na 20 na 10 stóp?
- 8) (nie Edisona) Jaki jest najcięższy niemetal?
- 9) (nie Edisona) Ile wynosi wytrzymałość krytyczna ludzkiej nogi w kostce?

Idea posiadania tych wszystkich pomieszanych i w większości bezużytecznych wiadomości (zamiast wiedzy, gdzie szukać ich w razie potrzeby), polega na założeniu, że jeżeli zna się tego rodzaju cudactwa, wówczas w chwili natchnienia można kojarzyć je w sposób nieoczekiwany i osiągać wyniki nieosiągalne dla rywali. Technicy pragną nauki „popaczkowanej” przez szkolnictwo oraz wszelkiego rodzaju nieprawdopodobnych rzeczy. Oto dlaczego, krótko mówiąc, nawet jeśli się chce zostać inżynierem, a nie naukowcem, należy przyswoić sobie mnóstwo poważnej wiedzy z zakresu nauk ścisłych. Warto również zauważyć, że zgodnie z tymi wyobrażeniami najbardziej pożyteczną zarówno w dziedzinie nauk ścisłych, jak i w dziedzinie techniki, byłaby osoba potrafiąca kojarzyć razem najodleglejsze dziedziny techniki oraz fragmenty wiedzy. Oznacza to, że program szkół wyższych, a nawet średnich, winien zachęcać skrupulatnych i bystrych w zakresie nauk ścisłych adeptów do rozciągania swej wiedzy jak najszerzej. A więc jeśli pragniesz zostać chemikiem, bez względu na to czy teoretykiem, czy specjalistą od zastosowań, powinienes, tak jak to czynił Edison, sięgać do takich dziedzin jak komputery, sinologia, literatura buddyjska, hodowla pieczarek oraz geologia Nepalu. Są szanse, że będziesz wówczas jedynym nie tylko na swym wydziale, ale na całym świecie specjalistą od takiej kombinacji dyscyplin. Być może pozwoli ci to dostrzec trop, którego na próżno szukali wszyscy inni.

Scharakteryzowawszy z grubsza straszliwe bliźniaki, Dziedzinę Nauk Ścisłych i Technikę, przystąpmy teraz do analizy ich wzajemnego związku. Nauki ścisłe są czymś w rodzaju rosnącej łamigłówki o tuzinie płci — a gdziekolwiek istnieje rodzina wiedzy, co roku pojawia się jej liczne potomstwo. Dawna wiedza rodzi nową w postępie wykładniczym. Od czasu do czasu pojawiają się nowe poddziały wiedzy, ale powszechny proces przebiega niezawodnie bez zakłóceń i zahamowań, nawet w czasach nędzy i wojny, bez przyspieszeń w okresach wzmożonej potrzeby. Osobliwe, w jak niewielkim stopniu człowiek może wpływać na przyspieszenie lub zwolnienie tempa przyrostu wiedzy, czy też na kierunki w których się ona rozwija. Owoce na drzewie wiadomości dojrzewają kiedy przyjdzie na nie właściwa pora. Zapewne przesadzam dla uzyskania dramatycznego efektu, ale dzieje się właśnie coś w tym rodzaju. W każdym razie trudno wytłumaczyć, dlaczego nie osiągnęliśmy

jeszcze poziomu wiedzy pozwalającego na leczenie raka, pomimo, że od lat robimy wiele aby do tego dojść.

Drugi z bliźniaków — Technika — rozwija się, jak sędzę, w bardzo podobny sposób. Jest oczywiście dla każdego historyka techniki, że prawie wszystkie innowacje techniczne są w większym stopniu skutkiem poprzednich innowacji, niż jakiegoś zastrzyku nowej wiedzy ścisłej. Istnieje w technice coś, co funkcjonuje bardzo podobnie do frontu badań w naukach ścisłych. Nie jest ono tak, dobrze widoczne, ponieważ technicy wolą siedzieć cicho, niż obwieszczać wszem wobec, jak to czynią uczeni. Właśnie dlatego często odczuwałem, że jedną z podstawowych trudności w pisaniu historii techniki jest fakt, iż główna praca polega na antykwarskim przedstawianiu w formie pisanej stanu rzemiosła w danym okresie. Front badań w dziedzinie nauk ścisłych już istnieje w postaci zapisanych idei — praca historyka nauki jest więc o wiele łatwiejsza i mniej antykwarska.

Zatem, mamy sytuację, że w normalnych warunkach wzrostu nauka rodzi coraz więcej nauki, technika zaś coraz więcej techniki. Rosną obie równolegle w tempie wykładniczym, na kształt dwóch piramid, a zachodzi pomiędzy nimi coś, co fizyk nowoczesny nazwałby słabym wzajemnym oddziaływaniem — na poziomie szkolnym, książki popularnonaukowej, czy miesięcznika „Scientific American” — które służy jedynie temu, aby utrzymać owe oba, w znacznej mierze niezależne wzrosty, w fazie. Technicy na ogół korzystają z nauk ścisłych, których nauczyli się w szkole i z popularnych źródeł, uczeni zaś z techniki, z którą razem wzrastali. Silne wzajemne oddziaływanie zachodzi pomiędzy obu bliźniakami jedynie rzadko — ale wówczas towarzyszą mu potężne efekty w postaci epokowych osiągnięć. Podczas rewolucji naukowej siedemnastego wieku silny wpływ techniki rzemieślniczej na rozwój nowego aparatu badawczego doprowadził do obalenia dawnej nauki i zapoczątkował nowożytną tradycję nauki eksperymentalnej, posługującej się teleskopami i mikroskopami, barometrami i termometrami, pompami próżniowymi oraz maszynami elektrostatycznymi. W naszym pokoleniu rewolucja przemysłowa wzniosła się na nowy poziom, głównie dzięki fizyce — a w szczególności elektrotechnice Edisona — gdzie nauka ponownie zwraca swe zainteresowania ku technice.

Na ogół jednak nauki ścisłe nie dopomagają zbyt technice, choć tu i ówdzie zdarzają się nietypowe i dramatyczne przypadki w rodzaju tranzystorów czy penicyliny. Należy jednak traktować je ostrożnie — są to imponujące wyjątki od reguły. Epokowe osiągnięcia nie są typowe. Nie można osądzać wszystkich uczonych, przykładając do nich miarę Newtona czy Einsteina. Nie można oceniać wpływu nauk ścisłych na technikę na podstawie przypadku tranzystorów.

Nie ma przeszkód intelektualnych aby przyznać, że po większej części nauki ścisłe i technika są tylko luźno powiązаныmi systemami, w ramach których działają ludzie bardzo różnego typu, o różnym przygotowaniu, dla bardzo różnych pobudek i celów. Istnieje jednak trudność o charakterze moralnym, szczególnie interesująca i ważna w epoce, w której wykładniczy postęp krajów nadmiernie rozwiniętych zaczął osiągać stan nasycenia i dojrzałości. Kończą się pieniądze i państwo zaczyna z większą skrupulatnością rozważać, na co je będzie wydawać. W tym krytycznym momencie normalną pokusą dla uczonych jest łącać w najbardziej skandaliczny i bezczelny sposób. Istnieje bardzo dawna

i szacowna tradycja kłamania dla dobra czystej nauki. Kiedy Archimedes chciał uprawiać czystą geometrię, prosił swego wuja (który był miejscową Państwową Fundacją Popierania Nauki) o pomoc finansową, na tej podstawie, że mógłby się okazać użytecznym człowiekiem w czasie wojny. Gdy wybuchła wojna, Archimedes, będąc wybitnie uzdolnioną jednostką (podobnie jak zmarły niedawno Robert Oppenheimer), zajął się czymś zupełnie nowym, nie mającym związku z jego badaniami w dziedzinie czystej nauki, i spalił flotę nieprzyjacielską. Tę samą metodę stosował Leonardo da Vinci — obiecuj im technikę, jeśli musisz — osiągnij sukces, ale naprawdę twórz czystą naukę, której sam pragniesz i której, jak wiesz, w końcu i oni będą potrzebowali.

Chociaż nie można w sposób przekonywający dowieść, że nauki ścisłe stosuje się bezpośrednio w danym momencie do tworzenia techniki, wydaje mi się, że powinniście zaufać twierdzeniu, że bez żywej tradycji nauk ścisłych nie możecie angażować się w rozwój techniki. Czy naprawdę musimy się tak poniżać aby dalej kłamać i utrzymywać, że najnowszy, największy akcelerator pomoże nam stworzyć rzeczy użyteczne? Czy musimy popierać matematykę, z uwagi na jej bezpośrednią użyteczność? Nie, zupełnie nie. Możemy opiekować się naukami ścisłymi, ponieważ jesteśmy przekonani, że politykę ich popierania można zawsze usprawiedliwić, z uwagi na ich słabe, ale istotne związki z techniką. Potrzebujemy nauk ścisłych po to, by technicy mogli wzrastać w ich atmosferze. Nie uchylam się od argumentu intelektualnego, że uprawiamy je również dlatego, iż jest to najtrudniejsza i najbardziej wykwintna rzecz, jaką możemy robić. Podobnie jak Mt. Everest — one po prostu są! Kwestia usprawiedliwiania staje się ważna tylko dlatego, że prosimy społeczeństwo, aby za to płaciło i dlatego musi istnieć jakiś rodzaj umowy społecznej. Społeczeństwo musi mieć jakiś powód by płacić — w naszej epoce jeśli się na coś wydaje pieniądze, trzeba się obywać bez czegoś innego. Tradycja *libertas philosophandi*, swoboda podążania za nauką, bez względu na to dokąd może prowadzić, bywa obecnie znowu kwestionowana w ten sam sposób, w jaki była już kwestionowana przez starożytnych Rzymian czy przez rewolucjonistów francuskich. Wszyscy oni sądzili, że mogą odrzucić nauki bezużyteczne i finansować jedynie użyteczne. Ta tragiczna polityka stawała się niekiedy przyczyną upadku cywilizacji i państw. Nie można tak postępować. Przyczyna tkwi w procesie kształcenia.

Studia w zakresie nauk ścisłych różnią się od pozostałych w interesujący sposób, na skutek sprzężenia zwrotnego w machinie edukacyjnej. Na innych wydziałach, takich jak np. historia czy anglistyka, prawie wszyscy, którzy dotrwają do uzyskania doktoratu, wracają na uczelnie jako wykładowcy. W dziedzinie nauk ścisłych tylko 20 procent absolwentów zasila cykl kształcenia, pozostałe zaś 80 zostaje wynajęte przez społeczeństwo i zatrudnione w różnym charakterze na froncie badań nauk ścisłych i techniki. Za co płaci społeczeństwo w pozostałych dziedzinach nauki? Czy kształci się nauczycieli po to, aby kształcili ludzi, żeby zostali nauczycielami, po to aby kształcić ludzi żeby ci z kolei zostali nauczycielami... itd.? Nie. Końcowym produktem, który został opłacony, jest ogromna praca związana ze szkoleniem studentów, którzy nie osiągają stopnia doktorskiego. Społeczeństwo płaci za wykształcenie swych młodych obywateli w zakresie kultury, a studia specjalizacyjne wyższego szczebla istnieją tylko jako środek dla reprodukcji nauczycieli. W dziedzinie nauk ścisłych jest inaczej. W ogóle nie płaci nam

się za to, że się reprodukuje — robimy to po prostu (jak i gdzie indziej) dla przyjemności. Nasze zadanie polega najwyraźniej na produkowaniu owych 80 procent. Oto dlaczego przedstawiciele nauk ścisłych, odnoszący sukcesy w swym zawodzie, na ogół nie chcą uczyć młodzieży. Mają oni inne cele społeczne. Na każdego naukowca pracującego na wyższej uczelni, który prowadzi badania oraz uczestniczy w procesie reprodukcyjnym — wzrastającej w tempie wykładowym liczby doktorantów — przypada około czterech zatrudnionych w przemyśle lub w instytucjach rządowych, wytwarzających rzeczy, które społeczeństwo pragnie kupić.

Można wreszcie uświadomić sobie w sposób racjonalny rezultat naszej analizy. Każde społeczeństwo musi, chcąc nie chcąc, uprawiać nauki ścisłe, ponieważ jest to nieodłącznie związane z naszą cywilizacją. A nauki ścisłe są same sobie panami, wytwarzając nową wiedzę w proporcjach i ilościach, które już znamy. W istocie, jeśli wziąć pod uwagę podstawowe nauki ścisłe — fizykę, chemię, matematykę, astronomię, biologię — można stwierdzić, że we wszystkich krajach świata, które w ogóle posiadają szkolnictwo w pełnym tego słowa znaczeniu, podobnie jak we wszystkich stanach Ameryki, każdą z owych nauk ścisłych uprawia się na niemal identycznym poziomie. W rzeczywistości, każde państwo wydaje na badania w dziedzinie nauk ścisłych około 0,7 procent swego Dochodu Narodowego Brutto (*Gross National Product*). Na każde sto milionów dolarów Dochodu Narodowego Brutto, w każdym kraju czy stanie, przypada w przybliżeniu na rok jedna praca naukowa z dziedziny fizyki, dziesięć prac z chemii itd. Właściwie wszystkie państwa, które dzisiaj uczestniczą w rozwoju nauki, biorą udział w tej „grze”.

W dziedzinie techniki sytuacja wygląda inaczej. Okazuje się, że w krajach wysoce rozwiniętych można wydać tylko w przybliżeniu czterokrotnie więcej na tworzenie nowych wytworów. Jak już wspomniano, istniejący system produkuje czterech techników na każdego uczonoego w dziedzinie nauk ścisłych. Jednakże w różnych krajach rozmaite są proporcje specjalistów poszczególnych dyscyplin. Stany czy państwa zasobne w bogactwa mineralne, jak np. Teksas, kierują znaczną część z owych 80 procent produkcji swej kadry naukowo-technicznej na działalność w zakresie nauk o Ziemi, a ponadto „kaperują” one specjalistów w tej dziedzinie z każdego stanu czy państwa, które mają ich nadmiar. Dzieje się tak wszędzie. W technice można kupić to co się chce, w ramach pewnych granic. W naukach ścisłych musi się kupować w większym lub mniejszym stopniu to, co ofiaruje natura, zarówno pod względem ilości jak i jakości. Pomimo faktu, że działalność ta opłacana jest przez społeczeństwo, w dziedzinie tej nadal występuje coś w rodzaju bezosobowego podporządkowania prawom natury. W technice zawsze liczy się nie tylko współzawodnictwo. Dostarczając czegoś co społeczeństwo chce kupić, należy się upewnić, czy warto temu właśnie poświęcić swe życie. Młoda osoba, startując w tej dziedzinie, powinna z pełną odpowiedzialnością obywatelską osądzić, gdzie jest jej miejsce. Co więcej, w epoce napięć wszyscy obywatele winni zdawać sobie sprawę z faktu, że tworzą społeczeństwo, od którego zależy czy kupi, czy też nie jakąś daną technologię. Niechęć do takich rzeczy jak napalm nie powinna kierować się przeciw technikom, ale przeciwko normalnym procesom politycznym, za pomocą których społeczeństwo decyduje, że pragnie kupić tego rodzaju produkt.



Na zakończenie muszę podkreślić, że nigdzie wzajemne oddziaływanie na siebie nauk ścisłych i techniki, nie przysparza społeczeństwu bardziej diabelnych trudności, niż w dziedzinie medycyny. Od czasu reform Abrahama Flexnera trwał u nas chwalebny rozejm pomiędzy naukami medycznymi a techniką leczenia chorych oraz profilaktyki. Obecnie obie te dziedziny uległy gwałtownej eksplozji — głównie dlatego, że ustawodawcy często są chorymi ludźmi w podeszłym wieku, społeczeństwo zaś, tak czy owak, zawsze jest ogromnie zainteresowane w wydawaniu na medycynę więcej niż na cokolwiek innego. Biologia molekularna podbudowała nauki medyczne — i nagle uczelnie medyczne wypełniły się badaczami dążącymi pośpiesznie tropem owej nowej, sławnej wiedzy. Jednocześnie zamożność społeczeństwa, jego umiejętność planowania oraz wymogi skutecznego działania samej medycyny powodują zapotrzebowanie na całe armie praktykujących w tym zakresie „techników” oraz ich personelu pomocniczego, czyli lekarzy i pielęgniarek. Myślę, że to co się dzieje w tej dziedzinie stanowi zjawisko analogiczne do współczesnego rozłamu pomiędzy fizyką a inżynierią — towarzyszy mu stopniowe obniżanie się pozycji społecznej oraz uposażenia inżynierów. Niestety jednak, nie rozumiemy dostatecznie jasno ukrytych mechanizmów kariery naukowej i edukacji — nie potrafimy się przytem zdobyć na to, aby umiejętnie pokierować technologiami, z całą polityczną brutalnością, jaka wydaje się nieodzowna. Powstaje klasyczna sytuacja, w której potrzebujemy jakiejś techniki administrowania techniką, nie mając zupełnie pojęcia o tym, w jaki sposób funkcjonuje owa nauka. Można tylko przypuszczać, że najpilniejszą potrzebą w zakresie kształcenia w dziedzinie nauk ścisłych oraz planowania jest bardziej intensywne przemyślenie i zanalizowanie nie faktów czy teorii naukowych, czy też szczegółów technicznych technologii, ale kwestii miejsca nauk ścisłych i techniki wśród innych gałęzi wiedzy, ich historii oraz tak wydawałoby się naiwnych i oczywistych zagadnień, jak wzajemne związki nauk ścisłych i techniki oraz różnice pomiędzy nimi.

*Дерек И. де Солля Прайс*

#### ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ НАУКА ОТ ТЕХНИКИ

Автор описывает положение, существующее в области развития точных наук и техники, как результат разносторонних перемен на этом поприще, которые произошли за последнее столетие. За этот период времени произошел своеобразный „отход” фронта исследований в области точных наук от технической практики, так как самые последние научные достижения уже перестали быть понятны и „усваиваемы” для инженеров. Это вызвало довольно существенные изменения в иерархии социальной позиции людей, занимающихся этой областью творчества. Автор, усомнившись в общепринятом тезисе о непосредственной связи между научными открытиями и изобретениями, описывает закономерности ныне существующего раздельного развития точных наук и техники, а зависимость между ними определяет как „слабое взаимодействие” (очень часто сознательно переоцениваемое для получения от правительства денег на проведение основных исследований). Автор очень интересно описывает механизм функционирования системы образования в этой области и его импликации. Упоминается о трудностях стран „чрезмерно развитых” и о вредных явлениях в развивающихся странах, заключающихся в том, что в них руководствуются скорее модой на современ-

менную науку, чем конкретными потребностями страны. Обосновывается нерациональность ограничения исследований до областей необходимых в повседневной практике. Устанавливается, что прогресс точных наук и его направления диктуются в значительной степени самой натурой („как будто существует лишь один мир для открытий”), из чего следует явность открытий в противоположность технике, где изобретение до момента начала коммерческой рекламы хранится в тайне, из-за конкуренции. Затрагивается вопрос моральной ответственности общества за методы использования все увеличивающихся научных и технических возможностей. В заключении упоминается о существенном значении популяризации биографии выдающихся пионеров науки и техники (много места посвящено Эдисону) для вдохновения новых поколений ученых и изобретателей.

*Derek J. de Solla Price*

#### EN QUOI CONSISTE LA DIFFÉRENCE ENTRE LA SCIENCE ET LA TECHNIQUE

L'auteur présente la situation dans le domaine du développement des sciences exactes et de la technique, comme le résultat de multiples changements sur ce champ au cours de derniers cent ans. Dans cette période avait lieu une certaine isolation entre des recherches scientifiques concernant les sciences exactes et la pratique technique, car les plus modernes réalisations scientifiques n'étaient plus compréhensibles et „assimilables” pour des ingénieurs. Une telle situation a provoqué des changements essentiels dans la hiérarchie des positions sociales des gens cultivant ces domaines de création. Et critiquant la thèse traditionnelle, généralement acceptée, qu'il existe un lien direct entre des découvertes scientifiques et des inventions, l'auteur décrit les régularités du développement des sciences exactes et de la technique à nos jours et il désigne le rapport entre elles comme „une faible influence réciproque” (ce qui est souvent surestime opportunément afin de recevoir des dotations des autorités centraux pour des recherches fondamentales). Le fonctionnement du système d'instruction dans ce cadre ainsi que ses implications sont présentés d'une façon très intéressante. L'auteur cite des difficultés que rencontrent des pays „trop développés” et des phénomènes désavantageux dans les pays se développants, qui consistent en ce qu'un suit souvent la mode de cultiver la science moderne, en abandonnant en même temps les besoins concrets. Il présente l'irrationalité de la limitation des recherches aux domaines utiles immédiatement. Il constate que le progrès des sciences exactes et ses directions sont dictés dans une grande mesure par la nature même („comme s'il n'y avait qu'un monde à découvrir”), ce qui justifie la notoriété publique des découvertes, au contraire de la technique où l'invention est tenue secrète jusqu'au moment de commencement de la publicité (commerciale) à cause de concurrence. L'auteur traite du problème de la responsabilité morale des sociétés des moyens d'utiliser des possibilités scientifiques et techniques toujours grandissantes. Enfin, il relève l'importance de la vulgarisation des biographies d'éminents pionniers de la science et de la technique (il consacre beaucoup de place à Edison) pour l'inspiration de nouvelles générations.