Joanna Stańkusz
SSE II stopnia
Ekonomia Menedżerska

WYNALAZCZOŚĆ

w oparciu o:

Evan I. Schwartz

Nektar – twórcze paliwo wynalazczości i innowacji

Wrocław 2007

Skąd się bierze wynalazczość ? (według Evan I. Schwartz)

Nektar – twórcze paliwo wynalazczości i innowacji.

Wynalazek jest dla rozwoju cywilizacji tym, czym koncepcja dla inżyniera. To powstanie czegoś oryginalnego i bezprecedensowego. To działanie o najwyższej wartości, które może podjąć człowiek lub organizacja. Wynalazczość jest podstawą innowacji, procesu tworzenia nowych rzeczy i metod oraz wprowadzania ich na rynek pod postacią produktów. Wynalazki tworzą wartość rynkową, a czasem także całkiem nowe rynki. A rozwój tych rynków napędza gospodarkę.

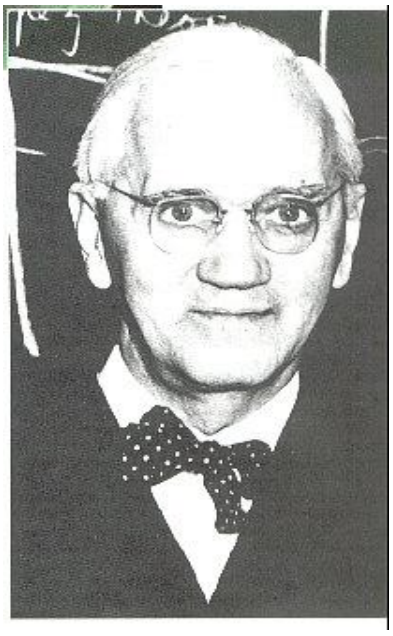
A może **szczęśliwy zbieg okoliczności** ???

To, co ukryte i nieznane, najprawdopodobniej nie zostanie odkryte w toku badań naukowych, lecz przypadkiem. Odkrywcą będzie ten, kto najbardziej uważnie obserwuje wszystko, co jest związane z odkryciem.

Charles Goodyear

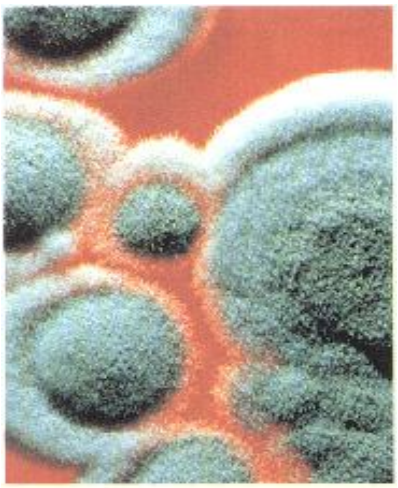
Przypadkowe odkrycie jest rodzajem paradoksu. Z jednej strony, niemal wszystko, co związane z wynalazkami, powstaje na skutek zbiegu okoliczności. Natomiast z drugiej wydaje się, że w przypadkowym tworzeniu wynalazków samej przypadkowości jest bardzo mało. Zbiegi okoliczności przytrafiają się właściwym ludziom we właściwym czasie. Wiadomo jednak, że wielką rolę w niemal każdym sukcesie odgrywa szczęśliwy traf.

„*Czasami po prostu znajdujemy to, czego szukamy*" – powiedział Sir Alexander Fleming.



„*Ludzie nazwali to cudem. Chociaż raz w życiu jako naukowiec zgadzam się. To jest cudem i to ocali tysiące istnień"* – mówi Sir Aleksander Fleming – naukowiec i Noblista.

W 1928 roku Fleming postanowił wyrzucić stare naczynia z kulturami bakterii, kiedy zauważył rosnącą na jednej z kolonii niebieską pleśń. Okazało się, że pleśń ta zawiera nieznaną substancję zabójczą dla szkodliwych bakterii, a nieszkodliwą dla ludzi. Fleming nazwał tę substancję penicyliną.



Odkrycie penicyliny miało duże znaczenie nie tylko jako samo w sobie, ale także jako zachęta dla naukowców do poszukiwania innych antybiotyków. Obecnie znamy tysiące antybiotyków i trudno sobie wyobrazić sztukę medyczną bez tych ważnych leków.

POSTAW WSZYSTKO NA JEDNĄ KARTĘ

Bernie Meyerson →

>>> producent mebli w Nowym Yorku;

>>> fizyka w Bronx School of Science;

>>> wafel krzemowy > "pobrudzony":

Po włożeniu do wody pozostał suchy ?

Nowy rodzaj półprzewodnika > IBM i inni producenci ok. 30 mld USD/rok.

Pewnego dnia w 1979 roku podczas przeprowadzania eksperymentu w laboratorium Meyersonowi zdarzył się drobny wypadek. Trzymał w ręku 2,5 cm wafel krzemowy, podstawowy materiał, z którego wycinane są chipy elektroniczne. Zgodnie ze zwykłą procedurą ułożył wafel w piecu, aby oczyścić go w wysokiej temperaturze. Następnie zanurzył go w kwasie fluorowodorowym. Po wyjęciu z kwasu chip miał zareagować z tlenem w powietrzu. Na powierzchni powstałaby dzięki temu mikroskopijna warstwa dwutlenku krzemu. Ta cienka warstwa – przypominająca szklaną – chroniłaby go przed zniszczeniem.

Kiedy Meyerson wyciągnął wafel z roztworu kwasu przy pomocy pincety, przypadkowo upuścił go na brudny kawałek metalu. Zaczął więc płukać ubrudzony chip w wodzie i wtedy zauważył coś dziwnego.
Chip nie mókł. Meyerson zdziwił się: *„Przecież chip powinien zachowywać się jak przednia szyba w samochodzie podczas deszczu”*. Jednak „szybka krzemowa” nie zmoczyła się ani trochę. Meyerson, zmieszany, włożył chip do wody. Wyszedł z sali i wrócił po dziesięciu minutach. Ku swemu zdumieniu odkrył, że chip nadal jest suchy. Pomyślał, że to niemożliwe. Nie miał czasu się nad tym zastanawiać i, jak się wyraził, odłożył *„to odstępstwo od praw fizyki na później”*.

Być może dzięki doświadczeniu w produkcji mebli Meyerson zwracał uwagę na drobiazgi, których inni nie dostrzegali. Wiedział, że chip nie może nie moknąć – to byłoby sprzeczne z prawami fizyki. Dlatego nie od razu zorientował się, jakie znaczenie ma jego odkrycie. Stwierdził, że to ciekawy przypadek, i przestał o tym myśleć.

Trzy lata później, gdy był już naukowcem pracującym w laboratorium Thomasa J. Watsona w firmie IBM w Yorktown Heights w stanie Nowy York, przytrafił mu się podobny zbieg okoliczności. Wraz z innymi badaczami półprzewodników pracował wówczas nad szybszymi układami scalonymi, w oparciu o które mogłyby powstać nowej generacji komputery i urządzenia komunikacyjne. Meyerson dążył do zamykania większych układów w mniejszej przestrzeni, ograniczonej chipem rozmiaru paznokcia. Wymagało to coraz lepszego poznawania właściwości materiałów obserwowanych przez mikroskop. Fakt, że chip zanurzony w wodzie pozostał suchy, utkwił w pamięci Meyersona. Tym razem zaczął on szukać odpowiedzi na pytanie: *„Dlaczego?”*. Zaczął zastanawiać się nad wpływem tego zjawiska na postęp technologii.

Spotkanie z profesorem Millerem przed laty i zbieg okoliczności podczas zajęć w laboratorium otworzyły przed nim nową możliwość. Po 25 latach od tych zdarzeń stworzył on nowy rodzaj półprzewodnika, dzięki czemu IBM i inni producenci chipów zarobili dodatkowe 30 mld $ rocznie.

„A wszystko zaczęło się od tego, że jako student upuściłem wafel krzemowy. Ten zbieg okoliczności wywołał serię zdarzeń, które miały miejsce znacznie później” – wspomina Meyerson.

WYKORZYSTAJ SZCZĘŚLIWY ZBIEG OKOLICZNOŚCI

Można by mnożyć przykłady wynalazców, którzy wykorzystali zbieg okoliczności w celu komercyjnym. Historia zna mnóstwo pozornie pechowych przypadków, których rezultatem były lepsze produkty, nowe branże i krociowe zyski. Dotyczy to zwłaszcza tworzenia nowych materiałów. Oto niektóre z nich:

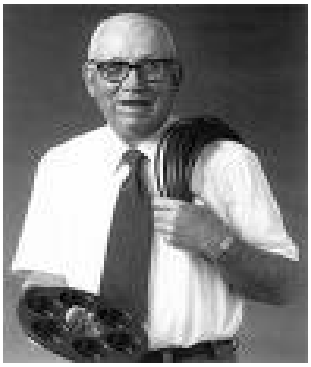
Alfred Nobel - The Man Behind the Nobel Prize

- **skaleczenie > opatrunek z kolodionu;**

> do czego można go wykorzystać?

kolodion + lotna nitrogliceryna =

Pewnego dnia w 1976 roku szwedzki chemik **Alfred Nobel** podczas pracy w laboratorium paskudnie skaleczył się w palec kawałkiem szkła. Posmarował ranę kolodionem, żelem utrwalającym opatrunek. Jednak ból nie pozwolił mu spać tej nocy. Zaczął zastanawiać się nad właściwościami kolodionu – *czy można go do czegoś zastosować w laboratorium?* Kiedy przetestował te substancję, doszedł do imponujących wniosków. Okazało się, ze mieszanka kolodionu i lotnej nitrogliceryny jest wybuchowa. Tak powstał pierwszy skład dynamitu, którego sukces komercyjny uczynił Nobla milionerem.



Roy J. Plunkett, chemik, który zajmował się badaniami i rozwojem w firmie DuPont, eksperymentował a gazem chłodzącym, tetrafluorotylenem czyli freonem. Jeden z cylindrów zawierających freon po przyciśnięciu nie zadziałał. Gaz nie ulotnił się nawet po odkręceniu zaworu cylindra. Plunkett ze współpracownikiem odłożyli ten osobliwy przypadek do rozpatrzenia później. Kiedy Plunkett przepiłował cylinder, odkrył, ze gaz w przedziwny sposób przylgnął do ścianek i zamienił się w biały proszek. Po przetestowaniu okazało się, że nieznana substancja jest bardziej śliska niż jakikolwiek inny znany wtedy polimer. Firma DuPont nazwała nowy materiał TEFLONEM. Aż w końcu ten materiał ery kosmicznej przyniósł miliardowe zyski producentom patelni, garnków i innych naczyń kuchennych.

Percy L. Spencer

- **wynalazca radaru;**
- **spacer obok tuby magnetycznej (serce systemu radarowego);**
- **batonik z czekolady się rozpuścił;**

W 1946 roku Spencer przechadzał się po jednym z laboratoriów Raytheon Company. Zatrzymał się koło tuby magnetycznej, serca systemu radarowego. Jak podają źródła, zorientował się, ze batonik czekoladowy w jego kieszeni rozpuścił się. Większość ludzi wyrzuciłaby batonik, umyła ręce i zapomniała o zdarzeniu. Jednak Spencer zanotował ten fakt. Następnie skierował promieniowanie mikrofalowe na torbę kukurydzy. Po chwili miał w rękach gotowy popcorn. Pierwsze kuchenki mikrofalowe wprowadzono na rynek w 1953 roku pod nazwą Radar Ranwers. Ważyły one ponad sto kilogramów i nie sprawdzały się w kuchni za dobrze. Ludzie się z nich śmiali. Jednak następne, mniejsze modele przyjęły się jako standardowe w domach i restauracjach.

A oto jeszcze inny zbieg okoliczności, tym razem z lat 50. dwudziestego wieku.

George D. Mestral, szwajcarski inżynier.

- **spacer po lesie**
- **rzepy**

Mestral, wrócił ze spaceru po lesie i zauważył, że do jego kurtki jest przyczepionych mnóstwo rzepów, a dokładnie nasion rzepienia pospolitego w torebkach z cienkimi kolcami. Zauważył, że kolce były zakończone cienkimi haczykami. Osiem lat później de Mestral stworzył z nylonu przylepiec zastępujący zamek błyskawiczny. Ochrzcił wynalazek nazwą *Velcro* – od angielskich słów *velvet* (czyli jedwab) i *crochet* (czyli szydło). Tak też nazwał firmę, którą utworzył w celu wprowadzenia wynalazku na rynek.

James Schlatter

- **1965: przypadkowo przewrócił podgrzewaną szklaną kolbę;**
- **oblizał palce …**
- **… okazało się, że substancja jest 200 razy słodsza niż cukier;**
- **>>> Aspartam (NutraSweet).**

Schlatter kiedy zorientował się, jak bardzo słodka jest substancja, przygotował większą próbkę. Badania wykazały potwierdziły, że proszek znany dziś jako Aspartam, jest dwieście razy bardziej słodki niż cukier. Ponadto nie ma gorzkiego posmaku charakterystycznego dla sacharyny i sztucznych słodzików.

Każde z tych pięciu odkryć zaczęło się od zbiegu okoliczności. Czy można powiedzieć, że szczęśliwe zbiegi okoliczności były tym wynalazcom pisane? W pewnym

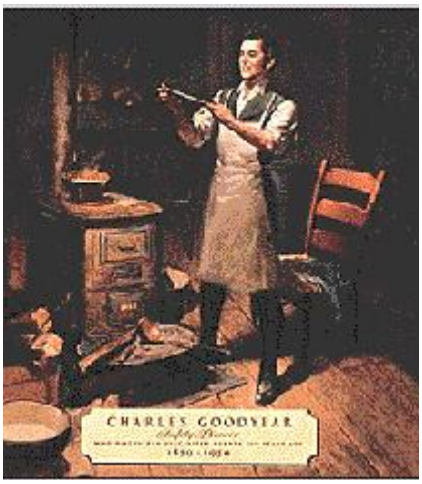
sensie tak. Historia zna bardzo wiele przypadków odkryć. Wniosek z tego płynie taki, że można wykorzystać szczęśliwy los tylko wówczas, jeśli człowiek będzie na to gotowy.

Tak naprawdę wynalazcy sami sobie stwarzają szczęśliwe okazje, ponieważ szukają wskazówek bardziej intensywnie niż inni ludzie i są gotowi pójść osobliwymi drogami prowadzącymi do wielkich rzeczy. Inaczej mówiąc, wynalazcy potrafią wykorzystywać zbiegi okoliczności. Poszukują unikalnych spostrzeżeń, aby dochodzić do zadziwiających wniosków.

BĄDŹ UPARTY I CZEKAJ NA UŚMIECH LOSU

Niektórzy wynalazcy nie osiągają sukcesów mimo olbrzymiej wiedzy. A inni, choć nie posiadają (dużej) wiedzy teoretycznej, w jakiś sposób znajdują twórcze rozwiązania, zawstydzając ekspertów i uczonych. Czy to kwestia przypadku?

Charles Goodyear



- lata 30 XIX wieku: boom na sprzedaż gumy;
- ale w lecie: wszystko zamieniało się w śmierdzącą substancję!!!
- 20 lat, masa eksperymentów, kilka bankructw >>> wulkanizacja!
- przypadek, brak podłoża naukowego, „czysty” eksperyment.

Goodyear urodził się w 1800 roku w New Haven w stanie Connecticut. W wieku 21 lat stał się wspólnikiem rodzinnego sklepu Goodyear&Sons z artykułami żelaznymi. Już w młodym wieku uważał się za wynalazcę, niespodziewanie natknął się na problem nieużyteczności gumy. Pewnego dnia kupił w sklepie nieopodal firmy rodzinnej dmuchane gumowe koło ratunkowe. Przyjrzał się uważnie wentylowi i powiedział sprzedawcy, że potrafi ulepszyć produkt. Parę dni później wrócił do sklepu i przedstawił pomysł, jak ulepszyć koło

ratunkowe. Sprzedawca odparł, że lepiej będzie, jeśli popracuje nad właściwościami tworzywa gumowego. Młody człowiek wziął sobie tę sugestię do serca.

W latach 30. dziewiętnastego wieku spekulanci skupowali gumę sprowadzaną z Indii i promowali ją jako „cudowny produkt", którym można pokrywać krawędzie kół pojazdów, impregnować buty i spodnie, uszczelniać wszystkie powierzchnie mające kontakt z wodą. Słowem, guma miała służyć do wszystkiego, o czym tylko może zamarzyć amerykański lub europejski przedsiębiorca. Jednak w lecie 1835 roku boom już się skończył. Przemysł gumowy podupadł jeszcze szybciej, niż się narodził, kiedy w wysokiej temperaturze wszystkie produkty gumowe zamieniły się w śmierdzącą breję.

W środku tego całego zamieszania był Charles Goodyear, który postanowił poprawić parametry gumy. Chciał znaleźć sposób, by utrzymać pożądane właściwości materiału w każdej temperaturze, aby guma stała się tak trwała i użyteczna, jak deklarowali to spekulanci.

Wilson Mitchell tak opisał misję Goodyeara: *„Nikt nie wiedział o gumie więcej niż on. A on sam nie wiedział o niej nic"*. Młody wynalazca wyznał później, że gdyby wiedział, jak trudny problem przyjdzie mu rozwiązać, nie podjąłby się tego zadania: *„Siłę dało mi to, ze ignorowałem wszelkie przeszkody. A było ich wiele"*.

Nie było innej możliwości – Goodyear musiał przypadkiem wpaść na rozwiązanie, ponieważ nie miał zielonego pojęcia, co trzeba zrobić. Najpierw usiłował „leczyć" gumę za pomocą rzeczy znalezionych w domu. Mieszał materiał z solą i pieprzem, a kiedy to nie zdało egzaminu, spróbował połączenia z rosołem z kurczaka. Kiedy zmieszał gumę z tlenkiem magnezu, osiągnął znacznie lepszy rezultat. Używając tej mieszanki, robił okładki do książek, pokrowce na klawisze pianina, buty i kable. A potem przyszło lato…i z nowym materiałem stało się to samo, co ze starym. Ci, którzy nosili buty Goodyeara, przetarli podeszwy.

Ktoś inny pewnie by się poddał. Ale nie on. Postanowił wzbogacić mieszankę wapnem i szybko zorientował się, że „nawet najsłabszy kwas, chociażby z jabłka, może zniszczyć cały produkt". W całości zastąpił tlenek magnezu wapnem. Guma całkiem się rozpuściła. I nagle zabłysło mu światełko w tunelu. Goodyear zakopał w ziemi lepki i śmierdzący gumowy but potraktowany wcześniej tajemniczą substancją, którą nazwał *agua fortis.* Goodyear nie znał nawet składu chemicznego mikstury, lecz kiedy później odkopał but, odkrył, ze po lepkości i odorze nie było śladu. Niestety, nie potrafił powtórzyć eksperymentu. Próbował różnych sztuczek. Potraktował gumę kwasem azotowym i siarkowym, który również nie zadziałał.

Aż pewnego dnia, pomagając bratu w kuchni, nieumyślnie zostawił kawałek gumy na stosie płonącego drewna. Wiedział, że ciepło roztapia gumę, więc z pewnością nie zrobił tego celowo. Tymczasem ogień osmalił krawędzie kawałka gumy i wytworzył tym samym warstwę chroniącą materiał przed dalszym stapianiem. Takie rozwiązanie przeczyło intuicji. Jak opisał to wynalazca: *„Byłem bardzo zaskoczony, widząc, że materiał po wejściu w kontakt z ogniem zwęglił się jak skóra”.*

I tak w 1844 roku Goodyear opatentował proces wulkanizacji. Odkrycie opisał następująco: *„Moje ulepszenie polega na połączeniu siarki i białego ołowiu z gumą indyjską. Ta mieszanka jest poddawana obróbce cieplnej w określonej temperaturze. W rezultacie właściwości materiału zmieniają się tak, że ani słońce, ani sztucznie wytwarzana wysoka temperatura, ani chłód nie powodują jego zmiękczania czy utwardzania”.*

Goodyear potwierdził, że odkrycie nie wynikało z jego wiedzy teoretycznej. *„Przyznaję, że nie było to rezultatem badań naukowych”.* Jednak z pewnością zaobserwował on bardzo wiele wariantów przemiany swojej ulubionej substancji i dlatego potrafił rozpoznać, co nastąpiło. O chemii nie wiedział prawie nic, lecz nadrabiał ten brak doskonałą umiejętnością obserwacji. Długo czekał na uśmiech losu i kiedy w końcu mu się udało, wykorzystał te chwilę.

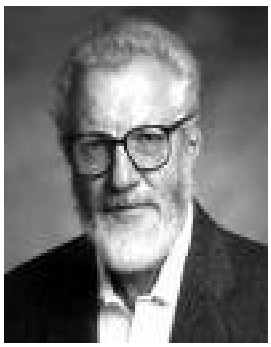
Czy Charles Goodyear miał szczęście? W końcu przyszło do niego. Lecz wykorzystał je tylko dlatego, że był niezwykle uparty i był doskonałym obserwatorem.

BĄDŹ OPORTUNISTĄ (I ZDOBĄDŹ SWÓJ UDZIAŁ)

Wróćmy do Meyersona dla którego główna szansa nadeszła w 1999 roku, kiedy przedstawił swoje odkrycie na konferencji w Japonii. Opowiedział o nim Herbertowi Kroemerowi, o którym wcześniej czytał i z którym okazyjnie korespondował. Zachwycony prezentacją Kroemer przedstawił się mu i zaprosił go na lunch. Jak często zdarza się w historii nauki i wynalazczości, technologia zaproponowana przez jedną osobę jest cale lata później tworzona przez inną osobę lub cały zespół. Dopiero patrząc wstecz, możemy dostrzec, jak cały proces tworzenia wynalazku doprowadził do powstania rewolucyjnego produktu.

Alfred Nobel, fundując nagrodę, miał na myśli dokładnie takie osiągnięcia, jak sukces Meyersona. Misją naukową przedsięwzięcia Nobla było nagradzanie ludzi, których odkrycia

będą miały wartość praktyczną. A Bernie tak naprawdę znalazł sposób, by zrobić użytek z teorii Kroemera. Tymczasem nagroda Nobla z fizyki w grudniu 2000 roku przypadła właśnie Kroemerowi – za odkrycie heterozłączowego tranzystora bipolarnego. Podczas oficjalnego wywiadu po otrzymaniu Nobla Kroemer wspomniał, że przełożeni zmusili go do porzucenia pracy nad HBT: *"Nie wolno mi pracować nad heterozłączami, Mówiono mi, ze to nigdy nie znajdzie zastosowania"*. Inaczej mówiąc, Kroemer zostawił dokończenie pracy komuś Innemu, nie wiedząc, kto się jej podejmie i czy w ogóle znajdzie się ktoś taki: *„I dlatego nie próbuję prognozować przyszłości – myślę, że nauka i technologia idą do przodu dzięki niezłomnej woli oportunistów, a nie konsekwentnym i planowanym działaniom"*.



Professor Herbert Kroemer
2000 Nobel Physics Laureate

Dziś wiemy, że nadzieje Kroemera spełniły się . Lecz kto mógł przewidzieć, że na właściwy trop wpadnie student w prostym laboratorium - i to student, który niedługo przedtem produkował meble? Gdyby nie ten zbieg okoliczności i dążenie Meyersona do wyjaśnienia zagadkowego zjawiska, chipy nowej generacji mogłyby nigdy nie powstać. Albo ktoś inny, w innym miejscu i czasie, dokończyłby dzieło Kroemera.

CZEKAJ CIERPLIWIE I WYKORZYSTUJ SZANSE

Prędzej czy później los uśmiecha się do tych, którzy potrafią wykorzystać szczęśliwy zbieg okoliczności. Lecz ileż można czekać? Lepiej machnąć ręką i zająć się innymi sprawami czy stale wypatrywać okazji i zwracać uwagę na wszelkie zagadkowe zjawiska? A co, jeżeli będzie trzeba poświęcić całą lub znaczną część kariery na czekanie, jak w przypadku Goodyeara i Meyersona.

Nie ma wątpliwości, że szczęście i pech, okrutne igraszki i uśmiechy losu, przykre wypadki i zbiegi okoliczności przeplatają się. Sztuka polega na tym, by zauważać i wykorzystywać co bardziej istotne przypadki. To właśnie wykorzystywanie szans.

Gdyby Meyerson dalej produkował meble, prawdopodobnie nie wynalazłby chipu, który przyniósł IBM-owi miliardowe zyski. Jeden szczęśliwy traf na drodze życiowej może całkowicie odmienić przyszłość człowieka, podobnie jak jeden trafiony wynalazek może zmienić całą branżę, a nawet cały świat.

Obecnie Meyerson jest głównym technologiem w laboratoriach Watsona. Zajmuje się projektowaniem systemów telekomunikacyjnych. Ma mnóstwo okazji, by dokonywać nowych odkryć. Jest zdania, że wkrótce możliwości ludzkiego umysłu w kwestii projektowania komputerów osiągną kres i trzeba będzie tworzyć komputery, które będą projektować inne komputery przy marginalnej ingerencji człowieka. Sztuczne obwody będą potrafiły spontanicznie generować nowe obwody, podobnie jak ludzkie ciało generuje nowe komórki.

Synteza wiedzy z wielu obszarów.

Fulton jedynie zainstalował nową wydajną maszynę parową Watta w magazynie, a potem, w 1807 roku, w odpowiednio zaprojektowanej łodzi.

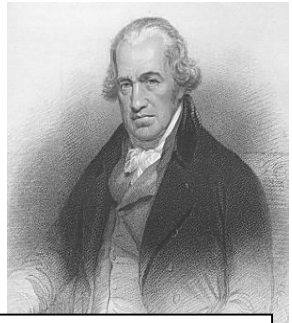
John Lienhard, *The Engines of Our Ingenuity*

Wynalazcy często wykorzystują ogólnie dostępną wiedzę i doświadczenie w nowych dziedzinach. Budują mosty możliwości łączące różne branże i różne sfery wiedzy. Przenoszą wiedzę z jednego obszaru do innego.

Takie działanie można określić terminem bardziej precyzyjnym. Jest to transgresja (przełamywanie) barier. Dobrym przykładem takiego aktu tworzenia jest wynalazek inżyniera wojskowości Thomasa Saverego, kowala Thomasa Newcomena oraz szkockiego rzemieślnika Jamesa Watta, którzy wspólnymi siłami stworzyli maszynę parową.

Thomas Savery:
inżynier wojskowości

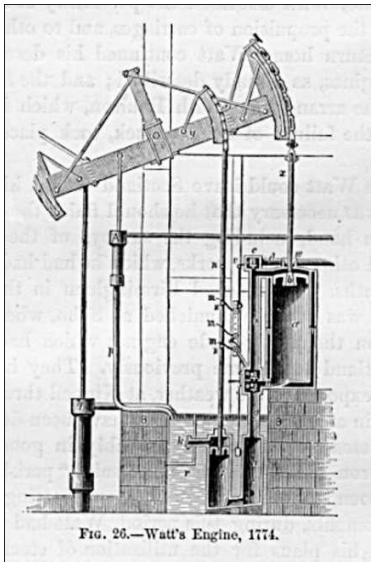
Thomas Newcomen:
kowal



James Watt:
rzemieślnik

Połączyli siłę ciśnienia wodnego, zjawisko parowania i efekt kondensacji. Każdy z nich wykroczył poza swoją rdzenną dziedzinę wiedzy. Żaden z trzech współwynalzców nie miał ścisłej wiedzy naukowej i siłą rzeczy musiał korzystać z wiedzy pozostałych dwóch.

Dzięki temu powstał wynalazek, który wywołał rewolucję przemysłową. Przemiany społeczne i gospodarcze były tak nagłe, ze wkrótce cały rodzaj ludzki obudził się w nowej rzeczywistości. Jeszcze przez wiele lat mechanizm działania maszyny parowej nie był do końca znany. Wystarczyło, że ludzie potrafili wykorzystać moc pary wodnej. Wynalazek, który wstrząsnął światem, nie miał podstaw naukowych.



maszyna parowa

Bez podstaw naukowych!

Sadi Carnot zrozumiał wynalazek dopiero go badając;

>>> cykl Carnot'a

>>> prawa termodynamiki

W ten sposób Carnot i inni naukowcy sformułowali drugie prawo termodynamiki. Jednak rewolucji przemysłowej nie wywołał sam fakt zbudowania maszyny parowej. Trzeba było znaleźć dla niej praktyczne zastosowania. Przez pierwszych 100 lat istnienia wynalazek nie był nawet nazywany maszyną parową. Nathan Rosenberg, profesor z Uniwersytetu Stanford, nazwał go pompą. Inni nazywali go „przyjacielem górnika", ponieważ za pomocą maszyny parowej wypłukiwano wodę z kopalni węgla. Dopiero po serii usprawnień pod koniec XVIII wieku maszyna parowa stała się źródłem energii dla przemysłu tekstylnego, hut i innego rozwijającego się przemysłu.

← Robert Fulton

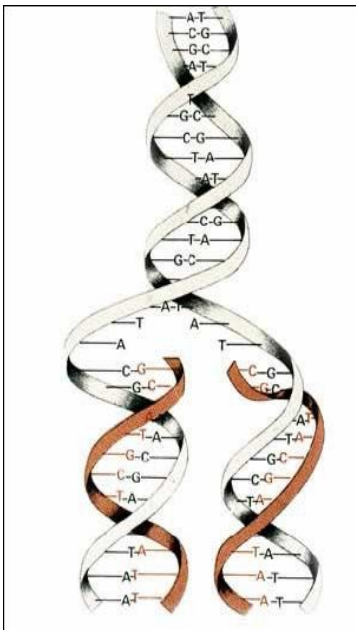
Robert Fulton zyskał sławę, robiąc coś, co dziś uznalibyśmy za proste.

Instalował on maszyny parowe w różnych istniejących konstrukcjach. W 1807 roku zainstalował wynalazek Watta na łodzi. 46-metrowy parowiec Clermont pływał w górę rzeki Hudson ze średnią prędkością 8 km/h.
Na morzach i rzekach przestały królować żaglowce i łodzie wiosłowe. Dzięki temu połączeniu wiedzy Fulton zyskał nieśmiertelną sławę. Jego pomysł zadecydował o tym, że maszyna parowa stała się źródłem energii w transporcie morskim, a później kolejowym.

BUDUJ MOSTY

Watsonowi i Crickowi też powinniśmy wybaczyć, że nie przewidzieli przyszłości genetyki. Aby wykorzystać w praktyce model podwójnej spirali, nie wystarczy sama wiedza biologiczna. Co by się stało, gdyby ktoś przeniósł wiedzę z dziedziny biologii do inżynierii mechanicznej? Jakie efekty przyniosłoby połączenie techniki z biologią?

Watson & Crick

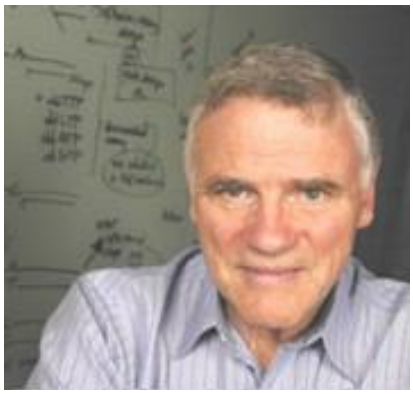


fizyk & biolog

Leroy Hood zaczął łączyć oba te obszary wiedzy pod okiem błyskotliwego biologa, Billa Dreyera. Dreyer wpoił Hoodowi dwie zasady. Pierwsza brzmiała: *„Biologia zawsze górą”,* a druga: *„Jeżeli naprawdę chcesz zrewolucjonizować biologię, stwórz nową technologię”.* To była metoda, dzięki której Hood przeprowadził transgresję.

Hood i jego koledzy dostrzegli potrzebę wprowadzenia nowych technologii, które sięgnęłyby w głąb materii biologicznej – do świata komórek organicznych.

Leroy Hood →
- dysleksja
- słaba koncentracja i komunikatywność;



„Oto dane. Spójrzmy na nie z wielu różnych stron. I nie stawiajmy jeszcze żadnych tez”.

Mając wiedzę biologiczną o techniczną, Dreyer odkrył własny, oryginalny wzór myślenia. Mimo, że miał dyslekcję, to jego inne umiejętności kompensowały to z nadwyżką. Dreyer tworzył w myślach trójwymiarowe obrazy łańcuchów różnokolorowych molekuł: *„To takie moje halucynacje. Przewijają mi się w myślach jak film”* – podsumował.

Takie „halucynacje wizualne” często stają się źródłem nowych pomysłów i wynalazków. Kiedyś Dreyer podzielił się jedną z takich wizji z Hoodem. Zafascynował go immunologią.

Dreyer także interesował się problemem przeciwciał. Hood poszedł w ślady mentora. Po ukończeniu szkoły medycznej podjął studia w Caltech i podróżował z Dreyerem po całym kraju. W 1963 roku wrócił do ośrodka naukowego Caltech w Pasadenie i zajął się pracą badawczą.

Popołudniami Dreyer wraz z Hoodem zajmował się projektem badawczym w zakresie immunologii. W tym samym czasie biolodzy z całego świata badali model podwójnej spirali Watsona i Cricka.

Hood i Dreyer zaczęli od wyizolowania immunoglobulin, zwanych paraproteinami (lub proteiną M) – najprostszych i najbardziej homogenicznych przeciwciał, jakie zdołali znaleźć. Proteina M jest przeciwciałem występującym u większości pacjentów chorych na szpiczaka mnogiego, odmianę raka krwi. Aby zbadać ją wystarczająco dokładnie, naukowcy musieli rozbić ją na składniki molekularne i znaleźć jej wzór aminokwasowy. Taki proces nazywamy sekewncjonowaniem. Badacze musieli stworzyć nową technologię – w postaci narzędzia, które zwiększyłoby ich szanse na odkrycie kodu wybranego przeciwciała.

Istniejące narzędzia nie były wystarczająco czułe. Dreyer i Hood stwierdzili, że muszą zbudować automatyczny sekwenator protein.

Sekwenator >>> separacja genów ⟶

Sekwenator protein pomógł Hoodowi uzyskać odpowiedzi na najważniejsze pytania dotyczące immunologii. Dzięki temu urządzeniu zostały rozwiązane także inne problemy związane z kodowaniem protein. Naukowcy dowiedzieli się, w jaki sposób mutujące geny (onkogeny) wytwarzają proteiny rakotwórcze w miejscu zwykłych protein produkowanych przez zdrowy organizm.

Hood, Dreyer i inni badacze zarejestrowali ten i podobne wynalazki. Upowszechnienie się tych patentów doprowadziło do serii kolejnych odkryć w różnych obszarach biologii. Pierwszy działający sekwenator protein trafił do laboratorium Hooda i Dreyera w 1973 roku.

PRZEKRACZAJ GRANICE

Transgresja, jaką przeprowadził Hood, była w środowisku biologów przedmiotem tabu. Hood i Dreyer stali się wyrzutkami na własnym wydziale, ponieważ cała kadra naukowa uznała, że na wydziale biologii powinno się pracować nad biologią, a nie nad technologią. Lecz udowodnili wszystkim, że aby oceniać przydatność nowych technologii, trzeba zadać sobie kluczowe pytanie: *„Czy ta lub inna technologia pomoże naukowcom w danej dziedzinie dokonywać odkryć?”*. Sekwenator protein sam w sobie otwierał wiele pytań i uświadamiał biologom potrzebę rozpoczęcia prac nad kolejnymi technologiami, z pomocą których będzie można odkrywać nowe wzory DNA. Hood wynalazł także syntetyzer DNA, urządzenie do zautomatyzowanej produkcji próbek protein z istniejącego DNA. Uparcie przekonywał ludzi na wydziale, jak potrzebna jest w biologii wiedza techniczna, aż środowisko naukowe odrzuciło go jako odmieńca.

W 1973 roku Hood i Dreyer ukończyli pracę nad sekwenatorem protein i wtedy na dwóch innych uniwersytetach w Kalifornii zaczęło wrzeć. Stanley Cohen z Uniwersytetu Stanford i Herbert Boyer z Berkeley przemieścili gen z jednej kultury komórek do innej. Dzięki temu sztucznemu połączeniu genów otwarli nowe pole badań – inżynierię genetyczną. Dwa lata później Walter Gilbert i Allan Maxam z Harvardu wraz z Frederickiem Sangerem z

Cambridge w wielkiej Brytanii rozwinęli różne metody ręcznego rozpoznawania sekwencji protein DNA – czyli odczytywania wzorów typu G, A, T, C na podstawie materiału genetycznego.

Te i wiele innych odkryć postawiły przed Hoodem nowe wyzwania. Po raz kolejny spotykał się z oporem ze strony biologów z Caltech. Nikt nie chciał sfinansować nowych projektów Hooda. Ani ludzie z kręgów akademickich (byli zbyt zajęci), ani dyrektorzy korporacji (bo obawiali się ryzyka).

Nowym rozwiązaniem okazał się przemysł biotechnologiczny. W 1980 roku Herbert Boyer i inwestor Robert Swanson założyli i wprowadzili na giełdę pierwszą na świecie firmę biotechnologiczną, Genentech. Ich pionierski patent na łączenie genów stał się kamieniem węgielnym raczkującego przemysłu. Mniej więcej w tym samym czasie inny inwestor Bill Bowes, zaoferował Hoodowi 2 mln $ na dokończenie wynalazku. Bowes i Hood wspólnie założyli firmę *Applied Biosystems Inc*., która już wkrótce miała stać się jednym z największych, najbardziej dochodowych i najbardziej trwałych młodych przedsiębiorstw biotechnologicznych.

STWÓRZ TRANSDYSCYPLINARNY TYGIEL NAUKOWY

Zapał Hooda do łączenia wiedzy technologicznej i biologicznej został hojnie nagrodzony przez rynek. Stare, hermetyczne modele w tych dwóch osobnych sferach nauki rozsypały się na kawałki, które naukowiec pozbierał i połączył w całość.

biologia + technologia

Tymczasem kultura Caltech wciąż odrzucała wiedzę z innych obszarów. Hood zaproponował utworzenie osobnego wydziału biotechnologii molekularnej. Profesorowie i studenci biologii i nauk technicznych mogliby tam wspólnie realizować projekty badawcze. Rektor uniwersytetu przychylił się do pomysłu. A w ślad za nim kadra wydziałów

technicznych. Sprzeciwili się tylko profesorowie biologii, co zapewne wynikało z ich obaw o własne środki.

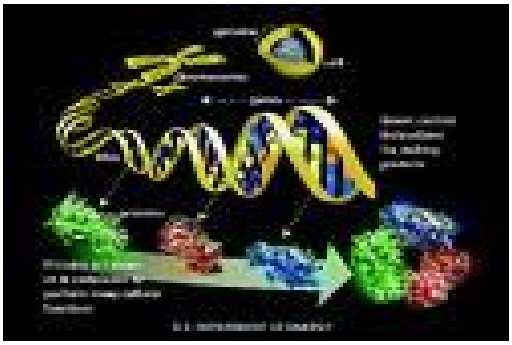
Praca nad sekwenatorem DNA nie szła tak gładko, jak pomysłodawca z początku to sobie wyobrażał. Po 3 latach badań wciąż nie mógł pochwalić się konkretnymi wynikami. Przełom nastąpił pewnego dnia w 1982 roku. Naukowiec spotkał się z czterema kolegami. Każdy z nich reprezentował inną dziedzinę wiedzy. Stworzyli zespół. Zorientowali się, że aby zbudować potrzebne urządzenie, należy włączyć w to wiedzę z jeszcze innych obszarów. Hood odkrył, że konstruowanie wynalazku nie wynika z wiedzy interdyscyplinarnej, ale transdyscyplinarnej. Tworzenie wynalazku wymaga nie tyle wycinania wiedzy z poszczególnych dziedzin, ile łączenia wielu różnych niezależnych dziedzin wiedzy i formowania z nich czegoś nowego.

Sekwenator DNA – maszyna genów – umożliwił rozpoczęcie projektu znanego jako *Human Genome Project.*

http://en.wikipedia.org/wiki/Human_Genome_Project

Celem tego olbrzymiego przedsięwzięcia było stworzenie mapy ponad 30 tysięcy genów w ludzkim ciele.

Technologia sekwencjonowania posuwała się naprzód, a potrzeba stworzenia mapy ludzkiego genomu stała się oczywista. Dopiero wtedy Human Genome Project został zaakceptowany i uzyskał wsparcie finansowe.



Kiedy mur między biologią i naukami technicznymi legł w gruzach, powstało cale mnóstwo nowych koncepcji i wynalazków.

Kiedy nasze myśli blokują się, wpadamy w stres… Zaczynamy proces myślowy od litery „P" jak „początek" i zamiast zmierzyć do litery „K" jak „koniec", kręcimy się wokół początku. I aby dostrzec „K", musielibyśmy przeskoczyć na inną płaszczyznę, której nie widzimy.

Arthur Koestler, *The Act of Creation*

Wynalazcy często są otoczeni przez ukryte bariery. Wynalazca może stworzyć fantastyczną możliwość lub znaleźć problem wymagający natychmiastowego rozwiązania. Niestety, nie wie on, która ścieżka prowadzi do rozwiązania. Nie wie nawet, czy taka ścieżka w ogóle istnieje. Czasami mamy poczucie, że kręcimy się w kółko, próbujemy przebić głową mur lub chcemy przeskoczyć zbyt wysoką przeszkodę.

Niektórzy Wynalazcy potrafią radzić sobie ze stresem wywołanym przez uczucie bezsilności. Wiedzą, że mogą rozwiązać problem i pokonać stres tylko wówczas, jeżeli znajdą barierę blokującą myśli. Chodzi o barierę rzeczywistą, czyli taką, którą dostrzegli także inni usiłujący rozwiązać ten sam problem. Na pewnym etapie procesu myślowego człowiek taki wpada w labirynt. Może z niego uciec tylko pod warunkiem, że znajdzie ukryte przejście, drzwi w podłodze lub zorientuje się, że labirynt nie jest dwu-, ale trójwymiarowy.

DOSTRZEGAJ WIELKIE BARIERY W NANOSKALI

Kathryn Wilder Guarini – jedna z członków personelu badawczego w Watson Labs w firmie IBM.

Starała się ona otworzyć trzeci wymiar w świecie półprzewodników. Celem Guarini było dodanie do tej układanki trzeciego wymiaru. Twierdziła ona, że *„obecnie znamy tylko jeden obszar aktywności mikrochipów"*. Inni badacze szukali innowacji w całkiem nowych obszarach – usiłowali tworzyć „komputery molekularne" na bazie połączeń poszczególnych atomów lub „komputery optyczne" w oparciu o połączenia fotonów światła. Tymczasem Guarini wykorzystywała konwencjonalną technologię mikrochipów. Nie dążyła do upakowania większej liczby tranzystorów na mniejszej dwuwymiarowej przestrzeni. Zamiast tego zadawala pytanie: *„Czy może istnieć całkiem inny, nieznany obszar aktywności tranzystorów?"*. *„To jak wypiekanie ciasta złożonego z wielu warstw. Musimy zbudować nową warstwę i położyć ją na poprzedniej"*. Problem w tym, że nikomu się to jeszcze nie udało i nikt nie wie, czy to w ogóle możliwe.

Guarini uwielbiała rozpoznawać tego rodzaju bariery. Uważała, że klucz do trójwymiarowych układów scalonych jest ukryty gdzieś w procesie produkcji, w technikach konstruowania mikroskopijnych układów scalonych.

IBM otrzymywała więcej patentów niż jakakolwiek inna korporacja na świecie. Guarini miała na koncie wiele patentów, jednak żadne z jej dotychczasowych odkryć ani wynalazków nawet nie otarło się o tę największą barierę.

W sterylnym pomieszczeniu eksperymentowała z trójwymiarowymi półprzewodnikami. Kontrolowała układy scalone wytwarzane w komorze próżniowej, wytrawiane z wafli krzemowych podgrzewanych do temperatury 900 stopni Celsjusza. Szukała mikroskopijnych niedopasowań pomiędzy warstwami chipów.

Guarini mogła pokonać potężną barierę tylko wówczas, gdy wykryła co dzieje się w nanoskali – dwie warstwy układów scalonych muszą zachowywać się jak jedna.

Usuwanie barier to żmudna praca. Zagrożenie polega na tym, że łatwo popaść w zwątpienie. Niektórzy badacze poświęcają całą karierę pracy w jednym obszarze problemowym i nie robią postępów. Inni, jak Bernie Meyerson – kolega Guarini – szybko rozpoznają i pokonują wielkie bariery, a potem awansują na najwyższe stanowiska w organizacji.

„Mam możliwość zaznaczenia swojej obecności w świecie nauki. Jednak przełomowe odkrycia przychodzą rzadko. Musisz wiedzieć, co robią inni w organizacji i starać się patrzeć na to samo pod nieco innym kątem. Tak wygląda praca badacza w korporacji” – podsumowuje Kathryn.

SZUKAJ ROZWIĄZAŃ OPŁACALNYCH W SKALI PRZEMYSŁOWEJ

Czasami siła jednostki usuwa barierę, z którą nie może uporać się potężna organizacja biurokratyczna.

Isaac Berzin ⟶ jest młodym wynalazcą i ma izraelski akcent. Pracuje w laboratorium w centrum naukowym *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Berzin patrzy na problemy pod innym kątem niż jego koledzy i dzięki temu dostrzega przeszkody, których nie widzą inni. Pracuje nad nowym rodzajem paliwa, które będzie tańsze od innych dostępnych na rynku, a jego czystość spalania będzie niezrównana.

Jeżeli mu się powiedzie, opracuje technologię produkcji biopaliwa z odnawialnych źródeł energii. Nowe biopaliwo ma szansę zastąpić węgiel kamienny, ropę naftową a nawet energię wytwarzaną w elektrowniach atomowych i cieplnych.

http://web.mit.edu/erc/spotlights/alg-all.html

Berzin hoduje zmodyfikowane glony i przetwarza je na zielone paliwo, które nazwał *GreenFuel*. Glony potrzebują do rozwoju tylko wody i energii słonecznej. Fotosynteza załatwia resztę. Rosną na każdym podłożu, nawet na ścianach zbiorników z rybami. Berzin wzbogaca glony czystym węglem, kluczowym surowcem energetycznym węgla kopalnego. Jest przekonany, że w ten sposób zamieni szybko rozwijającą się roślinę w wydajne źródło energii.

Ale oczywiście napotkamy też **przeszkody.**

Berzin uważa, że hodowla w stawach jest zbyt kosztowna i trudno ją rozwinąć na duża skalę. Wie, że jego technologia musi być tania. Pracuje nad ekonomiczną metodą hodowli i zbierania glonów na dużą skalę. To właśnie przeszkoda, na jaką natknął się.

W przestarzałych pomieszczeniach piwniczych Payload Isaac Berzin skonstruował różne reaktory biopaliwa i opatentował je. Reakcja chemiczna zachodząca w takim reaktorze jest prosta. Sztuczne światło pada na wodę i stymuluje produkcję glonów. W tym samym czasie dwutlenek węgla reaguje w wodzie z tlenkiem azotu. Produktami ubocznymi reakcji są tlen i azot. Tlen jest uwalniany wprost do powietrza otaczającego reaktor, zaś azot trafia do systemu wentylacyjnego budynku laboratorium, gdzie miesza się z tlenem.

Największą rolę pełni węgiel, który przenika do tkanki glonów. Nasycone węglem glony osadzają się na jednym końcu plastikowej tuby.

W przeciwieństwie do spalania węgla kopalnego spalanie GreenFuel nie powoduje emisji do środowiska żadnych szkodliwych substancji. Co więcej, nowy proces umożliwia

utylizację szkodliwych gazów emitowanych przy spalaniu węgla kopalnego, dlatego opłaca się go wdrażać w elektrowniach cieplnych.

Pokonując bariery kosztowe w hodowli glonów, Berzin opracował proces, który umknął U.S. Department of Energy, DOE i wszystkim korporacjom w branży energetycznej. Jest on przekonany, że nowy proces można prowadzić na wielką skalę. Czy ma rację?

Dotychczas Berzin pokonał barierę technologiczną. Aby wdrożyć technologię w skali przemysłowej, będzie musiał wykryć jeszcze wiele innych barier. Tylko pokonując je, upewni się czy obrał właściwą drogę.

Wdrażanie nowego procesu przemysłowego to potężny trud. W ostatnim etapie przedsięwzięcia zamierza on uruchomić produkcję GreenFuel na skapanych w słońcu amerykańskich wielkich równinach (*Great Plains*).

POKONAJ WŁAŚCIWĄ BARIERĘ WE WŁAŚCIWYM CZASIE

Wynalazek braci Orville'a i Wilbura Wright jest przykładem wykrycia i usunięcia właściwej bariery we właściwym czasie. Ci, którzy nie wiedzą, na czym polegało osiągnięcie braci Wright, przypisują im opracowanie całej koncepcji latania i zbudowanie samolotu od podszewki. Nic bardziej mylnego.

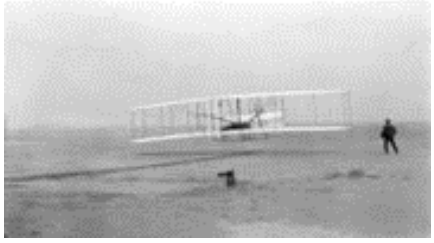
Bracia **Orville Wright** (19 sierpnia 1871 - 30 stycznia 1948) i **Wilbur Wright** (16 kwietnia 1867 - 30 maja 1912), amerykańscy pionierzy lotnictwa. Uważani są powszechnie za konstruktorów pierwszego udanego samolotu.

Bracia Wright dorastali w Dayton w stanie Ohio w USA, gdzie od 1892 prowadzili wytwórnię i warsztaty rowerów *Wright Cycle Company*. Przejawiali przy tym zainteresowanie problematyką zbudowania maszyny latającej cięższej od powietrza, bazując na doświadczeniach wczesnych pionierów lotnictwa, jak Otto Lilienthal.

Podobnie jak Lilienthal, bracia Wright początkowo budowali szybowce, sterowane za pomocą skręcania części skrzydeł (*wing warping*). W 1900 r. w celu kontynuowania eksperymentów lotniczych przenieśli się do Kitty Hawk w Karolinie Północnej, w której okolicy panowały dobre warunki do testów w postaci silnych wiatrów. 23 marca 1903 złożyli wniosek o patent (przyznany 22 maja 1906, *U.S. patent number 821,393*) na swój sposób sterowania maszynami latającymi, stworzony przy pomocy i finansowym udziale Alexandra G. Bella. Również w 1903 roku zbudowali swój pierwszy samolot - Wright Flyer, napędzany silnikiem spalinowym zbudowanym przez ich pracownika Charlie Taylora.

← **Wilbur Wright**

14 grudnia 1903 Wilbur Wright dokonał pierwszej próby lotu ze wzniesienia, na odległość 36 metrów, nie do końca udanej i zakończonej lekkim uszkodzeniem samolotu. Następne próby miały miejsce **17 grudnia 1903.**



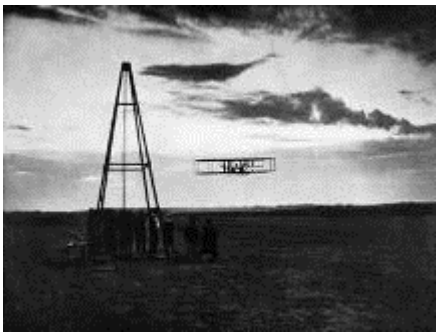
Samolot braci Wright, 17 grudnia 1903

Tego dnia, około godziny 10.35, Orville Wright wzbił się w powietrze na samolocie i dokonał lotu na odległość 39 metrów (120 stóp), trwającego 12 sekund. W czwartym locie tego dnia, Wilbur Wright przeleciał 279 metrów w 59 sekund. Za pierwszy lot samolotu uznawany jest zazwyczaj pierwszy lot Orville'a 17 grudnia, lecz są również argumenty, aby uznać pierwszeństwo lotu Wilbura z 14 grudnia, a zwłaszcza pierwszego w pełni udanego kontrolowanego lotu na odległość 279 m.

← **Orville Wright**

Wilbur describes his airplane to a fascinated King Alfonso XIII of Spain.

Preparing the plane for takeoff.



Camp d'Auvours, September 21, 1908.

Po próbach w Kitty Hawk bracia Wright powrócili do Dayton, gdzie w 1904 kontynuowali próby na polu wzlotów Huffman Prairie. Ponieważ pierwszy samolot Wrightów był zbyt słaby, aby sam wystartować w braku sprzyjającego przeciwnego wiatru, tym razem bracia startowali z pomocą katapulty. Pod koniec roku bracia Wright doszli do lotów o długości 5 minut. W 1904 i 1905 przeprowadzili oni ponad 80 lotów z Huffman Prairie. 5 października 1905 Wilbur odbył lot o długości 39 minut, pokonując 24 1/2 mili. Pokazom tym asystowali sąsiedzi i miejscowa prasa.

Bracia stali się sławni jednak dopiero w latach 1908-1909, kiedy Wilbur zademonstrował samolot w Europie, a Orville zaprezentował go Armii USA w Forcie Myer. 14 maja 1908 bracia Wright dokonali pierwszego lotu z pasażerem (był nim Charlie Furnas). 17 września 1908, podczas prezentacji samolotu wojsku, doszło do katastrofy na skutek urwania się śmigła - śmierć poniósł oficer Thomas Selfridge, stając się pierwszą ofiarą wypadku lotniczego, natomiast Orville został ranny. Pod koniec 1908 Wilbur Wright we Francji zabrał na pokład samolotu pierwszą pasażerkę - kobietę, panią Hart O. Berg. 29 września 1909 roku Wilbur samolotem Flyer III okrążył Statuę Wolności w Nowym Jorku.

Również w 1909 bracia Wright wygrali pierwszy kontrakt na dostawę samolotów dla sił zbrojnych USA, kiedy to zbudowali dwumiejscowy samolot zdolny do godzinnego lotu ze średnią prędkością 40 mil na godzinę. Oprócz fabryki w Dayton, rozpoczęli również budowę samolotów Flyer w Niemczech.

Bracia Wright osiągnęli cel głównie dlatego, że dokładnie rozpoznali i pokonali bariery, z którymi nie poradzili sobie wcześniej pionierzy awiacji. Stateczność – to była przeszkoda, przy której zatrzymywali się wcześniejsi Wynalazcy. Dopiero bracia Wright uświadomili ten fakt innym, kiedy zredefiniowali problem.

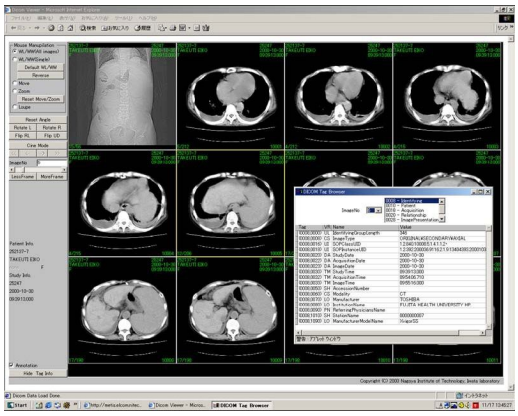
ZAMIAST ULEPSZAĆ ISTNIEJĄCY WZÓR, STWÓRZ NOWY

Na dojrzałych rynkach sytuacja często wygląda tak, że wielu wynalazców pokonuje te same bariery w tym samym czasie. W takich sytuacjach komuś, kto chce prześcignąć konkurencję, potrzebna jest odrobina świeżego nektaru. Carlowi Crawfordowi się to udało.

Carl Crawford

↓

tomografia komputerowa →



Należał do garstki wynalazców, którzy w tym samym czasie starali się pokonać ograniczenia techniki skanowania tomograficznego. Carl ciągle poszukuje nowych barier na tym rynku.

Problemem skanowania zajął się wraz z kolegą, inżynierem Kevinem Kingiem. Wynalazcy skoncentrowali się na istocie procesu skanowania, a nie na usprawnianiu procesu, jak inni.

Problemy:

- **przeskanowanie trwało kilkanaście minut;**
- **obowiązkowe zatrzymanie oddechu i brak ruchu!**

Rozwiązanie…
…i kolejne problemy

- **skanowanie ciągłe >>> spiralne**
- **ale GE: STOP! Stracimy rynek na to, co już mamy!**
- **Siemens (konkurencja): My wchodzimy!**

Wiedzieli, że jeśli pacjent będzie się ruszał, aparatem RTG nie będzie można zrobić idealnego zdjęcia „plasterka" ciała. Trójwymiarowy obraz może być tworzony płynnie tylko pod warunkiem, że aparaty RTG będą poruszać się ruchem spiralnym wokół ciała pacjenta przesuwanego przez komorę urządzenia. Zatem wzór pracy aparatów RTG powinien przypominać ciągłą spiralę – taką, jak w zabawkowej sprężynie *slinky*, która potrafi „schodzić" po schodach – a nie osobne plasterki salami. Wprowadzenie nowego wzoru wymagałoby nowej matematyki interpretowania danych za zdjęć poruszających się sekcji ciała pacjenta.

Crawford i King wykryli barierę, lecz nie wiedzieli, jak ją pokonać. *„Taką właśnie odkryliśmy barierę. Zrobiliśmy to, ponieważ spojrzeliśmy na to samo ograniczenie techniczne*

od innej strony” – relacjonuje Crawford. Wynalazcy postawili sobie za cel zaprojektowanie nowej metody skanowania. Uznali, że istniejący od 20 lat wzór skanowania jest zupełnie niepraktyczny.

USUWAJ KŁODY SPOD NÓG

W 1987 roku Crawford i King opisali swoją koncepcję opartą na przełomowym algorytmie ekstrapolacji w wewnętrznym biuletynie korporacji GE. Nazwali wynalazek „ekstrapolacyjnym skanowaniem helikalnym” (ang. *Helical extrapolative scanning).* Technologia skanowania spiralnego CT została wprowadzona w skali przemysłowej w 1989 roku.

Jednak Crawford i King nie byli jedynymi, którzy zaproponowali nowy, spiralny wzór skanowania. Byli jednymi z pierwszych – na dojrzałych rynkach często konkuruje wielu wynalazców mających podobne pomysły. Skanery spiralne były wprowadzane na całym świecie. Taka jest natura wykrywania barier.

Crawford i King nie mieli ani chwili czasu. Inni Wynalazcy i badacze pracujący na usługach korporacji szli równo z nimi. Crawford i King natknęli się na patent z 1989 roku zgłoszony przez wynalazców z Uniwersytetu Illinois, którzy szli tą samą drogą, co badacze GE. Wpadł im w ręce także patent z 1986 roku zgłoszony w USA przez inżyniera z Toshiby, który odnosił się do skanowania spiralnego. Jednak najpoważniejsza konkurencja ujawniła się dopiero, gdy Crawford i King przygotowywali się do zgłoszenia własnego patentu i opublikowania artykułu *Medical Physics*.

W kwietniu 1989 roku Crawford poznał swego największego rywala, inżyniera elektryka Williego Kalendera z departamentu systemów w potężnej niemieckiej korporacji przemysłowej Siemens.

W kolejnych miesiącach obydwa zespoły zgłosiły swoje patenty i artykuły do druku. Pod koniec 1990 roku materiały zostały opublikowane i prace konkurujących wynalazców nie były już sekretami. Na konferencji radiologicznej w Chicago obydwa zespoły, jeden po drugim, zaprezentowały swoje wyniki – w ten sam sobotni ranek, w tym samym pomieszczeniu. W wyniku konferencji zarząd GE Medical Systems nie tylko nie poparł odkryć swoich inżynierów, lecz nawet skrytykował ich metodę skanowania. Tak samo odniósł się do Siemensa.

Zarząd Siemensa przyjął odwrotne podejście. Pośpiesznie wprowadził na rynek skanery nowej generacji. Po niedługim czasie firma ta zaczęła odbierać GE rynek. Crawford

był zdania, że wprowadziła ona urządzenia zbyt wcześnie – algorytm interpolacji danych ze skanowania spiralnego był błędny. Procesu matematycznego w już sprzedanych urządzeniach nie dało się skorygować. W efekcie czas skanowania był dwa razy dłuższy.

Crawford i King także usiłowali rozgryźć problem, który napotkał zespół niemiecki. Gdzie tak naprawdę kryła się nowa bariera? W aparatach RTG, które nie nadążały za poruszającym się ciałem w trakcie skanowania. W efekcie obszary dolnej i górnej połowy nie nakładały się na siebie wystarczająco dokładnie. Crawford i King zaproponowali, aby wszystkie aparaty RTG skanowały pełny kąt, 360 stopni. Tym samym ostateczny obraz powstawał w oparciu o dane z pełnych skanów i półskanów. W ten sposób można było wyeliminować brak precyzji w nakładanych na siebie obrazach z półskanów.

Dopiero ten patent zainicjował daleko idące zmiany na chłonnym rynku. Po dwóch latach wyniki osiągane przy użyciu skanerów spiralnych przekonały nawet największych pesymistów. Obecnie prawie wszystkie skanery CT na świecie są heliakalne czy też spiralne.

Na przykładzie Crawforda i Kinga widzimy, że bariera powstrzymująca wynalazców przed dokonaniem ważnego odkrycia może być bardziej złożona, niż się wydaje. A jeśli nawet ktoś znajdzie sposób na usunięcie przeszkód technicznych, może wywołać wrogą reakcję korporacji, a nawet całej branży, o ile wprowadzenie wynalazku na rynek będzie sprzeczne z poglądami zarządzających. W tym sensie wykrywanie barier jest dla Wynalazcy ryzykowne. Jeżeli jednak zdoła on usunąć kłody rzucane mu po nogi, czeka go duża nagroda.

Warto też stosować **analogie.**

Wynalazca to ktoś, kto potrafi logicznie myśleć i dostrzegać analogie.

Thomas Edison

Każdy, kto zrobił sobie test na inteligencję, wie, na czym polega analogia *(„słomka jest dla wody tym, czym kabel dla…”)*. Jeżeli masz w głowie wystarczająco dużo oleju lub uśmiechnie się do Ciebie szczęście – wyeliminujesz błędne warianty odpowiedzi i zdecydujesz się na *„prądu”*, otrzymasz w teście punkt. Jednak Wynalazcy muszą znajdować znacznie bardziej skomplikowane analogie. Nie mogą ograniczyć się do wybierania odpowiedzi z listy – muszą szukać nowych możliwości i odnosić je do problemów, nad którymi pracują.

Analogie dostrzegane w całym otoczeniu są źródłem myśli wynalazców. Stosowanie analogii polega na dostrzeganiu wiedzy w jednym kontekście i przenoszeniu jej do innego. Autorzy nowatorskich pomysłów najczęściej czerpią analogie ze znanych im dziedzin – z „bazy" swojej wiedzy – i przenoszą je do dziedziny docelowej, w której powstaje nowa wizja lub wynalazek. Analogie można inaczej nazwać *rozwiązaniami.*

Woody Norris szukał analogii, która pomogłaby mu rozwiązać pewien problem ulotnej natury.

Szukał sposobu, by wyeliminować z systemów audio głośniki.

„Aż do tamtej pory przez całe życie zastanawiałem się, czy istnieje recepta na wynalazczość. Oto ona: >Wynalazki tworzymy, stosując analogie. Przyroda, nauka, chemia – wybierz obszar, który znasz. A potem szukaj w nim analogii. Niemal wszystko jest analogią do czegoś innego<" – mówi Norris.

>>Dwie części systemu Hi-Fi wciąż były siermiężne i mechaniczne.

>>Pierwsza to igła mechaniczna stykająca się z płytą gramofonową. Już została zastąpiona.

>>Druga to głośnik, czyli wibrujący mechaniczny tłok wprawiający w ruch cząstki powietrza.

Czy potrafię wyeliminować głośnik?

Zastanawiał się: *„Dlaczego nie wytwarzać dźwięku w powietrzu? Teoretycznie byłby on wtedy idealny"*. Tworzyć dźwięk w powietrzu? Jak znaleźć do tego analogię? *„Zacząłem szukać w głowie porównań. Szukałem czegoś, co już działa w jakimś obszarze i co mógłbym zastosować w mojej dziedzinie"*.

ZNAJDŹ ANALOGIĘ, W KTÓRĄ WIERZYSZ

Norris przeniósł w sferę hi-fi analogię ze świata sztuki:

>>Artysta bierze do ręki paletę z sześcioma lub ośmioma kolorami, a potem miesza je i uzyskuje nowe barwy.

>>Aby generować dźwięk w powietrzu, musiałbym łączyć różne częstotliwości i tworzyć nowe.

Mikser ?

Mając w pamięci swój wcześniejszy wynalazek – ultrasonograf – Norris zastanawiał się nad ultradźwiękami, falami elektromagnetycznymi o częstotliwości większej niż 20 tysięcy cykli na sekundę (herców). Taka częstotliwość jest zbyt duża, aby ludzkie ucho mogło ją słyszeć. A co by się stało, gdyby połączyć różne częstotliwości fal ultradźwiękowych?

Słyszymy: 20 Hz > 20 kHz

Idea: **100 000** kHz + **101 000** kHz

= **1** kHz

HyperSonic Sound

Próbując zastosować tę analogię, Norris zadał sobie pytanie: *„Czy można łączyć dźwięki, których nie słyszymy, po to, by uzyskać dźwięki, które możemy usłyszeć?”.*

„Oczywiście, tak !!! Niewątpliwie !!! Tak !!!”.

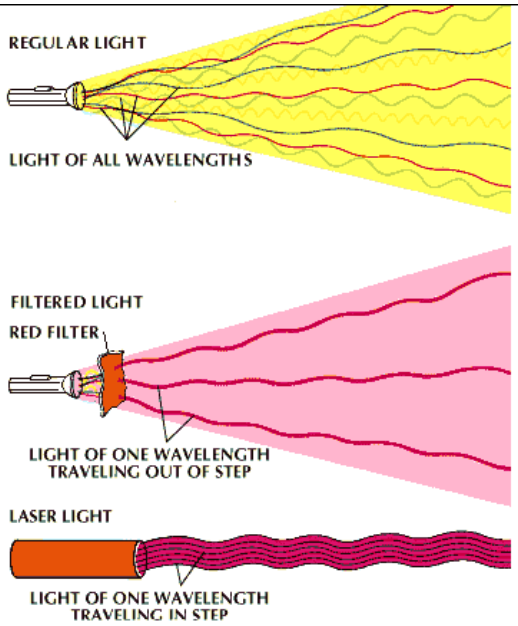
Zaczął szukać matematycznych kombinacji fal ultradźwiękowych, aby syntezować słyszalny dźwięk bezpośrednio w powietrzu.

Niestety, pierwsze eksperymenty nie powiodły się. Próbował wszystkich możliwych częstotliwości. I żadnego dźwięku…tylko martwa cisza. Ostatecznie wygenerował tym sposobem słabo słyszalny dźwięk, jednak jego teoria okazała się zbyt mało praktyczna.

Jednak on uparcie trwał przy niej. Zwiększył on amplitudę fal ultradźwiękowych do poziomu, na którym nikt wcześniej nie eksperymentował. Raz jeszcze zaczął szukać wszystkich możliwych kombinacji i technik przetwarzania fal dźwiękowych.

Ostateczny produkt, system HyperSonic Sound (HSS), jest zestawem komponentów elektronicznych, konwertującym dźwięk z odtwarzacza CD lub innego źródła audio na fale ultradźwiękowe. Fale są generowane przez mikser elektroniczny – paletę malarza – który wysyła je do wzmacniacza ultradźwięków. Wzmacniacz zasila zestaw emiterów (aluminiowe płytki wysyłające w powietrze fale o wysokiej częstotliwości). Kiedy dochodzi do interferencji dwóch lub więcej takich „cichych fal", powstaje słyszalny dźwięk.

Gdzie HSS można zastosować?



Norris wiedział, że dopracowanie wynalazku do perfekcji zajmie mu całe lata, lecz ani przez chwilę nie wątpił w słuszność wybranej analogii.

„Jeśli masz pewność, że twoja analogia jest prawdziwa, zapewniasz sobie ogromny komfort psychiczny" – mówi.

BIERZ PRZYKŁAD Z NATURY

Wyszukiwanie użytecznych analogii to jedna z wielu strategii myślenia zwykle nabywanych w dzieciństwie. James McLurkin rozwinął tę umiejętność, dorastając na Long Island.

James McLurkin: MIT

swarm robots > biomimetyka:

Roboty potrafiły:
>> zbierać się w gromadę;
>> rozpraszać;
>> i poruszać w tym samym kierunku w zależności od treści wysyłanych i odbieranych sygnałów.

Dorośli nieustannie powtarzali mu, że nie wykorzystuje swojego potencjału. Zamiast odrabiać zadania domowe, poświęcał czas na konstruowanie wyimaginowanych światów. Zaczynał od klocków lego i zestawów młodego konstruktora, potem przeszedł do modeli kolejek torowych i zdalnie sterowanych samochodzików, aż w końcu zaczął tworzyć własne gry wideo.

Pod koniec lat 90. XX wieku zbudował grupę małych robotów na kółkach imitujących zachowanie pszczół w roju czy mrówek w kolonii. Nazwał je ***swarm robots*** (roboty gromadne). McLurkin dał tym wynalazkom początek ***biomimetyce,*** nauce zajmującej się projektowaniem technologii wykorzystującej analogie ze świata przyrody. W 2003 roku McLurkin otrzymał nagrodę studencką

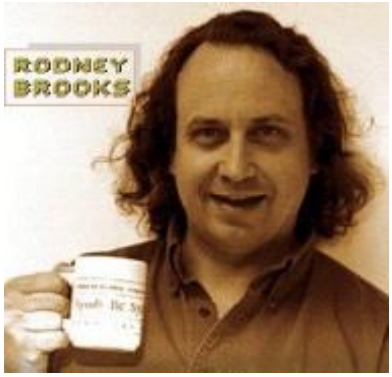
Lemelsona (*Lemelson-MIT Student Prize*) w uznaniu zasług w dziedzinie wynalazczości. Gromadne roboty McLurkina to tylko jeden z wielu przykładów biomimetyki. Przyroda jest nie tylko matką ewolucji (taki sens nadał jej Darwin), lecz także źródłem pomysłów, które można wykorzystać w wielu branżach i dziedzinach, zwłaszcza w medycynie.

Rodney Brooks: MIT

- oprogramowanie > sztuczna inteligencja

top-down:
oprogramowanie wykorzystuje ludzką wiedzę i racjonalność;

bottom-up:
inteligencja powstaje z połączenia stosunkowo bezmyślnych komponentów;



Inna analogia: StarCraft

Strategia: jak szybko wykończyć wroga?

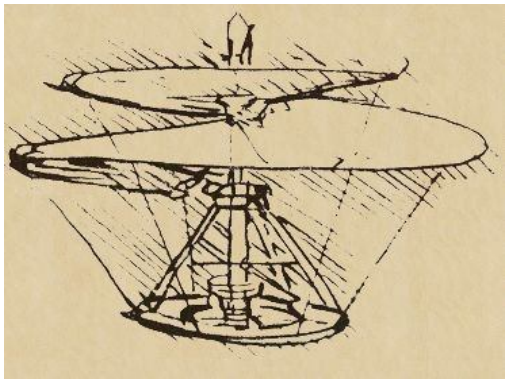
Zerg Rush

Inna analogia ?

SIĘGNIJ DO HISTORII

W źródłach historycznych możemy znaleźć wiele analogii dających się zastosować także obecnie. Leonardo da Vinci zauważył: *„Być może ptasie skrzydła wbijają się w wiatr niczym klin”*. Da Vinci użył mechanicznej koncepcji klina jako bazy wiedzy, która mu pozwoliła zrozumieć fenomen lotu.

Leonardo da Vinci > klin w drewnie > śruba w drewnie > helikopter.

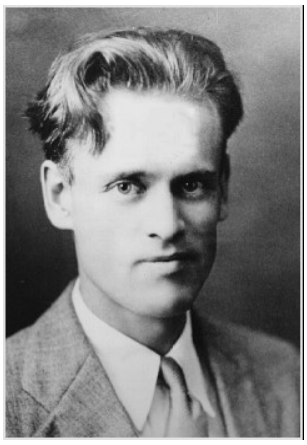


I tak podczas obserwacji ptaków znalazł swój najwyższy cel – skonstruowanie maszyny latającej. Wynalazca wpadł na pomysł stworzenia klina obrotowego, który nazwał „klinem powietrznym”. Zaczerpnął tę mechaniczną analogię, obserwując, jak śruba wkręcana w drewno usuwa materiał po bokach. Tak powstały jego znane szkice stożkowatej maszyny obrotowej uznawanej za pierwowzór helikoptera.

Koncepcja „śruby obrotowej” w takiej formie nie sprawdziła się, jednak trudno zaprzeczyć, że da Vinci znalazł genialną analogię. Dopiero parę wieków później Wynalazcy znaleźli lepszą analogię i stworzyli śmigło obrotowe, które dało początek helikopterowi.

Telewizor również został wynaleziony dzięki analogii wziętej z rolnictwa.

Philo T. Farnsworth →



- Fale radiowe przesyłają dźwięk.
- **Czy mogą przesłać obraz?**

Philo T. Farnsworth mieszkał z rodziną na farmie kartoflanej w Idacho. W 1921 roku, gdy miał 14 lat, przeczytał w czasopiśmie naukowym o pierwszych radioodbiornikach. Autor artykułu przewidywał, że pewnego dnia falami radiowymi będzie można przesyłać także obrazy. Nikt wtedy nie wiedział, jak urzeczywistnić tę wizję. Philo postanowił rozwiązać ten problem.

Czytał o teorii fotoelektrycznej, za którą Einstein dostał Nobla. Zainspirowany tą teorią, zaczął szukać rozwiązania opartego na relacjach pomiędzy elektrycznością i światłem. Pewnego dnia, kiedy orał pole, zwrócił uwagę na równoległe bruzdy w ziemi i wyobraził sobie proces skanowania i składania obrazu linijka po linijce przy pomocy elektronów. Zastosował tę analogię i po 6 latach zbudował i opatentował pierwszy na świecie elektroniczny system telewizyjny.

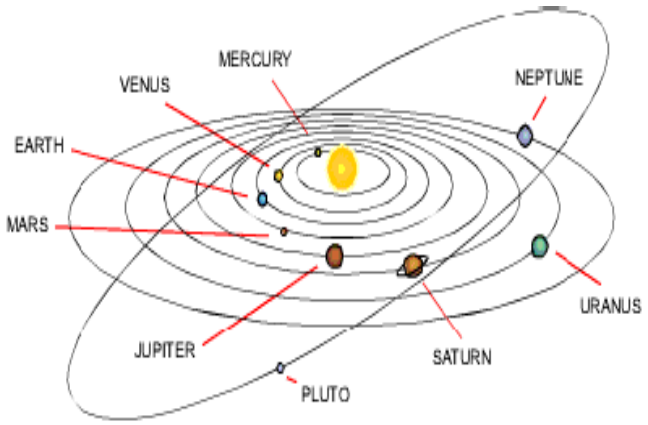
Analogie i metafory często służą jako podstawa naukowego zrozumienia problemu, co z kolei prowadzi do powstania wynalazku.

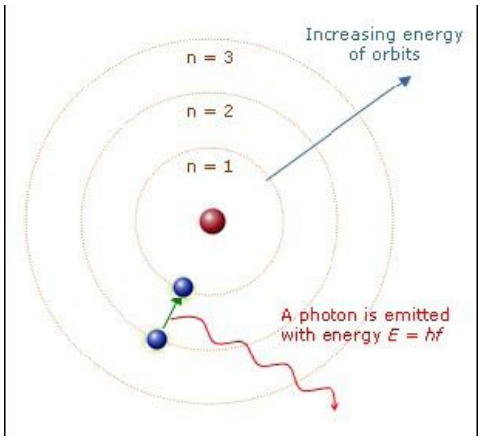
Benjamin Franklin – domyślił się, że piorun wytwarza wielką moc elektryczną. I tak skonstruował piorunochron.

John Vaught *pracujący w Hewlett-Packard, pewnego dnia robiąc kawę przypatrzył się ekspresowi do kawy. Zastanowiło go, dlaczego ekspres przesącza gorącą kawę do filiżanki tak szybko i wydajnie. Wyobraził sobie, że drukarka mogłaby wykorzystywać ciepło w podobny sposób. Ta analogia doprowadziła do stworzenia wynalazku, który zrewolucjonizował technologię przelewania danych z komputera na papier.*

Najbardziej błyskotliwy przykład zastosowania analogii dał **Niels Bohr**, który zbudował model atomu w oparciu o heliocentryczny model układu słonecznego Mikołaja Kopernika. Jądro atomu Bohr wyobraził sobie jako Słońce, a orbitujące elektrony jako planety.

• Model atomu < heliocentryczny model układu słonecznego;





Choć analogia ta jest żywa do dziś, od czasów Bohra powstały inne, bardziej precyzyjne analogie.

Max Planck > Louis de Broglie

• kwanty energii: dlaczego elektrony przeskakując na inne orbity emitują energię w porcjach?

• de Broglie: orbity elektronów~rezonujące struny (**lubił grać na skrzypcach**).

Max Planck zastanawiał się, dlaczego elektrony czasami przeskakują na inne orbity. Podczas takich przeskoków uwalnia się energia, która mierzymy w fotonach światła (kwantach). Doszedł do wniosku, że materia może pochłaniać lub odbijać światło, a kiedy to się dzieje, emituje ona promieniowanie – wysyła nieciągłe porcje energii. Oznaczało to, że energia nie ma budowy falowej, ponieważ „porcje energii" nie są ciągłe. W 1925 roku francuski uczony Louis de Broglie postawił nową tezę, która odmieniła spojrzenie na prawo promieniowania Plancka. Porównał on orbity elektronów do stron rezonujących tak jak struny skrzypiec. Kiedy fizycy stworzyli instrumenty, z pomocą których można było *„słuchać"* rezonansu atomowego i mierzyć jego siłę, *„teoria strun"* została potwierdzona.

PRZEJDŹ OD ŚWIATŁA DO DŹWIĘKU

Analogia do strun skrzypiec prowadzi do technologii HSS Woody'ego Norrisa. Technologia MRI opiera się mniej więcej na tym samym zjawisku, jakie wykorzystał Norris – na wywoływaniu za pomocą energii ultradźwiękowej rezonansu cząstek powietrza. Jak mówił wynalazca: ***„Wszystko ma swój rezonans".***

Woody przeniósł jeszcze jedną analogię z obszaru światła do sfery dźwięku. Dostrzegł on interesującą właściwość wiązki światła – takiej, jaką może emitować latarka lub laser.

Opierając się na tym spostrzeżeniu, wynalazca doszedł do wniosku, że dźwięki o wysokiej częstotliwości przecinające powietrze mogłyby być słyszalne tylko wtedy, gdyby ucho znajdowało się w obrębie kolumny dźwięku. Inaczej nie można by było nic usłyszeć (przy założeniu, że człowiek może słyszeć ultradźwięk). Skoncentrowana kolumna dźwięku ma jeszcze inną właściwość – może przebywać znacznie większe odległości niż zwykły dźwięk i może zmienić kierunek, odbijając się od twardej powierzchni – tak jak światło latarki może odbijać się od ściany.

Według Norrisa i innych wynalazców każdy człowiek może nauczyć się szukać analogii i stosować je. Myślenie przez analogie to jedno z najbardziej złożonych narzędzi kognitywnych, które odróżnia ludzi od zwierząt.

Pamiętajmy, że niektóre analogie są mniej, a inne bardziej abstrakcyjne. Oto przykład prostej analogii: ***tranzystor działa jak tunel próżniowy.*** A oto analogia bardziej abstrakcyjna: ***maszyna latająca może wyglądać jak ptak*** (ale to nie znaczy, że samochód może wyglądać jak koń). Warto przypomnieć w tym miejscu stare francuskie przysłowie:

„Kiedy człowiek chciał skonstruować chodzącą maszynę, stworzył koło, które ani trochę nie przypomina nogi. W historii ludzkości koło było wynajdywane wielokrotnie – dokonała tego niemal każda cywilizacja, która zaczynała się rozwijać przed tysiącami lat. Ci, którzy konstruowali koło, musieli sobie wyobrażać coś – skałę, żołędzia, księżyc czy człowieka zbiegającego ze wzgórza – co przywodziło na myśl analogię. Wynalazcy, jak dzieci, ciągle szukają nowych rozwiązań. Obserwują świat, przedmioty i procesy i zadają sobie pytanie: „Co mi to przypomina?". Niektóre analogie niosą ze sobą tyle wniosków i odkryć, że wykonują za wynalazcę większość pracy koncepcyjnej. Wtedy pozostaje mu już tylko „przykręcić parę śrubek".