

WOLNOŚĆ

Jako możliwość korzystania z tego, co nieoczekiwane¹

Jednym z defektów pierwszych żarówek Edisona było ich szybkie przepalanie się. Przy podstawie delikatnego włókienka lampy pojawiało się niewielkie jarzenie koloru niebieskiego i po krótkim czasie włókno przerywało się w tym punkcie.

Edison całe lata pracował aby wyeliminować tę wadę. Była ona znana jako „efekt Edisona”. Miało to takie znaczenie jak zakłócenia atmosferyczne dla łączności radiowej i wszyscy pracowali aby się tego pozbyć. Jak sądzicie – co to było? To było radio. A my sądziliśmy, że to tylko zakłócenia.

Dr Willis R. Whitney

Założyciel Pracowni. Badawczej General Electric²

Aż do początku obecnego stulecia jednym z głównych celów nauki było odkrycie praw rządzących naturą. Zwykle próbowano to osiągnąć przez wykonywanie eksperymentów w starannie dobranych [i kontrolowanych] warunkach i obserwowanie rezultatów. Większość doświadczeń powtórzona w identycznych warunkach dawała te same wyniki. Niezwykle dokładne badania słynnych fizyków dotyczące zastosowań praw Newtona w odniesieniu do ruchu ciał niebieskich utwierdziły naukowców przed ponad stu laty w przekonaniu, że wszystkie zjawiska w naturze są określone przez ścisłe relacje pomiędzy przyczyną i skutkiem.

Idea przyczynowości, czyli konieczność zależności między przyczyną i skutkiem, na długo ugruntowała się w umysłach ludzi. Uznanie odpowiedzialności kryminalisty za jego czyny, wiara w wartość wykształcenia i tysiące słów naszego języka pokazują jak ślepo wierzymy w przyczynę i efekt. Nauczanie klasycznego podejścia do nauk ścisłych – to znaczy, takiego jak przed rokiem 1900 wydaje się umacniać ideę przyczynowości w odniesieniu do wszystkich zjawisk.

Z punktu widzenia dawnych naukowców – klasyków obszar przynależny nauce był nieograniczony. Przy wystarczającej wiedzy, wszystkie zjawiska natury, nawet sprawy ludzkie mogłyby być z najwyższą dokładnością przewidziane w sposób całkowicie pewny. Amper np., ponad sto lat temu stwierdził, że jeśli dane są współrzędne i prędkość wszystkich atomów wszechświata, to powinno być teoretycznie możliwe określenie całej jego przyszłości. Nieco później naukowcy rozwinęli kinetyczną teorię gazów, wg której cząsteczki gazu poruszają się z dużą prędkością i stale się z sobą zderzają. Odkryli, że zachowanie się gazu może być zrozumiane, jeżeli weźmie się pod uwagę średni ruch pojedynczych cząsteczek. Ruch jednej wybranej cząsteczki miałby małe znaczenie. W ten sposób przekonali się oni o wartości metod statystycznych, podobnych do tych, których używają obecnie towarzystwa ubezpieczeniowe dla obliczenia prawdopodobnej liczby zgonów właścicieli polis w ciągu roku.

Około 1890 r. wielu wybitnych naukowców wierzyło, że postępy w zakresie nauk

¹C. Guy Suits, red.. *The Collected works of Irving Langmuir*, Vol 12, *Langmuir, the man and the scientist* Pergamon Press, Oxford. London, New York, Paris 1961, s.411-416. Tłum. Szczęsny Zygmunt Górski.

²Research Laboratory Bulletin. Autumn (1956) Biuletyn Pracowni Badawczej – Jesień 1956

podstawowych dojdą niemal do swego kresu. Dogłębne rozumienie zjawiska światła jako poruszających się fal elektromagnetycznych zostało matematycznie ujęte przez Maxwella. Wydawało się możliwe, że z dalszym rozwojem nauki opis ten znajdzie zastosowanie we wszystkich dziedzinach nauki włączając nauki społeczne i inne sprawy dotyczące człowieka.

Odkrycie promieni X, elektronu i promieniotwórczości w latach 1895-98 gwałtownie wstrząsnęło tym stanem samozadowolenia. Nie wiedziano, czy promienie X są falami czy cząstkami.

Atomy radu, po nieokreślonym ściśle okresie istnienia wymagającym 2300 lat, wyrzucają w gwałtownym rozpadzie cząstki alfa, które są jądrami atomu helu. Cząstki te są „wyrzeliwane” z prędkością około 30000 mil na sekundę tak, że każda z nich daje widzialny błysk światła jeśli uderzy we fluorescencyjny ekran. W ten sposób, atomy te można dokładnie policzyć.

Wybuchowy rozpad atomów radu okazał się pojawiać spontanicznie, zgodnie z prawami prawdopodobieństwa. Jest jedna szansa na 2300 że jakikolwiek dany atom rozpadnie się w ciągu jednego roku.

Klasyczna teoria promieniowania ciepła przez ciała o wysokiej temperaturze okazała się być w beznadziejnej sprzeczności z faktami doświadczalnymi. W 1901r. Planck udowodnił, że emisja albo absorpcja ciepła nie jest procesem ciągłym, jak w teorii falowej, lecz przejawia się jedynie w postaci skoków czyli kwantów energii które mają wielkość zmieniającą się proporcjonalnie do częstotliwości klasycznych fal.

Kiedy światło pada na czystą powierzchnię sodu w próżni, zostają wyrzucone elektrony, mające energię kinetyczną, która wzrasta proporcjonalnie do częstotliwości światła, lecz nie zależy od jego natężenia, którego efekt przejawia się jedynie w zdeterminowaniu liczby emitowanych elektronów. Te fakty doświadczalne, które są w zgodzie z teoriami fizyki klasycznej, zostały przedstawione przez Einsteina w 1905 roku dla udowodnienia, że energia świetlna jest zawarta w kwantach czyli fotonach. Fotony czasami wykazują zwyczajne własności cząstek lecz kiedy indziej zachowują się jak forma ruchu falowego.

Poczynając od teorii względności Einsteina, rewolucja w poglądach dotyczących fizyki ogarnęła całą naukę. Być może najważniejszym tego aspektem jest fakt, że naukowcy musieli przestać wierzyć, że słowa lub koncepcje mają znaczenie absolutne. Dzięki swoistej naturze rzeczy nasze koncepcje często bywają zamglone. Naukowiec zwykle nie martwi się zupełnie problemem istnienia, on nie wie jakie jest znaczenie pytania: czy atom naprawdę istnieje? Definicja atomu jest podana tylko częściowo w słowniku. Jego rzeczywiste znaczenie leży w sumie ogólnej wiedzy na ten temat wśród naukowców specjalizujących się w tej dziedzinie. Nikt nie jest upoważniony do sformułowania dokładnej definicji. Poza tym, nawet nie możemy być pewni tego, jak rozumiemy słowo „istnieje”.

Przez wiele lat mniej więcej do 1930r., nowa fizyka oparta na teorii kwantowej wydawała się być zupełnie niezgodna z klasyczną fizyką z poprzedniego stulecia. Wraz z powstaniem zasady nieoznaczoności rozwiniętej przez Bohra i Heisenberga, konflikt ten obecnie przestał istnieć. Zgodnie z tą zasadą, nie możliwe jest zmierzenie z dowolną dokładnością zarówno prędkości jak i położenia jakiegokolwiek pojedynczej cząstki elementarnej.

Byłoby możliwe dokładne zmierzenie jednego albo drugiego ale nie obydwu jednocześnie. W ten sposób staje się niemożliwe przewidzieć z pewnością ruchu pojedynczej cząstki. W ten

sposób ocena horyzontów nauki sformułowana przez Ampera straciła swoją postawę.

Po pierwsze, że falowa teoria światła i korpuskularna / czyli fotonowa / teoria są ze sobą sprzeczne. Jeśli byłaby prawdziwa jedna z nich, druga musiałaby być fałszywa. Obecnie wiadomo, że w całej naturze jest rodzaj fundamentalnego dualizmu. Okazuje się, że obie te teorie są prawdziwe lecz reprezentują skrajne przypadki. Współcześnie fale traktuje się jako miarę prawdopodobieństwa, że foton znajdzie się w jakimś punkcie.

Dokładnie taki sam rodzaj dualizmu odkryto dla elektronu. To znaczy, elektrony mają własności zarówno fal i cząstek. Strumień elektronów taki jak w kineskopie telewizyjnym może dać zjawiska interferencji wskazujące na charakter falowy, zupełnie podobnie jak w przypadku światła.

Można by zapytać dlaczego fizyka klasyczna aż do roku 1895 prowadziła do sformułowania takich wyraźnych i ostatecznych praw. Najprostszą odpowiedzią jest ta, że fizycy klasycy w sposób naturalny wybrali jako przedmioty swoich badań te dziedziny, które obiecywały największy sukces. Celem naukowca ogólnie biorąc było odkryć prawa natury. Tak więc prowadził on swoje doświadczenia w ten sposób aby znaleźć te prawa, ponieważ było one właśnie tym czego szukał. Najłatwiej mógł tego dokonać badając zjawiska, które zależały od zachowania się ogromnych liczb atomów a nie od pojedynczego atomu. W ten sposób efekty pochodzące od pojedynczych atomów uśredniały się i stawały niedostrzegalnymi.

Od odkrycia elektronów kwantów i metod obserwacji liczenia pojedynczych atomów oraz fotografowania ich śladów, stało się możliwe podjęcie przez naukowców badań zachowania się pojedynczych atomów. Wśród naukowców rozwinął się nowy rodzaj mody. W czasie badań pojedynczych atomów uzyskano niezbity dowód doświadczalny na to, że tymi zjawiskami rządzi *prawdopodobieństwo* a nie ścisła *przyczynowość*, oraz to zachowanie pojedynczego atomu jest tak samo nie do przewidzenia w szczegółach jak wynik rzutu monetą.

Dualizm, o którym obecnie wiadomo, że charakteryzuje podstawowe dziedziny fizyki, musi rozciągać się również na wszystkie naturalne zjawiska. Musimy rozróżniać *zjawiska zbieżne*, w których zachowanie się Układu może być określone na podstawie średniego zachowania się jego części składowych. Zmienne szczegóły dotyczące pojedynczych atomów uśredniają się, dając rezultat zbieżny z określonym stanem zgodnym prawem natury.

Bywa też, że efekty zjawisk zostają zwielokrotnione poprzez zdarzenie, które może pochodzić z pojedynczej skwantowanej zmiany. Wówczas zachowanie się całego systemu będzie zależeć od czegoś co zaczęło się jako coś bardzo małego. Można by je nazwać *zjawiskami rozbieżnymi*. Tak więc ogólnie możemy powiedzieć, że fizyka klasyczna znajduje zadowalające zastosowanie do zjawisk zbieżnych, oraz że są one całkiem w zgodzie ze starymi koncepcjami przyczyny i skutku. Z drugiej strony zjawiska rozbieżne mogą być najlepiej zrozumiane na bazie teorii kwantów fizyki współczesnej.

Zobaczmy na przykład jak zjawisko rozbieżne może spowodować rezultat o dużym znaczeniu i na wielką skalę. Cząstka alfa, która jest wyrzucana z pojedynczego atomu radu może pozostawić ślad w komorze Wilsona, który może zostać sfotografowany. Taki ślad może wykazywać niezwykle cechy będące szczególnie interesujące dla jakiegoś naukowca. Na przykład, ślad ten może mieć węzeł, co wskazuje na to, że cząstka alfa miała bliskie zderzenie z jądrem jednej z cząsteczek gazu. Jest to w rzeczy samej pojedyncze, nieprzewidywalne zjawisko kwantowe. Fotografia ta może być potem opublikowana i może wywołać dyskusję wśród

naukowców, która może zaprząnąć jednego z nich tak dalece, że spóźni się on na pociąg w którym mógłby uciec z powodu fatalnego wypadku. Tego rodzaju zdarzenie może gruntownie zmienić życie wielu ludzi.

Dużo bardziej oczywiste przykłady zjawisk rozbieżnych, dotyczące ludzkiego życia, występują w mechanizmie dziedziczenia i pochodzenia gatunków³ Czy geny są przekazane przez matkę czy przez ojca wydaje się być z gruntu sprawą przypadku, niewątpliwie dotyczącego nieprzewidywalnych zmian w pojedynczych atomach. Wiemy już, że zmiany w genach czyli mutacje mogą być wywołane doświadczalnie przez promienie X. Udowodniono, że do wywołania takiej zmiany wystarcza pojedynczy kwant. Typową ilustracją zjawiska rozbieżnego jest wzrost każdego zwierzęcia z pojedynczej komórki.

Wszystkie procesy ewolucyjne włącznie z selekcją naturalną dokonywaną na mutacjach, muszą zależeć na prawie każdym etapie od wystąpienia rozbieżności..

Myśl powstająca w ludzkim umyśle również zdaje się mieć taką cechę Jesteśmy stale stawiani wobec sytuacji, gdzie musimy dokonywać wyboru a to czasami zmienia przyszły bieg naszego życia.

Kiedy jakieś bakterie podgrzejemy aż do momentu rozpoczęcia ich wymierania okazuje się, że w następujących po sobie odstępach czasu ginie taka sama część pozostałych jeszcze przy życiu. Dowodzi to, że życie tych komórek zależy od pojedynczej niestabilnej cząsteczki, której zmiana pociąga za sobą śmierć.

Życie wydaje się obfitować w rozbieżności. Kiedy zdamy sobie sprawę, że rozbieżne zjawiska często dotyczą ludzkiego życia, trzeba dojść do wniosku, że dokładne planowanie czegoś z góry jest pozbawione podstaw. Planowanie jest wskazane, lecz często tylko w ogólnych zarysach.

Zilustruję to kilkoma doświadczeniami z moich własnych poszukiwań naukowych. Kiedy przyszedłem po raz pierwszy do Laboratorium Badawczego General Electric Company w 1909 r., dr Whitney, dyrektor zasugerował, że pierwszych kilka dni powinienem spędzić spacerując po Laboratorium abym podjął decyzję jaki rodzaj pracy chciałbym wykonywać. Wybrałem dziedzinę zastosowań włókien wolframowych w warunkach wysokiej próżni, ponieważ były tutaj dwa nowe urządzenia, którymi Laboratorium przewyższało wszystkie inne na świecie. Umieszczałem różne gazy w żarówkach z bardzo dobrą próżnią i obserwowałem co działo się z tymi gazami.

Dr Whitney zwykł był chodzić prawie każdego dnia po Laboratorium, rozmawiając z każdym po kolei i pytając: ma pan dzisiaj coś zabawnego ? I rzeczywiście, to nas bawiło..

Pewnego dnia po około 3 latach zwróciłem się do niego: Ja bawię się świetnie ale nie mam pojęcia co z tego ma General Electric Company. "Proszę się tym nie martwić" - odpowiedział, "to już moja sprawa". Tak długo, jak pan bada zagadnienia związane z wysoką próżnią włóknami wolframowymi i rzeczami związanymi z pracą naszego przedsiębiorstwa zależy nam aby pracę kontynuować". Ta praca nie była planowana. Pozwolono aby istniała jako ciekawostka, jako zabawa.

Były to badania z zakresu podstawowych. Prowadziły do nowych obszarów wiedzy ale nie były zaplanowane. Między innymi właśnie dlatego były tak owocne. Obiektem badań inżynierów zajmujących się źródłami światła było przez lata stworzyć jak najlepszą próżnię w celu zwiększenia

³ Karol Darwin, O pochodzeniu gatunków.

wydajności lamp wolframowych. Nie widziałem powodu aby wątpić w ich poglądy ale zamiast próbować uzyskać lepszą próżnię, co było rzeczą trudną do zrobienia, zdecydowałem, że dużo łatwiej będzie wytworzyć złą próżnię i dowiedzieć się wszystkiego na temat złych próżni. Umieszczaliśmy wewnątrz wszystkie rodzaje gazów, żeby zobaczyć jak pogorszą one działanie lampy. Niektóre z nich - azot, argon i rtęć - wydłużyły czas funkcjonowania lampy setki razy w stosunku do innych. W pracy badawczej nie można zaplanować dokonania odkryć, można jednak zaplanować pracę, która może prawdopodobnie prowadzić do odkryć.

Istnieje mało znane słowo 'serendipity', wymyślone przez Horacego Walpole'a w początku XVIII wieku. Był wielkim kolekcjonerem dzieł sztuki a każdy zbieracz wie, te najlepsze rzeczy znajduje się często podczas szukania czegoś całkiem innego, Słownik Webster'a definiuje *serendipity* jako: "umiejętność znajdowania wartościowych albo przyjemnych rzeczy, nie szukając ich". Chcę zasugerować bardziej stosowną definicję: *Serendipity, to sztuka korzystania w tego, co niespodziewane*. Duża część pracy w Laboratorium opiera się właśnie na tym. Nie znamy wszystkich rzeczy które mają się wydarzyć. Zbyt wielu z nich nie spodziewamy się. Wiele z tych niespodziewanych rzeczy, na dłuższą metę, będzie jak najbardziej użytecznymi. Planując w ten sposób, pozostawiamy pewną *elastyczność* – utrzymujemy wolność niezbędną dla dokonywania odkryć. Oto, do czego służy wolność. Wolność szansy rozwinięta przez demokrację jest najlepszą ludzką reakcją na zjawiska rozbieżne. Faktycznie, wolność możemy zdefiniować jako szansę skorzystania z tego, co niespodziewane. Dualizm, który charakteryzuje współczesną fizykę, znajdujący swój wyraz w zestawieniu: zjawiska zbieżne przeciw zjawiska rozbieżne, ma również inną paralelę: Planowanie przez dyktatora przeciw demokratycznej wolności wyboru, komunizm przeciw demokracji.

Marks i Stalin, wierzyli, że wszystko powinno być planowane - i zaplanowane a komunistyczny dyktator potrafi planować najlepiej. Myśleli, że potrafią kierować światem przez planowanie z góry; a co próbował zrobić Mussolini ? Co robił Hitler ? Mieli plany podboju świata i sądzili, że wiedzą jak tego dokonać. Jednakże ponieśli porażkę. Ponieśli porażkę z wielu przyczyn. Jedną z nich jest ta, że nie można kierować sprawami w ten sposób. W świecie zdominowanym przez zjawiska rozbieżne, wolność korzystania z przypadkowych zdarzeń, charakterystyczna dla demokracji, stanowi lepszą podstawę.