Opracowanie na podstawie:

Joel Mokyr

The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy

Chapter 3 - The Industrial Revolution and Beyond

Copyright © 2002 by Princeton University Press

Tomasz Bukowski

nr albumu: 159542

Przedmiot:

Procesy innowacyjne i gospodarka oparta na wiedzy

Wrocław 2007

Na przestrzeni wieków termin „rewolucja” często był i nadal jest nadużywany przez historyków. Dzieje się tak, gdyż wszystko, co określane jest tym epitetem znacząco przyciąga uwagę. Dziś niewielu naukowców nadal przychyla się do określania Rewolucji Przemysłowej jako wydarzenia, które w sposób nagły i znaczący pozwoliło podnieść stopę wzrostu gospodarczego i ogólnego dobrobytu. Większość procesów następowało bowiem stopniowo i często były one rozłożone w latach. Możemy być jednak pewni, iż bezprecedensowy wzrost gospodarczy z XIX wieku, nie miałby miejsca bez innowacyjnych zmian technologicznych, które w tamtym okresie następowały.

Ludzie żyjący w okresie **I Rewolucji Przemysłowej**, w końcu XVIII wieku, nie byli w większości świadomi faktu życia w okresie radykalnych i nieodwracalnych zmian. Co więcej, nierealne wydawały im się prognozy spełnienia się w przyszłości większości obietnic zmian technologicznych.

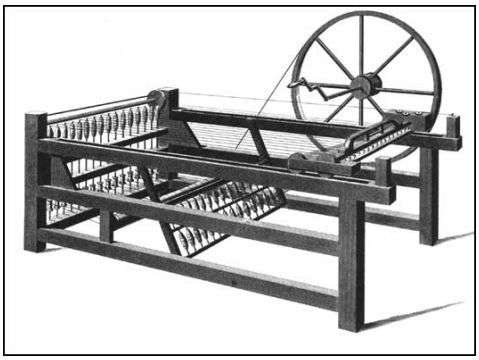
W końcu XIX wieku James P. Boyd, autor *Triumphs and Wonders of the 19th Century, The True Mirror of a Phenomenal Era*, skonkludował, iż dzięki innowacjom i postępowi technologicznemu, które w tamtym okresie w największym stopniu wpłynęły na życie i całą cywilizację, „*dziewiętnasty wiek osiągnął zdobycze, porównywalne…, jeśli nie większe, niż wszystkie ubiegłe stulecia razem wzięte*”.

Z ekonomicznego punktu widzenia przełomowości I Rewolucji Przemysłowej należy szukać, nie jak się potocznie zwykło przyjmować, w tych wszystkich „wielkich gadżetach” wytworzonych w „latach cudów”, tj. miedzy rokiem 1760 a 1790, ale właśnie w procesach innowacyjnych, które miały miejsce w tamtym okresie. Odmiennie niż przed rokiem 1750, kiedy to postęp technologiczny zawiódł w procesie budowania trwałego wzrostu gospodarczego, okres I Rewolucji Przemysłowej dał impuls by skupić się nie tylko na zmianach instytucjonalnych, które mogły być łatwo zaprzepaszczone przez nagłe zwroty polityczne, ale przede wszystkim na zmianie sposobu postrzegania podstaw wiedzy i nauki w społeczeństwie. W warunkach ograniczoności zasobów konieczne okazało się przejście z tzw. gospodarki organicznej do surowcowej, która była znacznie mniej podatna na presję społeczeństwa. Paliwa kopalniane i żelazo wyparły ówcześnie używane drewno i siłę zwierząt pociągowych, natomiast węgiel drzewny w hutnictwie został wyparty przez koks z węgla kamiennego. Wymagało to skonstruowania nowych, nowocześniejszych i wydajniejszych pieców do rafinacji surówki żelaza oraz zastąpienia przestarzałego procesu kucia stali bardziej wydajnym procesem jej walcowania. W efekcie masowa produkcja stali dobrej jakości, zaowocowała przewrotem w całej gospodarce.

Przed rokiem 1750 większość używanych powszechnie, bądź uznawanych za dopuszczalne metod, opierało się na bardzo wąskich podstawach epistemologicznych. Dlatego wielkim odkryciom, które uformowały podstawy Rewolucji Przemysłowej, towarzyszyło zgłębianie właśnie podstaw epistemologicznych wykorzystywanych metod . Do tej pory skupiano się bowiem bardziej na badaniu użyteczności wiedzy, aniżeli na stronie poznawczej sposobów działania poszczególnych wynalazków, chociażby np. smarowniczych właściwości olei, twardości i wytrzymałości różnych typów drewna czy siły i potrzeb żywieniowych zwierząt domowych. Zmieniło się zatem pojmowanie wiedzy. Cechy jakościowe utraciły znaczenie na rzecz ilościowych, możliwych do zmierzenia i ilościowego porównania. Jakości obiektywne i mierzalne uznano za najważniejsze, a subiektywne i niemierzalne (jak kolor, zapach i smak) za mniej istotne (choć i te stopniowo starano się uczynić mierzalnymi).

Przed rewolucją naukową problem pomiaru i ujęć ilościowych znajdował się na marginesie ontologii, epistemologii i metodologii nauki. Obiekty i zjawiska interpretowano w aspekcie jakościowym, w ramach ich organicznych powiązań ze wszechświatem. Rozpatrywano je w kategoriach celu, użyteczności, wewnętrznej natury i przeznaczenia. Dzięki temu przyczyniły się one do zwycięstwa idei, że drogą dochodzenia do ważnych ustaleń nie jest poleganie na autorytecie, tylko możliwa do zweryfikowania teza oraz jej dowód, polegający na pomiarze zjawisk dzięki obserwacji i eksperymentowi.

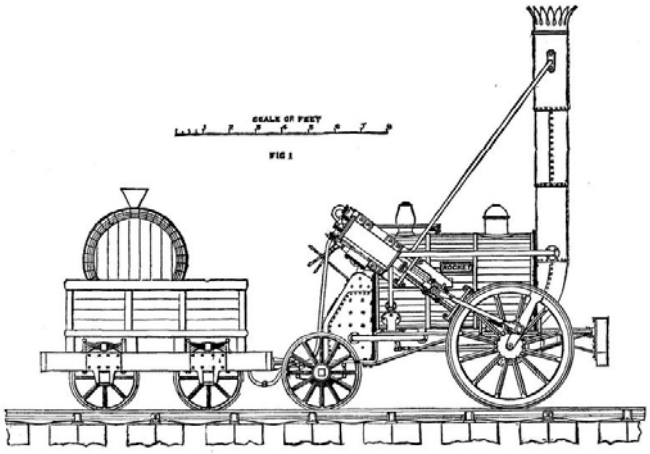
Okres dziesięcioleci około roku 1800, to czas postępów w chemii, mechanice, energetyce, materiałoznawstwie i medycynie. Zmieniono podejście z typowego, osiąganego metodą prób i błędów - „*to działa, a to nie działa*”, na nowe, naukowe - „*oto jak to działa*”. Uzyskano odpowiedzi nie tylko na pytania „*jak coś działa*”, ale również „*jak sprawić by coś działało efektywniej*”. I tak np. w przemyśle włókienniczym przełomem było wynalezienie w roku 1785 mechanicznych warsztatów tkackich i w latach 1765-69 zmechanizowanych maszyn przędzalniczych. Rewolucji w przędzalnictwie dokonała **Przędząca Jenny** (ang. *Spinning Jenny*), maszyna przędzalnicza wynaleziona przez Jamesa Hargreavesa w roku 1764 i udoskonalona przez Richarda Arkwrighta w roku 1767. Można było na niej wytwarzać jednocześnie 16 nici. Początkowo Przędząca Jenny była napędzana siłą ludzkich mięśni, lecz już w 1779 Samuel Crompton udoskonalił ją tak, aby



wykorzystywała jako napęd mechaniczny koło wodne. Stosowanie koła wodnego nie było jednak wszędzie możliwe, więc wynalazcy szukali innych, efektywniejszych rozwiązań.

W 1769 roku James Watt zmodernizował **silnik parowy** Thomasa Newcomena z 1711 roku. Watt zbudował też mechanizm, z pomocą którego ruch posuwisty tłoków był zamieniany na ruch obrotowy. W roku 1784 powstała pierwsza fabryka przędzalnicza, w której użyto silniki parowe Watta. W roku 1785 Edmund Cartwright opracował krosno mechaniczne, które zwiększyło wydajność w tkactwie aż 40-krotnie!

Postępy w budowaniu podstaw epistemologicznych wydają się być jednak skromne w porównaniu do osiągnięć, które miały nastąpić po tym okresie, a o których mało się wspomina. Poza ogromnymi osiągnięciami Lavoisiera i jego następców, zanotowano niezliczone mnóstwo postępów w fizyce temperatur, próbie zrozumienia lokacji złóż mineralogicznych, mechanice, prądzie elektrycznym, hydraulice i wykorzystaniu ziemi.



THE ROCKET, 1829.

Pośród największych odkryć lat 20-tych XIX wieku wyróżnić należy również eksplozję termiczną (ang. *hot blast*) Jamesa Nelsona (1828), która wydatnie zredukowała koszty opału w piecach hutniczych, oraz aktor reakcji sprzężonej udoskonalony przez Richarda Roberta. W przemyśle energetycznym ciągły postęp techniczny w projektach silników wysokoprężnych i pasów transmisyjnych doprowadziły w konsekwencji do powstania w 1828 r. **parowozu George'a Stephensona**.

Równie paradygmatyczne w drugiej fali rozwoju były prace Michaela Eugenie Chevereula, który odkrył naturę kwasów tłuszczowych i uczynił ze zwykłej produkcji mydła i świeczek naukę.

Można stwierdzić, iż proces innowacyjny stawał się stopniowo „mniej darwinowski" tzn. zmiany stosowanej metodologii stawały się mniej przypadkowe, a bardziej celowe, ukierunkowane. Wiele obszarów wiedzy pojmowanej w dotychczasowy, nieformalny, wręcz artystyczny, a przez to okrojony z podstaw epistemologicznych sposób, zostało wzbogacone przez metody naukowe. W znacznym stopniu ta zmiana była endogeniczna i wynikała z potrzeby przemysłu.

W rezultacie, wiele doniosłych odkryć po 1820 roku, było mniej dziełem przypadku a raczej wynikiem wysiłków wykształconych inżynierów, chemików czy mechaników. Niektóre z tych pomysłów na realizację musiały jednak poczekać aż do okresu po 1869 roku, ustanawiając tym samym początek tzw. **II Rewolucji Przemysłowej**.

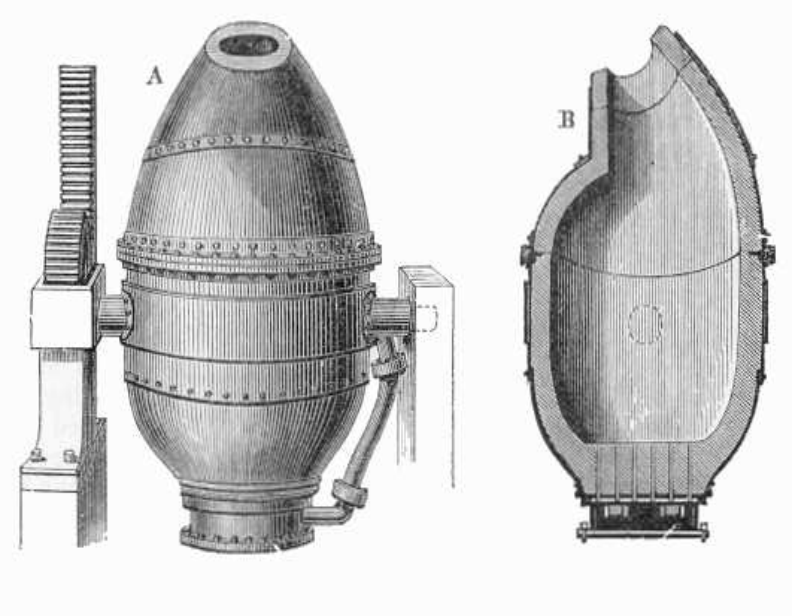
Metody badawcze, które stosowano po 1860 roku były przede wszystkim wynikiem zastosowania nauki, która poczyniła ogromne postępy w pierwszej połowie XIX wieku. Trudno bowiem wyobrazić sobie postępy w przemyśle chemicznym po 1860 roku bez rozwoju chemii organicznej. To właśnie w tym okresie swój wielki początek miały przemysłowe laboratoria badawczo – rozwojowe : B+R (ang. *R&D labs*), zastosowane w przemyśle chemicznym w Niemczech. Przenikały się tutaj dwa rodzaje wiedzy, preskryptywna i zdaniowa.

Odkrycie, które mogło zwiastować nadejście II Rewolucji Przemysłowej, czyli bladofioletowy aminobenzen (anilina) odkryty w 1856 roku przez Williama Perkuna, było na przykład w znaczącej mierze szczęśliwym trafem, mimo, że przytrafiło się wybitnemu naukowcowi. Zapoczątkowało to proces zbliżenia dwóch podejść: przemysłowego i akademickiego w chemii, co w 1869 roku zaskutkowało wynalezieniem barwników alizarynowych. Natomiast odkryciem, które zrewolucjonizowało badania nad syntetycznymi barwnikami była identyfikacja struktury molekularnej benzenu, przez niemieckiego chemika Augusta von Kekule w 1865 roku. Ponieważ benzen był już znany od kilku dekad, tak więc odkrycie jego struktury molekularnej jest paradygmatycznym przykładem rozszerzania się podstaw epistemologicznych w obowiązujących metodach badawczych. Rezultatem zrozumienia tych podstaw był stały strumień innowacji, które zamiast zwalniać, jak to by miało miejsce wiek wcześniej, spiętrzyły się, by stać się rzeczywistym potokiem nowych odkryć nad syntetycznymi barwnikami.

Wynalazczość na zasadzie metody prób i błędów, nie była całkowicie zastąpiona przez kompleksowe zrozumienie natury przebiegających procesów. Co więcej, podczas gdy specjalizacja sektora B+R w niektórych przemysłach rosła, badania laboratoryjne w

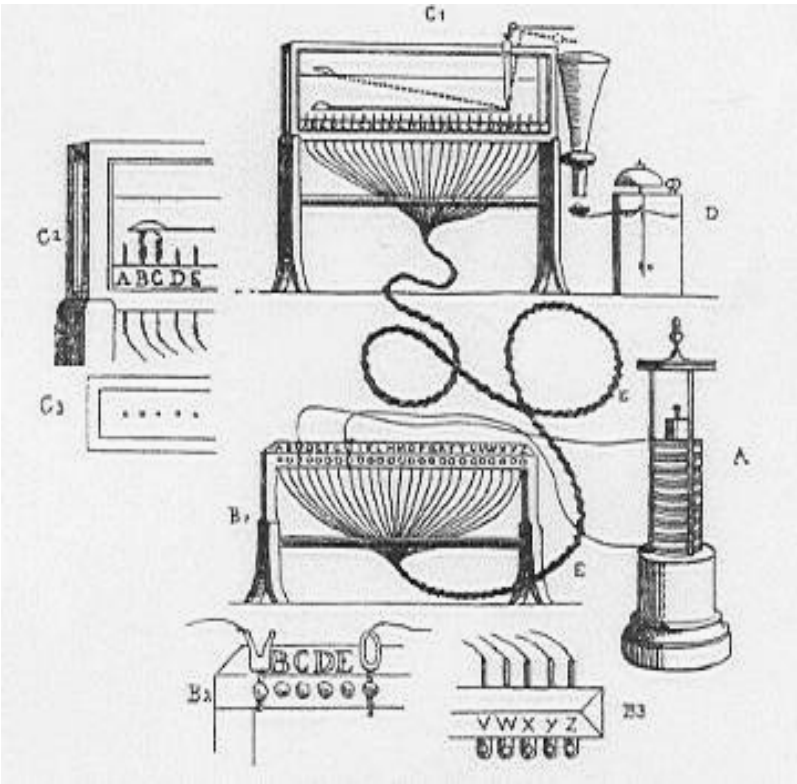
gospodarce jako całości przypominały jedynie wierzchołek góry lodowej. Większość wynalazków bowiem, nadal była testowana w praktyce na zasadzie doświadczeń i przypadkowych odkryć.

Paradygmatyczny wynalazek II Rewolucji Przemysłowej, **proces tworzenia stali**, odkryty w 1856 roku przez **Henry'ego Bessemera**, to wynalazek człowieka, który wedle jego własnej opinii, *„miał bardzo ograniczoną wiedzę na temat metalurgii"*. Materiał znany wówczas pod nazwą stali otrzymywano poprzez dodawanie węgla do kutego żelaza, proces ten był jednak długotrwały a otrzymywany produkt finalny stosunkowo twardy. Używano go zatem głównie do wyrobu narzędzi tnących. W czasie swoich eksperymentów Bessemer stwierdził, że wdmuchiwanie powietrza w roztopione żeliwo nie tylko je oczyszcza, ale także doprowadza je do wyższej temperatury, dzięki czemu może być ono rozlewane do odpowiednich form. Dzięki tej rewolucyjnej technice, nazwanej później **procesem Bessemera,** możliwe stało się otrzymywanie dużych ilości kutego żelaza pozbawionego zanieczyszczeń i dającego się w łatwy sposób formować. Cały proces odbywał się w specjalnym pochylonym **konwertorze**, do którego można było wlewać surówkę przed wdmuchaniem powietrza od spodu. Jednak wynalazek Bessemera miał poważną wadę, mianowicie żelazo otrzymywane jego metodą zawierało duże ilości siarki i fosforu. Metodę ich usuwania opatentował dopiero w 1877 r. Sidney Gilchrist Thomas.



Wielu osiemnastowiecznych naukowców na czele z wielkim francuskim fizykiem Charlesem-Augustinem de Coulombem wierzyło, że magnetyzm i elektryczność nie są ze sobą powiązane. Aż do czasu, gdy duński fizyk, Hans Ersted podczas eksperymentów w

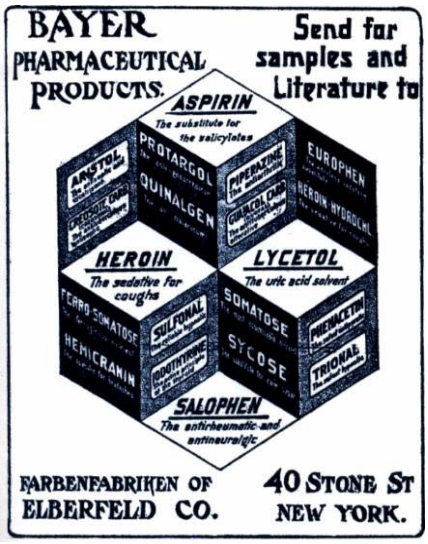
swoim laboratorium, przyłożył igłę kompasu do drutu, po którym biegł prąd. Sprawiło to przesunięcie igły w kierunku biegnącego prądu. Odkrycie to raz na zawsze przekreśliło mit o braku związku tych dwóch dziedzin nauki, nazwanych później **elektromagnetyzmem**.



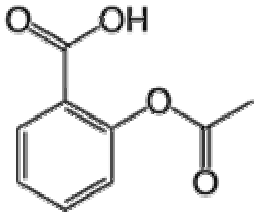
Kolejnym dowodem ważności rozszerzania podstaw epistemologicznych w procesach innowacyjnych był przykład **telegrafu**. O ile, bowiem długodystansowe posługiwanie się nim nie sprawiało większych problemów, o tyle trudne w realizacji okazało się poprowadzenie kabla podmorskiego. Sygnał bowiem był w nich słaby i powolny, a wiadomości zniekształcone. Z pomocą przyszła tu technika izolacji i uzbrojenia drutu. Jednak by zastosowanie telegrafu mogło być w pełni funkcjonalne ponownie należało skupić się na zbadaniu podstaw jego działania, czyli fizyki przepływu impulsów elektrycznych.

Z pomocą przyszły tu badania Kelvina, który opracował zasady określające relacje między sygnałem a opornością, pojemnością indukcyjną i długością fali oraz wyliczył oporność miedzi i właściwości indukcyjne materiału izolacyjnego zwanego „gutaperką" (ang. *gutta-percha*). Wynalazł również specjalny galwanometr, rejestrator lewarowy oraz technikę wysyłania krótkich impulsów zwrotnych bezpośrednio śledzących impuls główny, co spowodowało wyostrzenie sygnału.

Ta ścisła współpraca pomiędzy nauką i technologią, sprawiła, że telegraf stał się w oczywisty sposób jak na tamte czasy wynalazkiem drugiej generacji. Poszerzenie podstaw epistemologicznych sprawiło, że proces innowacyjny stał się szybszy i bardziej wydajny, aniżeli tradycyjne metody badawcze oparte na metodzie prób i błędów.



Błędne jest jednak rozumowanie, iż bez szerokich podstaw epistemologicznych II Rewolucja Przemysłowa nie przyniosłaby tylu genialnych wynalazków. Przykładem odkrycia o wybitnie wąskich podstawach epistemologicznych była **aspiryna**, odkryta w 1897 roku. Nikt nie potrafił początkowo wyjaśnić naukowo, na jakiej zasadzie działa wyizolowany z kory wierzby specyfik, który dopiero około roku 1820 okazał się być **salicylem**, a mimo to odniesiono sukces, bowiem przeprowadzone badania empiryczne wykazywały brak skutków ubocznych i silne działanie lecznicze w przypadkach malarii, zatem lek działał.



Wobec powyższego oczywiste jest, że tradycyjne, przez tysiąclecia wykorzystywane metody badawcze, miały się dość dobrze i stosowane były nadal, pomimo ich wąskich podstaw epistemologicznych, ale należy jednoznacznie stwierdzić, że był to jednocześnie ich główny mankament. Ograniczało to bowiem postęp naukowy i procesy udoskonalania innowacji. Taki stan rzeczy utrzymywał się przynajmniej do czasu, gdy w pełni poznano mechanizm działania danej innowacji od strony naukowej.

Jedną z przyczyn tej stagnacji rozwojowej w procesach innowacyjnych w medycynie był m.in. sceptycyzm środowiska naukowego. Przykładem może tu być rozwój **anestezjologii** (1840) oraz proces **sterylizacji przyrządów chirurgicznych** po roku 1865. Ten drugi, dziś powszechnie znany, najprostszy i najtańszy sposób ratujący ludzkie życie, dwukrotnie poniósł klęskę, właśnie wskutek oporów środowiska medycznego. Przyczyn tych wątpliwości ze strony naukowców jest kilka. Pierwsza nader błaha, iż lekarze po prostu nie byli skłonni przyznać, że sami mogą przenosić choroby z jednego pacjenta na drugiego, poprzez brak zachowania podstawowej higieny między zabiegami; oraz druga, to właśnie brak odpowiedzi na pytanie, dlaczego tak się dzieje, i jakie są podstawy naukowe tego odkrycia? Dopiero poszerzenie bazy epistemologicznej na temat zarazków i bakterii przenoszonych na instrumentach medycznych i występujących w pomieszczeniach szpitalnych, przekonało środowisko lekarskie do przyjęcia nowej techniki. Techniki rewolucjonizującej ówczesną medycynę, a w szczególności chirurgię i położnictwo, bowiem radykalnie zmniejszającą liczbę zgonów matek podczas porodów i pacjentów na stołach operacyjnych.

Nasuwa się zatem pytanie, skąd wzięła swój początek nowa jakość wiedzy, która rozpędziła rozwój ekonomiczny po 1850 roku? Autorzy Fox i Guagnini (1999) uwydatniają fakt, iż w drugiej połowie XIX wieku, inżynierowie zaczęli kłaść szczególny nacisk na dziedzinę zwaną dzisiaj „badania i rozwój" B+R (ang. *R&D*), mniej eksperymentalną a bardziej ukierunkowaną. Największe postępy wynikały tutaj wprost z rozszerzania podstaw epistemologicznych oraz interakcji pomiędzy wiedzą preskryptywną i zdaniową. Powstał tutaj swoisty mechanizm, którego działanie polegało na tym, że kolejne postępy w badaniach napędzały kolejne innowacje, a te prowadziły do ogólnego wzrostu i utrzymania stałego tempa rozwoju gospodarczego.

Wynikiem sukcesu w jednej z dziedzin były kolejne postępy w innych, jak np. wynalezienie w 1830 roku przez Josepha J. Listera mikroskopu pozwoliło **Ludwikowi Pasteurowi** i jego następcom wykazać, że proces fermentacji wywołują drobnoustroje. W wyniku tych badań opracowali metodę konserwacji pożywienia poprzez obróbkę termiczną (proces ten zwany jest od nazwiska uczonego **pasteryzacją**) oraz obalili teorię samorództwa drobnoustrojów. Za najważniejsze osiągnięcie tego okresu uznawane są jednak wyniki prac z zakresu bakteriologii, które uwieńczone zostały opracowaniem pierwszej szczepionki ochronnej – przeciw wściekliźnie.

Kompleksowe ujęcie podstaw wiedzy, oraz współpraca różnych instytucji naukowo – badawczych, uczelni wyższych oraz państwa, w okresie między 1914 a 1973 rokiem, doprowadziło do uruchomienia stałego strumienia mikrowynalazków, które stały się motorem napędowym gospodarek. Swoistym fenomenem tego okresu jest stabilność tego wzrostu i jego długookresowa skala oddziaływania na poziom życia i produktywność.

Powodów utrzymania przez tak długi okres tempa rozwoju technologicznego, należy upatrywać jednak w poszerzaniu podstaw epistemologicznych w 1914 roku, które to dały długookresowe podłoże dla ekspansji ekonomicznej i wzrostu produktywności gospodarek.

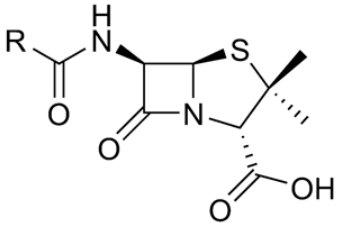
Kiedy bowiem baza ta była stosunkowo wąska, w takich sektorach jak farmacja i materiałoznawstwo progres ten był wyhamowywany i w zasadzie zależny od szczęśliwego trafu. Kiedy natomiast baza epistemologiczna była rozbudowywana, jak to miało miejsce w inżynierii mechanicznej, elektryczności i metalurgii, postęp technologiczny przyjmował formę stałego wzrostu.

Wobec powyższego, procesy innowacyjne w XX wieku, nazywane ostrożnie mianem **III Rewolucji Przemysłowej** w znacznej większości były kontynuacją trajektorii ustanowionych na długo przed 1914 rokiem. Należy podkreślić tutaj, iż rozwój i postęp technologiczny w przemyśle samochodowym, chemicznym, energetyce, inżynierii przemysłowej, procesach żywieniowych, telefonii czy komunikacji bezprzewodowej swój początek zawdzięcza właśnie XIX-wiecznym mikrowynalazkom, a te natomiast były rezultatem dobrze zorganizowanej bazy, określanej anachroniczne, skrótem **B+R** (ang. *R&D*).

Prawdopodobnie właśnie dlatego, największym osiągnięciem XX wieku jest zmiana natury procesów innowacyjnych, opartych coraz częściej na współpracy korporacji, uczelni i ośrodków naukowych oraz dodatkowo współfinansowanych przez państwo procesów B+R, które Mowery i Rosenber (1998) nazywają „**instytucjonalizacją innowacji**".

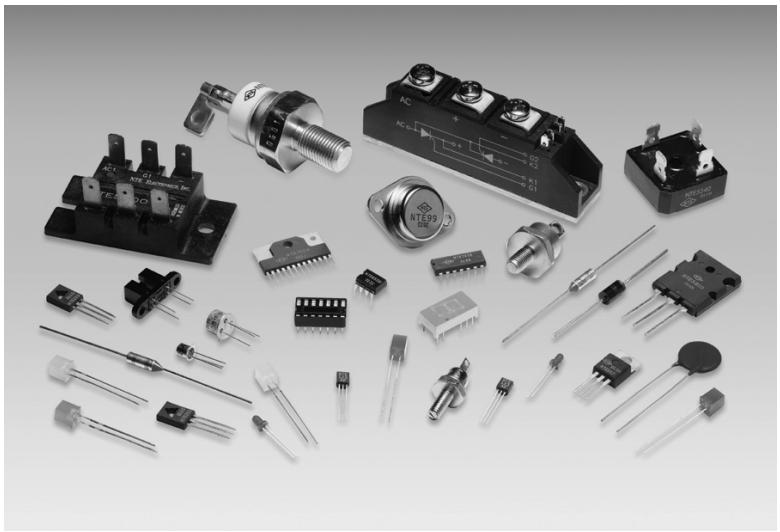
Wiek XX to wiek, w którym oba składniki, zarówno natura, jak i tempo postępu technologicznego były czynnie określone przez politykę. Lwia część genezy procesów technologicznych XX wieku to nieustanne poszukiwanie „złotego środka" pomiędzy prywatnymi i publicznymi nakładami w badania i rozwój.

Głównym makroodkryciem pierwszej połowy XX wieku był **antybiotyk**. Odkrycie, rewolucyjne, aczkolwiek oparte na bardzo wąskich podstawach epistemologicznych. Naukowcy wiedzieli już w XIX wieku, że niektóre organizmy przeciwdziałają rozwojowi bakterii, powodujących choroby. Alexander Fleming, podczas swoich badań zauważył, że kultury bakterii nie chcą rosnąć na podłożu przypadkowo zanieczyszczonym przez pleśń. Bez **teorii zarazków**, wynalezienie **penicyliny** nigdy by nie nastąpiło, ponieważ nie wiedziałby on, że pleśń zabija bakterie. Wkrótce po odkryciu penicyliny pojawiły się następne antybiotyki – naturalne, półsyntetyczne i syntetyczne.



Jednak baza epistemologiczna wyjaśniająca zasady działania penicyliny była nadal wąska. Dopiero w 1949 roku udało się określić strukturę molekularną penicyliny, a jej kompletne działanie i sposób, w jaki inne substancje o podobnym działaniu zabijają bakterie, ustalono dopiero w ostatnich kilkunastu latach.

Obok energii jądrowej i antybiotyków najbardziej spektakularnym i doniosłym makroodkryciem XX wieku było wynalezienie **półprzewodnika**. Mimo, iż wszystkie trzy pojawiły się około 1940 roku, elektronika jest jedyną dziedziną gdzie sprzężenie między wiedzą



preskryptywną i zdaniową, jak również ich rekombinacje z innymi odkryciami nieprzerwanie prowadzą do podtrzymania stałego wzrostu, który jak dotychczas nie wykazuje symptomów zwalniania i jest przez wielu uznawany jako zwiastun „nowej ekonomii". Należy podkreślić także nadzwyczajne właściwości półprzewodnika jako innowacji: jego zdolności do łączenia się z innymi technologiami, stały współudział w głównych nurtach wynalazczości i nieustająca wszechobecność w wielu zastosowaniach. Powyższe argumenty uzasadniają zatem użycie do jego opisu określenia GPT (tj. technologia ogólnego zastosowania).

Wymienione przyczyny świadczą o tym, że odkrycia związane z półprzewodnikami zastaną uznane przez przyszłych historyków, jako makrookdrycia. Reprezentują one bowiem rodzaj etapu rozdzielającego jedną epokę od drugiej, zupełnie jak robiły to dwie wcześniejsze Rewolucje Przemysłowe.

Większość postępów innowacyjnych pierwszej połowy XX wieku stanowiła zatem hybrydę innowacji, które składały się z komponentów opracowywanych na długo wcześniej, jeszcze przed 1914 rokiem. Wzrost produktywności w tym okresie był jednak wynikiem dopracowywania procesów technologii produkcji i udoskonaleniem procesów innowacyjnych. Wyróżnia się kilka podstawowych elementów modernizacji procesów produkcyjnych:

- **rutynizacja** (ang. *routinization*) – zamienność procesów produkcji
- **modularyzacja** (ang. *modularization*) – masowość produkowanych komponentów
- **standaryzacja** (ang. *standardization*) – ujednolicenie standardów produkcji
- **miniaturyzacja** (ang. *miniaturization*) – zmniejszanie rozmiarów, oszczędność przestrzeni

Ważność sektora technologii informacyjno – komunikacyjnych (ang. **ICT -** *Information and Communication Technology*) nie polega tylko na jego wpływie na wzrost produktywności, ale przede wszystkim na ciągłym budowaniu technologii opartej na wiedzy,

a przez to wpływaniu również na inne wykorzystywane techniki i metody badawcze. Istnienie różnego rodzaju wyszukiwarek, które mogą pomóc w znalezieniu wiedzy zdaniowej przy zachowaniu relatywnie niskich kosztów, staje się kluczowe.

Również inne technologie pozyskiwania, oceniania i sortowania informacji, które mają na celu zapobieganie ich nadmiernemu nagromadzeniu i przeładowaniu, stają się w dzisiejszych czasach nieodzowne.

Ogrom zebranej wiedzy wymaga zmian w technologii dostępu do baz danych ją przechowujących. Inaczej mogłoby to doprowadzić do załamania się systemu zarządzania wiedzą. Mózg ludzki, mimo iż jest wybitnym mechanizmem o nadzwyczajnej fleksybilności, to jednak ma również swoje ograniczenia, choćby w postaci ograniczonej objętości czaszki.

Całkowita część dotycząca wiedzy społecznej, którą nabywa każdy człowiek maleje proporcjonalnie do upływu czasu. Jedynym rozwiązaniem by poradzić sobie z nadmiarem wiedzy użytkowej jest proces specjalizacji. Coraz bardziej skomplikowany rozdział wiedzy, wymaga coraz efektywniejszych związków dostępu między ludźmi, oraz między jednostką a urządzeniami magazynującymi wiedzę.

Nowoczesna technologia jest mniej skodyfikowana, a przez to bardziej dostępna normalnymi kanałami, ale mimo to, nawet w XXI wieku wciąż jest bardzo duży obszar tzw. wiedzy ukrytej (ang. *tacit knowledge*), której nie da się pozyskać bezpośrednio z urządzeń magazynujących, lecz jedynie bezpośrednio – od ekspertów z danej dziedziny.

Współczesna technologia informacyjno – komunikacyjna jest w stanie ułatwić użytkownikowi identyfikację tych ludzi i pomóc w ich zatrudnieniu. Konsultanci techniczni, eksperci i kooperanci z wiedzą specjalistyczną potrzebną w danym momencie (ang. „*just-in-time expertise*”) stają się coraz bardziej powszechni i poszukiwani na rynku.

Motorem współczesnego rozwoju gospodarczego jest przemysł zaawansowanych technologii. Powstają nowoczesne miejsca koncentracji parków technologicznych, czyli skupiska instytucji naukowo – badawczych i zakładów przemysłowych współpracujących w zakresie opracowania i wdrażania do produkcji innowacji technologicznych, tzw. **technopolie**.

Przemysł nowoczesnych technologii (ang. *high-tech*) obejmuje produkcję o różnorodnym przeznaczeniu, znajdującą zastosowanie w rozmaitych działach gospodarki np.: komputery, automaty, roboty, telefony komórkowe. W przemysłach tych proces produkcji składa się z 2 etapów:

- **faza innowacji** obejmująca badania naukowe, opracowanie koncepcji technologicznej i produkcję próbnej serii;
- **masowa produkcja** artykułów elektroniki użytkowej oraz wytwarzanie półproduktów i ich montaż.

Wynalazczość jest paradygmatycznym i empirycznym procesem świadomych i systematycznych eksperymentów i równoczesnym obserwowaniem, które z nich działają, a które nie. Mimo zaawansowania technologicznego, proces odkryć np. w dziedzinie farmakologii, mimo iż niezależny od przypadkowości i intuicji jak w ubiegłych stuleciach, wciąż jest bardziej zależny od przypadku, niż od założonej strategii naukowej. Przykładem tutaj niech będą choćby molekularne struktury białkowe, które są tak skomplikowane, że stare i prymitywne metody badawcze, opierające się o zasadę „szukaj, i sprawdzaj co działa" (ang. *search-and-see-what-works*), nadal mają zastosowanie, jakkolwiek w znacznie bardziej skomplikowanej postaci.

Od przeszło dwóch wieków ekonomiści uważają, że nowe technologie Rewolucji Przemysłowych wytworzone na przestrzeni stuleci podnosiły produktywność, obniżały koszty produkcji i zwiększały podaż dóbr. To z kolei stymulowało siłę nabywczą i tworzenie nowych miejsc pracy. O ile jednak, co do pierwszej części nie ma sprzeciwu, o tyle wydaje się, iż zasady dotyczące zatrudnienia obowiązujące w tzw. III Rewolucji Przemysłowej mogą być, zgoła odmienne.

Postęp technologicznych XXI wieku sprawił, iż inżynieria przemysłowa pracuje nad coraz bardziej nowoczesnymi automatami, które będę zdolne do komunikacji głosowej i ścisłej koordynacji, programowalne, uczące się, widzące w trzech wymiarach, poruszające się, dokonujące autodiagnozy i autonaprawy. Oznacza to, że zakłady będą musiały w przyszłości częściej inwestować w inteligentne maszyny, w coraz większym stopniu opierać się na wykwalifikowanych pracownikach obsługujących te maszyny, płacić ludziom więcej, a co za tym idzie – zmniejszać w miarę możliwości liczbę zatrudnionych. Nowe ekonomiczne realia wskazują zatem, że ani wolny rynek, ani sektor publiczny nie będą w stanie ratować gospodarki przed wzrostem tzw. bezrobocia technologicznego.

Tabela 1. Przegląd głównych nurtów Rewolucji Przemysłowej

Okres	Rewolucja przedprzemysłowa	Pierwsza rewolucja przemysłowa	Druga rewolucja przemysłowa	Trzecia rewolucja przemysłowa
	XVI / XVII wiek	XVIII / XIX wiek	XIX / XX wiek	lata 70-te XX wieku
Wynalazki naukowo-techniczne		maszyna parowa maszyna tkacka maszyna przędzalnicza statek parowy parowóz	rafinacja ropy naftowej żarówka silnik spalinowy samochód samolot rozbicie jądra atomu	tranzystor półprzewodniki układy scalone światłowody biotechnologie mikroprocesory
Główne źródła energii	woda drewno węgiel kamienny	węgiel kamienny	ropa naftowa węgiel kamienny gaz ziemny energia jądrowa	ropa gaz ziemny energia jądrowa źródła alternatywne
Wiodące gałęzie przemysłu	włókienniczy	górnictwo hutnictwo maszynowy	chemiczny maszynowy	przemysły zaawansowanych technologii
Główny czynnik lokalizacji obszarów koncentracji przemysłu	woda	surowce mineralne (węgiel, rudy żelaza)	dogodne położenie komunikacyjne	korzyści aglomeracji baza naukowa wykwalifikowana siła robocza

Źródło: Opracowanie własne. Na podstawie Mokyr (2002)