

NIEMATEMATYCZNOŚĆ PRZYRODY

S. Prochocki

Początki matematyki pokrywają się na pewno z początkami umysłu człowieka. Tak jak początki języka. W najstarszych tekstach pisanych odnajdujemy problemy matematyczne, dotyczące liczby uciętych wrogom głów, upływającego czasu, wieku ludzi i zwierząt, ilości zębów, które jeszcze pozostały piszącemu. Liczebniki otaczały i otaczają nas wszędzie. Gdzie nie spojrzymy, natykamy się na liczby naturalne. Mamy dwoje oczu, jedną głowę, cztery kończyny, dziesięć palców u dłoni, trzy dni do weekendu, osiem kluczy od różnych zamków, cztery tysiące złotych pensji, dwieście trzydzieści woltów w gniazdku elektrycznym (większość z nas w ogóle nie wie, co to znaczy). Pojęcie liczby wydaje się wpisane w ludzkie poznanie, nasz umysł obserwując świat nieustannie liczy. Świadomie i podświadomie wciąż dodajemy, odejmujemy, mnożymy i dzielimy. Dzielimy dzień na godziny, odejmujemy pieniądze na karcie kredytowej, dodajemy dwa do dwóch i wyciągamy wnioski. Nieustannie opisujemy lub próbujemy opisywać rzeczywistość przy pomocy matematyki. Udaje się to nam, tak jak udaje się opisać przyrodę językiem polskim czy angielskim. Nie ma w tym nic dziwnego. Matematyka jest pewnym systemem pojęć, swojego rodzaju językiem, z gramatyką w postaci wzorów i wykresów. Opisywanie przyrody językiem matematyki nie różni się od tworzenia jej obrazu przy pomocy pojęć literackich czy malowania obrazów. Odkrywanie zależności liczbowych w świecie przypomina znajdowanie analogii w opisie werbalnym, porównań, onomatopei, hiperboli poetyckich. Gdy decydujemy się na pewną konwencję opisu wrażeń poznawczych, siłą rzeczy owa konwencja zawiera pewną strukturę wewnętrzną. Odkrywanie struktury matematyki, niewątpliwie bardzo bogatej i rozległej oraz skomplikowanej, nie jest niczym innym niż odkrycie, że gdy do słowa kup (czasownik) dopiszemy literę A (na końcu) otrzymamy pewien nieapetyczny rzeczownik, chociaż kupujemy często apetyczne rzeczy. Ta zadziwiająca zależność lingwistyczna jest tajemnicą porównywalną z istnieniem liczb pierwszych w matematyce. Pytanie o największą liczbę pierwszą można porównać do poszukiwań najdłuższego zdania oznajmującego w języku rosyjskim.

Matematyka jest równoległym do języka potocznego sposobem opisu rzeczywistości. Niewątpliwie, jest to sposób opisu ściślejszy, bardziej precyzyjny, sformalizowany, pozostawiający mniej miejsca na dowolność, można powiedzieć elitarny. Ale w swej istocie nieróżniący się wiele od werbalnego opisu np. w języku polskim. Tyle tylko, że słowami są tu liczby a literami cyfry. Wzory to zdania. Matematyka posiada swoistą gramatykę, opartą na znakach plus, minus itd. Stosujemy ją, na co dzień, bez zastanowienia, nieustannie.

Świat nie jest matematyczny. Wystarczy zastanowić się nad prostym faktem - procesem klasyfikacji. Podstawą, bowiem naszego postrzegania świata jest klasyfikacja. Postrzegamy i porządkujemy te spostrzeżenia, taka nasza natura. Wchodzimy na przykład do sklepu, dajmy na to z warzywami i patrzymy na marchewki. Leżą sobie na półce, są czerwone i mają zielone natki. Kosztują 5 złotych za kilogram, bo to ładne i dorodne marchewki, a nie jakieś hiszpańskie zdechlaki. Koniec cech wspólnych. Nie ma ich więcej. Być może urosły na jednym polu i przywiózł je jeden i ten sam ogrodnik, ale tego raczej nie wiemy. Policzmy cechy, jakie odróżniają od siebie leżące na półce czerwone podłużne kształty. Każda z marchewek ma inny skład chemiczny, inną ilość atomów, inną ilość czarnych kreseczek na skórkach, inną grubość owej skórki we wszystkich miejscach, waży mniej lub więcej niż sąsiadka, leżą w innych miejscach, posiadają inną długość natki, różne kształty liści

owej natki, inną krzywiznę czubka, inną twardość owego czubka, zresztą inną twardość całej reszty też. Dwie marchewki leżące obok siebie na półce różnią się od siebie na milion sposobów, a może i na miliard. Mają zaledwie kilka cech wspólnych, ale to właśnie te cechy są podstawą naszej klasyfikacji – dla człowieka są marchewkami. Tymczasem stanowią zupełnie różne byty, absolutnie różne przedmioty. Ale nie mówcie tego sprzedawcy. Prawdopodobnie wyrzuci was ze sklepu.

To samo dotyczy reszty naszego poznania. Umysł ludzki koncentruje się na podobieństwach, nie na różnicach. Jest to zawarte w samym sposobie ludzkiego postrzegania, w odbiorze wrażeń, których dostarczają nam zmysły. Być może to było konieczne, abyśmy przetrwali, jako gatunek. Nasz umysł musiał w ten prymitywny, ale zadziwiająco skuteczny sposób, układać swoje spostrzeżenia. Musieliśmy porządkować sygnały ostrzegawcze – to jest tygrys, żółte paski, wielka szczęka, koci chód. Wniosek - Uciekać! Nie zwracaliśmy uwagi na ilość pasków, nie liczyliśmy zębów w szczęce, nie mierzyliśmy długości ogona. Nie pytaliśmy współplemieńca – Słuchaj, wygląda podobnie do tego zwierzęcia, które wczoraj zjadło naszego kolegę, ale czy to na pewno niebezpieczny zwierz? No, bo wiesz, wydaje mi się, że odcień żółci na jego ogonie jest nieco ciemniejszy....

Wszyscy ci, którzy myśleli w sposób podobny i zastanawiali się nad różnicami zamiast uciekać, zostali szybko pożarci przez różne zębate bestie. Wyginęli w sposób naturalny, ewolucyjny. Dokładnie tak samo jak ci, którzy myśleli, czy aby na pewno zwierzę podobne do tego, które zabili i zjedli wczoraj, jest równie jadalne i smaczne. Ma wszak dłuższe kły za to krótszą trąbę a i kępka sierści na czubku jest jakby wyższa. Ci z kolei umarli z głodu. Pewna część skrajnych poszukiwaczy podobieństw także zginęła usiłując zapolować na tygrysa dokładnie tak samo jak polowali na mamuta (oba zwierzęta miały wszak cztery nogi i jedną głowę). Pozostały jedynie jednostki ludzkie stosujące klasyfikację w sposób rozsądny. Ewolucja naturalna, Darwin o tym pisał.

Postrzeganie podobieństw było zawsze podstawą nauki przetrwania. Widać to na szeregu przykładów zachowań nie tylko ludzi, ale wszelkiego rodzaju innych żyjących bytów. Każde ze zwierząt musi nauczyć się zdobywać pożywienie, unikać niebezpieczeństw, dbać o kryjówkę na wypadek niekorzystnej pogody itp. Inaczej zginie. Klasyfikacja nauk życia. Musieliśmy klasyfikować, aby przetrwać. I wciąż musimy. Czerwone światło na przejściu dla pieszych oznacza zawsze to samo, niezależnie od miejsca, w którym stoi, wysokości słupka czy aktualnej pogody. Ci, co mogliby się zastanawiać nad poprawnością poprzedniego zdania nie dożyli pojawienia się świateł ulicznych. Ulegli selekcji naturalnej w czasach mamutów i szablozębnych tygrysów. Czyli dosyć dawno temu.

Aby przetrwać ludzie musieli poznawać świat. Sposób, w jaki sposób go poznawali, determinowała ewolucja. I z takim sposobem poznawania zastał nas rozwój fizyki i matematyki.

Nasze poznanie jest lingwistyczne. Nazywamy różne postrzegane rzeczy, klasyfikując je według podobieństw, zwracając również uwagę na różnice. Mówimy – to jest jabłko i to jest jabłko, – chociaż dwa przedmioty nazywane przez nas jabłkami różnią się milion razy bardziej od siebie niż są do siebie podobne. Słowa służą nam do komunikacji społecznej, pomagają uzgodnić wspólne działanie, wzmacniają siłę grupy, pozycję gatunku.

To nasze poznanie jest matematyczne. Nasze wrażenia i struktura pamięci zawiera w sobie strukturę matematyki. To nasz mózg działa matematycznie, bo inaczej nie potrafi. Szukamy prawidłowości w działaniu świata. U podstaw tego działania leży powzięte z doświadczenia prymitywne przekonanie,

że nasze otoczenie jest swego rodzaju katarynką. Jeżeli pokręcimy korbę zawsze z tą samą prędkością i w tę samą stronę, melodia, która wydobędzie się z wnętrza instrumentu będzie nam dobrze znana i również zawsze ta sama. Nasze poczucie bezpieczeństwa wzmacnia się, gdy wydaje nam się, że rozumiemy jak działa świat, jak przebiega konkretny proces i dlaczego przebiega dokładnie tak jak przebiega. Chcemy poznawać reguły, jakie rządzą rzeczywistością, chcemy, aby działał on według właśnie tych reguł, chcemy, aby one istniały. Szukamy ich wszędzie, z lepszym lub gorszym skutkiem. Nasz umysł jest nastawiony na odnajdywanie prawidłowości w tym, co widzimy. Znajomość owych zależności przyczynowo-skutkowych czyni nas odporniejszymi, silniejszymi, zwiększa nasze zdolności przeżycia. Ponieważ tak jest w istocie świadczy to pośrednio o tym, że istotnie świat ma coś wspólnego z katarynką.

Istotą naszych doświadczeń jest prawdopodobieństwo i uśrednianie. Łatwo jest to zobrazować na następującym przykładzie. Na ulicy stoi automat. Po naciśnięciu guzika wewnątrz automatu, za szklaną szybką tak, aby naciskający mógł wszystko zobaczyć, podskakuje moneta. Jak wypadnie reszka – automat nie wypłaca nic. Gdy moneta upadnie orłem do góry, automat wypłaca jedną złotówkę. Fizycy badający świat, starający się zbadać jak działa automat, po dokonaniu wielu pomiarów, stworzyłyby wzór, określający sumę wypłacanych pieniędzy w zależności od ilości naciśnień guzika. Zależność wyglądałaby mniej więcej tak:

Wypłacona suma = ilość naciśnień * 0, 49995 PLN +/- 0, 0034 PLN

Przyjrzyjmy się temu wzorowi. Jasne jest, że automat podrzuca monetą w miarę losowo, dlatego orzeł i reszka wypadają mniej więcej z tą samą częstotliwością. W trakcie pomiaru, fizyk naciska guzik powiedzmy tysiąc razy. Notuje ilość wypłaconych przez automat pieniędzy, która oscyluje w okolicy 500 PLN. Następnie powtarza doświadczenie, naciskając guzik kolejne tysiąc razy. Fizyk nigdy nie wie, jak upadnie moneta. Nie jest w stanie przewidzieć chwilowej przerwy w działaniu automatu lub tego, że mechanizm wypłacający pieniądze zatnie się nagle lub wypłaci dwie monety złotówkowe naraz. Nie wie, kiedy w automacie nagle zabraknie prądu (zakładamy, że automat jest elektryczny) lub automat zepsuje się na amen i żadne naciskanie guzika nic nie da. W dodatku wynik, jaki otrzymał poświęcając mnóstwo czasu na badania jest po prostu **do niczego**. Zwróćcie uwagę, że nigdy, ale to naprawdę NIGDY, automat nie wypłaci nam 0, 49995 PLN, gdy naciśniemy guzik. I nie chodzi nawet o to, że nie ma takiej monety. Po prostu automat wypłaca złotówkę albo nie wypłaca nic (chyba, że coś się popsuje i automat wysypie na tacę całą kasę, którą ma w środku). Fizyk nic nie wie, o tym jak działa automat, jak przesuwają się trybiki w środku, różne tajemnicze klapki i przepusty. Nie ma pojęcia o grawitacji, regułach rządzących ruchem monety, teorii prawdopodobieństwa. Ma tylko w ręku sporo pieniędzy i wzór, który daje znakomity wynik w przypadku dużych serii prób z automatem, lecz nic ponad to. Tak mniej więcej wygląda współczesna fizyka. Zwłaszcza mechanika kwantowa, która nie umie przewidzieć wyniku pojedynczego pomiaru ale świetnie daje sobie radę ze średnim wynikiem dla miliona pomiarów. Obwołana najdokładniejszą ze znanych teorii, w swej istocie jest teorią prawdopodobieństwa, skuteczną dla długich serii pomiarów, najlepiej nieskończenie długich. Oczywiście, ma podstawy teoretyczne, mocne i jasno określone, mniej więcej tak jak teoria automatu ze złotówką w środku. W naszym przypadku generalnym założeniem dla wyniku naciśnięcia guzika w automacie jest to, że z równym prawdopodobieństwem wypada orzeł i reszka. W przypadku mechaniki kwantowej założenia są nieco bardziej skomplikowane.

Oczywiście wzór, który uzyskał fizyk, jest użyteczny. Może posłużyć na przykład do wypłacania pensji w zakładzie pracy. Każdy pracownik otrzymywałby na koniec miesiąca prawo naciśnięcia guzika powiedzmy 3000 razy i w ten sposób przekroczone by średnią krajową pensję. Brawo!

Stając przed automatem pracownicy mogliby sami sobie precyzyjnie wypłacać pieniądze. Wzór jest użyteczny, przydaje się, działa! Pracodawca jest zadowolony, fizyk dumny z siebie. Słusznie?

Inny przykład. Inny fizyk (lub może ten sam) postanowił zważyć kartofel. Aby zrobić to dokładnie, zważył kartofel, powiedzmy sto razy. Otrzymał wynik 400, 0567 grama, bo był to całkiem spory kartofel. Oczywiście nie za każdym razem wynik ważenia był taki sam. Dlatego błąd pomiaru obliczył na 0.058 grama. Zastanówmy się, co właściwie obliczył.

Po pierwsze, kartofel ważył nie zawsze tak samo, gdyż siła, z jaką przyciągała go Ziemia nie była zawsze taka sama. Wewnątrz Ziemi obraca się stalowe, bardzo ciężkie płynne jądro, więc jego, nieustannie zmieniające się położenie wpływa na wynik pomiaru. Po drugie Ziemia krąży wokół Słońca, więc ciężar kartofla będzie różnił się w zależności od pory dnia. W południe był najmniejszy, gdyż Słońce przyciągało kartofel do siebie niwelując nieznacznie siłę ziemskiego ciężenia, w nocy, gdy Słońce znajdowało się po drugiej stronie planety, jego grawitacja wspomagała ziemskie przyciąganie. A co z Księżycem? Co z niejednorodnością skorupy ziemskiej, z Jowiszem, Marsem, Wenus? Co z resztą ciał niebieskich?

Oczywiście, ich wpływ na wynik pomiaru jest tak mały, że właściwie nie do wychwycenia nawet najczulszą wagą. Jak mówią to fizycy – ZANIEDBYWALNY. Ale nie chodzi nam o dokładność pomiarów tylko o tzw. matematyczność przyrody. Matematyka jest pozbawiona probabilistyki. Dwa razy dwa daje cztery, zawsze, niezależnie od szerokości geograficznej i pory roku. Wynik działania nie jest obarczony błędem, dwa i dwa to zawsze cztery a nie 4 ± 0.005 . To samo dotyczy innych działań, wierzcie mi na słowo, nie sprawdzajcie. Tymczasem przyroda nie oferuje nam wartości dokładnych, ba, nie zawsze oferuje nam jakiegokolwiek wartości. Fizyk badający ciężar kartofla nie jest w stanie wziąć pod uwagę wszystkich parametrów wpływających na wartość pomiaru. Bo nawet, jeżeli wpływ planet, jądra Ziemi i naszej gwiazdy da się pominąć, co zrobić z głodnym słoniem, który ukradł fizykowi kartofel w chwili, gdy ten próbował zmierzyć ciężar warzywa na równiku? Jak zaklasyfikować ten przypadek? Waga kartofla równała się zero? Czy też należałoby zważyć kartofel razem ze słoniem? No i jak tu uwzględnić w obliczeniach małego chłopca, który ukradł fizykowi wagę?

Nie są to pomijalne problemy. To my, ludzie, stawiamy je poza doświadczeniem, uznajemy, że zakłócają one sam proces pomiaru i wykluczamy je z poznania. Niestusznie. Przyroda, świat wokół nas, jest taki, jaki jest i kropka. Nie potrafimy uwzględnić wszystkich czynników wpływających na pomiar, nie potrafimy przewidzieć dokładnie wyników pomiaru, nawet nie potrafimy podać tego wyniku nie posiłkując się teorią błędów pomiarowych. Jedyne, co umiemy, to podać prawdopodobny, średni, obarczony błędem wynik i modlić się, aby wszystko się udało. Aby nie napadł na nas głodny słoń, złodziej nie ukradł przyrządu, nie zgasło światło i nie walnął w nas meteoryt.

Aby nie było wątpliwości – to wystarcza. Świat działa, a my z grubsza wiemy jak. Nie - dlaczego, ale właśnie jak. Że jak naciśniemy guzik automatu tysiąc razy dostaniemy mniej więcej 500 PLN. Jak wszystko pójdzie dobrze. Samochody jeżdżą spalając benzynę przetwarzaną w rafineriach. Kręcą tłokami, wałami korbowymi, kołami. Komputery wyświetlają na ekranach LCD zawiłe obrazy, liczą to,

co chcemy, odtwarzają muzykę. Aparaty cyfrowe robią zdjęcia, telefony przekazują głos, kina wyświetlają filmy, leki pomagają nam zwalczyć choroby, sondy lądują na Marsie. Technika, oparta na tysiącach wynalazków ułatwia nam życie, funkcjonuje. Z grubsza. Ale nie ma to nic wspólnego z matematycznością świata. Ona nie istnieje. Naprawdę.

Jeden z fizyków, po przeczytaniu tego artykułu odpisał mi, że liczy się skuteczność, że przyroda musi być matematyczna, bo nasza cywilizacja, opierając się na matematyce osiągnęła już tak wiele. Więc nie powinienem przynudzać, tylko się przekonać. Nie zajmując się tym „wiele”, które podobno osiągnął człowiek, bo „wiele” jest słabo precyzyjnym pojęciem, zupełnie nie matematycznym, chciałbym tylko powiedzieć, że człowiek nauczył się rzucać kamieniem o wiele (znowu to „wiele”, trudno uciec od tego rodzaju sformułowań) – o wiele wcześniej, niż Arystoteles podjął pierwsze, jakże nieudane próby opisanie ruchu rzuconego kamienia. Dopiero Newton spojrzął na problem matematycznie, jakieś dwa do trzech milionów lat później, niż odbył się pierwszy celny rzut skałą w łeb mamuta zapewne. Epokę kamienia rzuconego dzieliło od opisanie toru lotu owego kamienia (aż się chce napisać „bardzo wiele”) dużo czasu. Można się nawet pokusić o stwierdzenie, że opis nie pomógł nam wcale w celnym rzucaniu kamieniem, tak jak nie pomógł w miotaniu głazów przez średniowieczne katapulty ani nie wzmógł celności indiańskich łuków. To raczej doświadczenia z rzutami, między innymi jabłkiem, pomogły Newtonowi w wynalezieniu grawitacji. Nie mogę oprzeć się wrażeniu, że to raczej matematyka jest przyrodnicza, a nie odwrotnie.

Cała prawda o teoriach fizycznych

Fizyka jest cudowną nauką. Powiedzmy, że trafiamy do kina, na pokaz filmu, od pierwszego spojrzenia widać, że bardzo interesującego, pełnego zwrotów akcji i intrygujących zagadek. Grają w nim znakomici aktorzy, dialogi są, sądząc z ich ekspresji i gry, znakomite. Niestety, film jest obcojęzyczny i nic nie rozumiemy z tego, co mówią. Ani zdania, nawet jednego słowa. Akcja, pomimo, że wartka i efektowna, jest niezrozumiała, pozbawiona sensu. Bohaterowie zdają się działać bezrozumnie, niewytłumaczalnie. I nagle na dole ekranu zaczynają pojawiać się napisy, tłumaczenie niezrozumiałych dotąd dialogów na język, który rozumiemy. Film nabiera sensu, z chaosu wyłania się piękno zawiłego scenariusza, logika dialogów i maestria akcji. Fizyka jest właśnie tymi napisami, które pomagają nam odkryć piękno filmu, który codziennie oglądamy na ekranie świata. Okrywa przed nami cuda rzeczywistości, pozwala je pojąć, zrozumieć. Każdy, kto kiedykolwiek patrzył w rozgwieżdżone niebo i widział na nim jasne pasmo Drogi Mlecznej, każdy, kto kiedykolwiek widział zdjęcia z komory pęcherzykowej, gdzie rozpędzone cząstki elementarne zderzają się ze sobą w mikrokatastrofach, każdy, kto kiedykolwiek widział przez teleskop plamy na Słońcu lub pierścieni

Saturna, wie, o czym mówię. Fizyka tłumaczy nam jak działa świat. Dlaczego uderzają pioruny, czemu spadają jabłka i dlaczego nie musimy obawiać się, że i Księżyc spadnie na Ziemię.

Co prawda fizyka przenosi jakby pytanie, „dlaczego?” na kolejny poziom, tłumacząc jedną zagadkę przy pomocy drugiej. Gdy Newton wprowadził pojęcie grawitacji, zamiast odpowiadać na pytanie, „dlaczego spadają przedmioty” używając znakomitej formuły, „bo tak jest”, można było mówić, „bo działa grawitacja”. Wynalezienie grawitacji umożliwiło Anglikom (Newton był Anglikiem, dlatego Królestwo pierwsze skorzystało z grawitacji) kolonizację Australii. Przed wynalazkiem grawitacji wszyscy ci, którzy tam się znaleźli, musieli spaść w kosmos, bo stali do góry nogami. Po wynalezieniu grawitacji stało się inaczej.

Wielką zasługą Newtona, a raczej jedną z jego wielu zasług, było stwierdzenie o powszechności występowania siły ciężenia. Była odpowiedzialna nie tylko za spadanie jabłek, ale również za ruch planet i kamieni. Jednym pojęciem można było tłumaczyć nagle wiele zjawisk. Świat natychmiast został uporządkowany, przynajmniej w kilku dziedzinach. Tak jak odkrycie kwantów i równanie Schrodingera uporządkowały fizykę cząstek elementarnych czy teoria względności poukładała zjawiska relatywistyczne. Dziesiątki czy setki drobnych zagadek, dotyczących poszczególnych doświadczeń, niezrozumiałych dla nas w swej istocie, wyjaśniono wprowadzając jedno czy dwa równie niezrozumiałe pojęcia jak fala gęstości, czy stałość prędkości światła. Nikt nie wie, dlaczego prędkość światła w próżni jest maksymalną i nieosiągalną przez ciała materialne prędkością. Nikt nie wie, dlaczego ruch cząstek elementarnych opisywany jest dziwacznym równaniem, które chwieje naszą intuicją. Nikt nie wie, dlaczego elektron nie spada na jądro atomu czy dlaczego jedne porcje energii są przez niego pochłaniane a inne nie. Nikt. Naprawdę.

Fizycy tworzą teorie stosując dwie proste zasady – redukcjonizm i analizę. Redukcjonizm to kierunek filozoficzny ograniczający ilość praw do minimum. Zamiast wielu zasad, jedna czy dwie. Zamiast kilku reguł, pojedyncza uniwersalna. Stosowana wobec wszystkiego. Zamiast czterech różnych sił – jedno oddziaływanie. To tendencja redukcjonizmu do jedności. Niewątpliwie słuszny kierunek, stosowany przez ludzkość w bardzo wielu dziedzinach, nie tylko w fizyce. Tworzenie prawa karnego czy cywilnego, kodeksu drogowego, zasad udzielania kredytów bankowych, czy reguł lotów pasażerskich właśnie temu ma służyć – sprowadzenia wielu różnych przypadków do jednej reguły uniwersalnej. Wystarczy przyłożyć miarę do każdej sytuacji i natychmiast mamy wynik. Łatwo i przyjemnie. Stworzenie takiego nowego uniwersalnego prawa, wzoru, do którego wystarczy podstawić odpowiednie wartości a wynik liczy się właściwie sam, jest marzeniem każdego fizyka. Także moim. Im mniej w nim wartości, im prostszy wzór, tym bardziej elegancki i większa szansa, że zainteresuje się nim społeczność fizyków. Według wielu z nich prostota i elegancja wzoru to podstawowe kryteria prawdy. Takie przekonanie wyrażali Einstein, Heisenberg, Dirac i wielu innych tuzów współczesnej fizyki. Ale czy słusznie?

Człowiek ma wewnętrzne umiłowanie piękna. Patrząc na świat dostrzegamy zapierające dech w piersiach obrazy przyrody, zachody słońca, zmienne kształty chmur. Słuchamy muzyki, bodajże jedynej rzeczy stworzonej przez człowieka, mogącej równać się z naturą. Czujemy wewnętrzne piękno poezji, malarstwa, tańca. Ta szczególna wrażliwość w niektórych z nas (niestety są liczne, bardzo liczne wyjątki) nadaje naszemu poznaniu pewien kierunek. Chcemy oglądać cudne widoki, być otoczeni obrazami o wielkiej urodzie. Wielu ludzi ma na pulpicie komputera obrazek czy fotografię

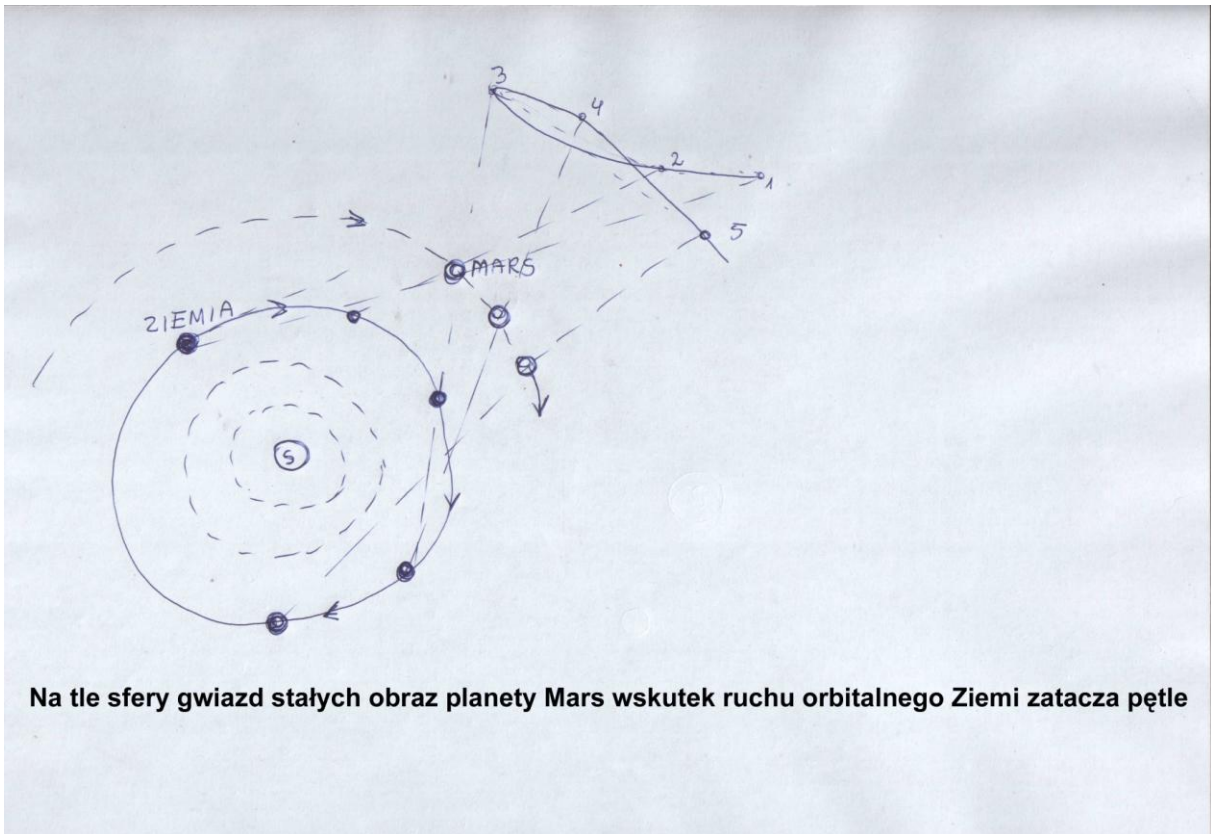
fantastycznie cudnej natury, a jestem gotów się założyć o dowolną sumę, że naprawdę niewielu, nawet w skali całej planety, ma przed oczami fotografię kupy słonia po zjedzeniu wielkiego kartofla. To umiłowanie piękna i prostoty przekłada się na marzenia fizyków. Na razie z dobrym skutkiem, ale historia odkryć nie jest wcale taka długa. Przyroda nie musi dostosowywać swoich reguł do naszych pragnień czy preferencji. Przyroda może być o wiele bardziej skomplikowana niż sądzimy, że jest. Wcale nie musi być prosta i elegancka, ba, zupełnie nie rozumiem, dlaczego taka ma być. Zwłaszcza, że po lekturze pierwszego rozdziału wiemy, że świat nie podporządkowuje się regułom matematyki.

Przykładem redukcjonizmu, na razie niespełnionego mimo wysiłków dwóch pokoleń najzdolniejszych fizyków, jest tzw. Wielka Unifikacja. Chodzi o ujednoczenie czterech powszechnych w przyrodzie sił – siły grawitacji, oddziaływania elektromagnetycznego, tzw. sił słabych, odpowiedzialnych za rozpad cząstek oraz silnych sił jądrowych, w jedną uniwersalną siłę. Tysiące naukowców wciąż bezskutecznie mierzy się z tym zadaniem i mimo pewnych, osiągniętych kosztem jasności i przejrzystości równań, można tak to traktować – sukcesów – wciąż nie widać nawet szansy na powodzenie. Niemniej Wielka Unifikacja to Święty Graal fizyki, poszukiwany o wiele intensywniej niż cokolwiek innego. Bezskutecznie. Pokusa, aby cały świat opisać jedną jedyną siłą jest olbrzymia.

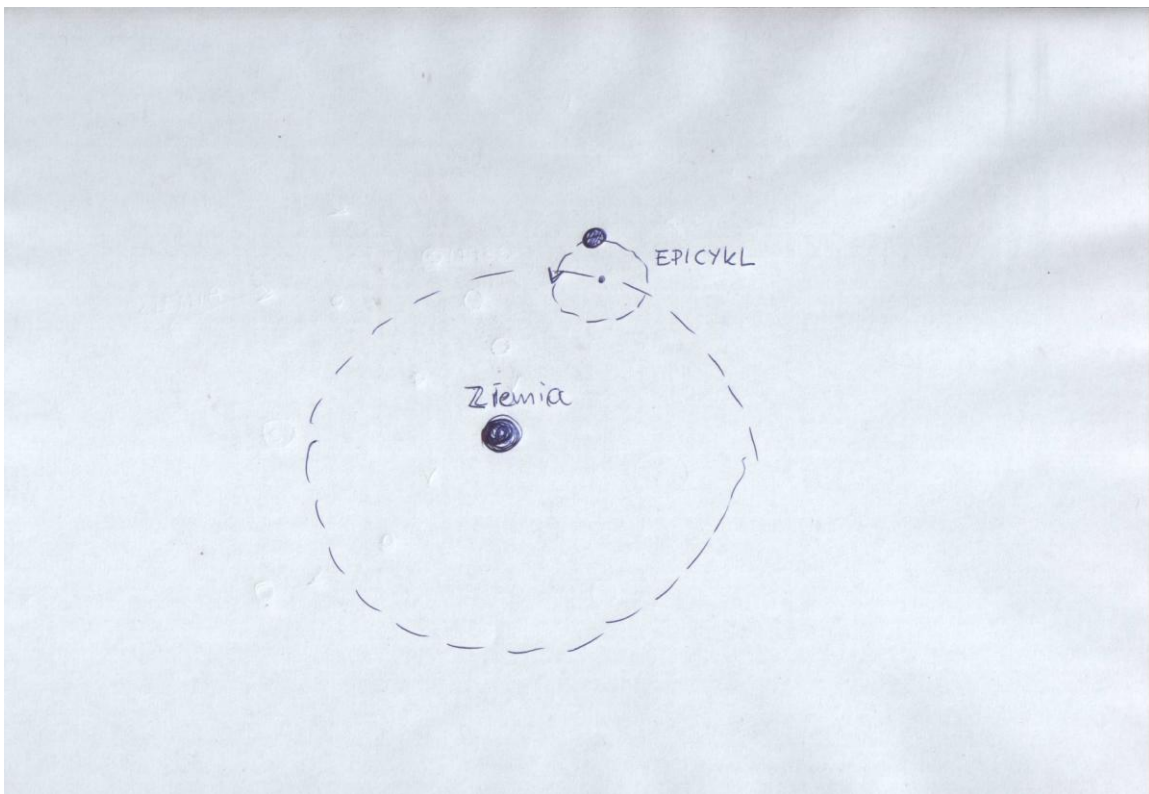
A może Wielka Unifikacja jest mrzonką? Może istnieją dwie, trzy czy nawet cztery osobne, niedające się zjednoczyć siły? Czy ktokolwiek z fizyków mógłby wskazać, chociaż jedną racjonalną przyczynę, dla której Wielka Unifikacja miałaby mieć rację bytu? Założę się, że poza mądrymi minami i machaniem rękami nie dostalibyśmy nic w odpowiedzi. To oczywiste. Jednak jest coś w prostocie wzorów i jasności teorii. Wszystkie wielkie teorie fizyczne emanują elegancją i prostotą. Obawiam się jednak, że działa to także w drugą stronę. Tylko elegancka teoria ma szansę na zauważenie jej przez społeczność fizyków. Tylko prostota stwarza powab dla jej akceptacji. Prosta, choć czasem zupełnie niewytłumaczalna idea, jak pojęcie kwantu energii, pozwala nam na wyjaśnienie tajemnic wszechświata.

Redukcjonizm upraszcza widzenie świata. W tym jego siła. Przybliża nam prawa rządzące przyrodą, sprowadza wiele procesów do jednego mianownika. Możemy zredukować ilość niejasnych dla nas pojęć, z wielu do kilku. Grawitacja i teoria heliocentryczna pokazała nam obraz Układu Słonecznego prostego do pojęcia i zrozumienia. Punkt widzenia, w którym to Słońce jest centrum układu, jest jasny i przejrzysty. Oczywiście można opisywać Układ Słoneczny równaniami matematycznymi, w którym to Ziemia jest w środku. To możliwe, choć skomplikowane. Lecz taki układ odniesienia, choć równouprawniony z punktu widzenia fizyki, jest nie tylko o wiele bardziej skomplikowany, lecz także wprowadza wielką niewiadomą w postaci przyczyny, dla której Ziemia jest w stanie utrzymać wokół siebie nie tylko większe od siebie planety, ale i Słońce. Boska wola była tu niezłą odpowiedzią, ale jak widać przegrała z grawitacją.

Przez pewien czas przed Kopernikiem, funkcjonowała teoria tak zwanych epicykli. Okazało się, bowiem, że z niewiadomych dla ówczesnych astronomów niektóre planety w swoim ruchu dookoła Ziemi jak wtedy sądzono, nagle cofają się na nieboskłonie, zataczając dziwaczne pętle a następnie podejmują ruch w dawnym kierunku.(rys 1)



Uczni, aby ratować teorię, wymyślili, że planety nie poruszają się wokół Ziemi jedynie po okręgach (okrąg, jako figura doskonała był wtedy najbardziej pożądanym kształtem dla wszystkiego co było związane z nauką), lecz poruszają się po okręgach, których to środki dopiero poruszały się po orbitach kołowych wokół naszej planety (rys 2)



Wkrótce okazało się, że to nie wystarcza i należy dodać kolejne epicykle, jeszcze bardziej komplikujące ruch planet. Teoria zaczęła pożerać samą siebie.

Teoria heliocentryczna, która to Słońce stawia w centrum układu, jest elegancka, przejrzysta i daje nam jednocześnie przyczynę, dla której planety krążą wokół gwiazdy centralnej. To równowaga między siłą wzajemnej grawitacji a siłą bezwładności, wynikającej z ruchu orbitalnego. Ta zasada stosuje się nie tylko do naszego układu słonecznego, ale do każdego związku ciał w kosmosie. Jest uniwersalna. I piękna. To sukces redukcjonizmu. Nie jedyny.

Wielkim sukcesem redukcjonizmu jest mechanika kwantowa. Równanie Schrodingera, opisujące zachowanie cząstek elementarnych, jest niepodważalnym osiągnięciem dwudziestowiecznej fizyki, największym obok teorii względności Einsteina. Jest to jedno równanie opisujące dosyć niepojęte dla nas pojęcie amplitudy fali prawdopodobieństwa, które samo w sobie nie znaczy nic realnego a dopiero jej kwadrat interpretowany jest, jako prawdopodobieństwo określonej lokalizacji cząstki. Niemniej mechanika kwantowa to najdokładniejsza ze znanych nauk fizycznych, jej wyniki dają wartości zgodne z doświadczeniem, co do tysięcznych części procenta. Mechanika kwantowa przewidziała zjawiska w świecie cząstek, których istnienia zabrania świat makroskopowy. Na przykład tzw. efekt tunelowania, czyli przenikania cząstek przez barierę potencjału, która powinna być dla nich nie do przebycia ze względu na prawo zachowania energii. W skrócie wygląda to tak jakby rzucając piłką o ścianę, powiedzmy milion razy, w końcu piłka przeniknęła przez nią i znalazła się po drugiej stronie. Analogia może nie całkiem wierna, ale oddająca sens efektu.

Problemem jest tylko to, że mechanika kwantowa daje wyniki dokładne dla statystycznych pomiarów wielu, bardzo wielu cząstek, nie dla cząstki pojedynczej. Wobec pojedynczej cząstki jest tak samo bezradna jak mały Józio z pierwszej B. Tylko, gdy dokonamy wielkiej liczby pomiarów, teoria potrafi podać uśrednioną wartość szukanej zmiennej. Przypomina się nieco analogia ze wzorem dla automatu wypłacającego złotówkę po wypadnięciu orła na podrzucanej monecie. Wzór był bezużyteczny dla pojedynczego naciśnięcia guzika. Za to doskonale zdawał egzamin dla np. tysiąca naciśnień. Wpadła mi do głowy jeszcze jedna analogia, można by powiedzieć urbanistyczna.

Wyobraźmy sobie wielkie miasto. Olbrzymią aglomerację, na przykład Warszawę, pełną samochodów. Na orbicie ziemskiej krąży satelita Marsjan, obserwujący owo miasto, a w szczególności ruchy poruszających się w nim samochodów.

Co rano większość samochodów zmienia swoje położenie. Część z przedmieść przemieszcza się do centrum, dużo, dużo mniejsza część maszyn z centrum jedzie na przedmieścia. Wieczorem ruch odwraca się. I dzieje się to regularnie, dzień w dzień, przez powiedzmy 5 dni. Szóstego dnia ruch jest znacznie mniejszy, siódmego prawie zamiera. Lecz za to w kolejny dzień cykl powtarza się dokładnie tak samo. Pięć dni sporego ruchu, szóstego dnia mniejszy, siódmego prawie wcale. Podejrzewam, że bardzo prosto byłoby napisać równanie określające prawdopodobieństwo znalezienia się samochodu w określonym miejscu miasta. Samochodów jest, bowiem dużo a ich ruch, pomimo że pozornie chaotyczny, ma swoje reguły. Są pory, gdy samochody intensywnie przemieszczają się ulicami oraz

godziny, w których ruch właściwie zamiera. Właściwie wiadomo, że biorąc na cel konkretny samochód, o dowolnej porze dnia czy nocy prawdopodobieństwo, że porusza się on w mieście, graniczy z pewnością. Należy jedynie obliczyć prawdopodobieństwo, w którym miejscu się teraz znajduje. Prawdopodobieństwo, że jest w centrum jest spore od powiedzmy godziny 9 do godziny 16. Prawdopodobieństwo, że jest na przedmieściach jest wtedy o wiele, wiele mniejsze chyba, że jest dzień szósty lub siódmy. Jednocześnie prawdopodobieństwo, że znalazł się poza granicami miasta jest bardzo niewielkie. Równanie analogiczne do równania Schrodingera, opisujące falę prawdopodobieństwa samochodu jest w zasięgu każdego obeznanego ze statystyką fizyka. Lecz, pomimo, że dokładnie zda egzamin doświadczalny, wyznaczając znakomicie średnią pozycję przeciętnego samochodu w zależności od pory dnia, nie powie nam ono nic o przyczynach swojej skuteczności. Nie wyjaśni, dlaczego w sobotę lub w niedzielę samochody zostają o wiele częściej na miejscach parkingowych niż w dni powszednie. Nie powie nam, dlaczego samochody przemieszczają się w tych kierunkach, w których się przemieszczają. Nie da podstaw do wywnioskowania, dlaczego czasem niektóre samochody znikają z miasta lub przez wiele dni stoją zepsute w jednym miejscu. I nawet, jeżeli w równaniu uwzględnimy fakt, że czasem jakiś samochód zniemacka znajdzie się w miejscu pozornie zabronionym, na przykład za potężną, wydaje się niezłomną barierą ograniczającą drogę, po której jeżdżą samochody (efekt tunelowania dla samochodów i motocykli także), to wzór ten nie powie nam nic o tym, dlaczego samochód pod wpływem awarii silnika lub mózgu kierowcy przebija się przez płot i ląduje w rowie.

Mechanika kwantowa działa właśnie w ten sposób. Opisuje nam statystycznie ruch cząstek, wyznaczając prawdopodobieństwo gdzie mogą się one znaleźć a gdzie nie. Nie daje nam żadnych podstaw do wnioskowania, „dlaczego”. Nie daje żadnego obrazu pojedynczej cząstki. Daje nam instrument do liczenia, swego rodzaju wzór. Wzór działa znakomicie, jak ten na sumę wypłacaną przez automat.

Niewątpliwie równanie Schrodingera dobrze opisuje świat, a raczej mikroświat. Statystycznie, ale opisuje. Niesie ono ze sobą wiele dziwnych konsekwencji, między innymi wielokrotnie opisywany przypadek kota Schrodingera, który jest w połowie martwy a w połowie żywy, dopóki ktoś nie zajrzy do pudełka, w którym schowano kota i przy pomocy cząstki elementarnej podano mu truciznę. Otóż cząstka mogła go zabić albo nie, w zależności od tego, czy przejawiała jakąś swoją cechę opisywaną przez probabilistyczną funkcję falową, czy nie przejawiała. Prawdopodobieństwo zatrucia kota jak i nie zatrucia jest takie samo i wynosi 50%. Otóż według fizyki kwantowej nie wiadomo czy kot jest martwy czy żywy dopóki ktoś nie otworzy pudełka i nie zobaczy czy kot żyje czy nie. Fizycy zupełnie ignorują grupę spryciarzy, którzy twierdzą, że da się to ustalić bez otwierania pudełka. Wystarczy tylko odpowiednio długo poczekać, aby nosem wyczuć, czy kot żyje czy wokół pudełka unosi się niemiły zapach padliny. Nie zwracają na nich uwagi może, dlatego, że zbyt długie czekanie z otwarciem pudła tak czy siak zawsze doprowadza do niemiłego zapachu. Koty muszą jeść.

Pewne konsekwencje mechaniki kwantowej, na przykład, tzw. nielokalność, niosą ze sobą przekonanie, że mechanika kwantowa nie jest teorią ostateczną. Jest tylko przejściowym etapem poznawania świata i tak naprawdę to za rogiem kryje się...nie, nie dziad z twarogiem tylko inna, o wiele bardziej zrozumiała teoria cząstek. Z grubsza chodzi o to, że, wracając do kota Schrodingera, gdyby wyobrazić sobie inne, podobne doświadczenie, tym razem z dwoma kotami w dwóch pudłach, (czemu akurat koty? Ktoś musiał ich bardzo nie lubić – sam za nimi nie przepadam). Powiedzmy, że

cząstka, która ma zdecydować o tym, który z kotów zostanie zatruty, dokonuje tego, podczas gdy my niespecjalnie uważamy, zjadając na przykład lody karmelowe (mniem, mniem). Zanim skończymy wsysać lody, pudełka z kotami zostają wysłane – jedno do Nowego Jorku a drugie do Ułan Bator. Nawet na skrót, przez środek Ziemi to jakieś 12 tys. km. Cząstkę opisuje równanie Schrodingera, które jedynie mówi nam, że cząstka zatrzyma któregoś z kotów. Nie mówi nam, którego. O tym musimy przekonać się sami, najlepiej otwierając pudełko, gdyż zbyt długie czekanie doprowadzi pozostałego przy życiu kota do śmierci głodowej i eksperyment się nie uda lub też uda się za dobrze – zależy czy ktoś lubi koty czy nie. Otóż kanon mechaniki kwantowej mówi nam, że dopóki nie dokonamy pomiaru żywotności kota, czyli dopóki nie dowiemy się czy jest on żywy czy martwy – uważajcie! – Jest on pół żywy-pół martwy. Dopiero otwarcie pudełka powoduje tzw. redukcję funkcji falowej kota i okazuje się, który kot jest żywy a który nie bardzo. Oczywiście, jeżeli żywy jest ten w Ułan Bator, ten w NY jest trupem, i odwrotnie, ale –uwaga!– Staje się to dopiero w chwili otwarcia pudeł. Jest to konsekwencją, potwierdzonej w doświadczeniu niejakiego Aspekta, prawdy, że własności cząstki (na przykład dajmy na to kolor – czerwony lub zielony, trzeciej możliwości nie ma) opisanej równaniem mechaniki kwantowej, staje się faktem dopiero w chwili dokonywania pomiaru. Wcześniej możemy jedynie mówić o prawdopodobieństwie tego, że cząstka przejawia ową własność albo nie, czyli jest na przykład czerwona w 50% a w 50% zielona. To pomiar wymusza na niej wybór koloru, wcześniej wybierać nie musi, więc jest trochę taka a trochę siaka. Massssakra!

Nielokalność polega na tym, że w chwili, gdy otwieramy pudło i widzimy martwego kota, ten drugi NATYCHMIAST staje się żywy. Jest pewien problem z tym NATYCHMIAST. Otóż teoria względności mówi nam, że ŻADEN sygnał nie może przemieszczać się szybciej niż światło, a już na pewno żadne NATYCHMIAST w grę nie wchodzi. A tu klops! 12 tysięcy kilometrów, z Nowego Jorku do Ułan Bator poniżej zdolności pomiaru najlepszych zegarków, po prostu natychmiast! Właściwie fizycy nie wiedzą, co zrobić z ową sprzecznością. Więc nie robią nic. Jest to jakieś wyjście.

(Uprzejmie donoszę, że przy pisaniu tego artykułu nie ucierpiał żaden kot)

Drogą, która podąża fizyka od samego początku swojego istnienia jest analiza. Polega ona na rozkładaniu materii na coraz drobniejsze fragmenty. Poprzez związki chemiczne, atomy dotarliśmy do cząstek elementarnych i hipotetycznych kwarków. Kierunek ten, zważywszy niewątpliwe sukcesy fizyki, jest dobry. Jednak napotkaliśmy na wielki problem. Otóż dwie największe teorie fizyczne XX wieku słabo dają się pogodzić ze sobą. Problem jest o wiele szerszy niż się z pozoru wydaje. Mechanika kwantowa nijak nie daje się przenieść na grunt fizyki dotyczącej czegoś, co ma długość na przykład metra. O ile znakomicie opisuje statystyczne zachowanie cząstek elementarnych do opisu na przykład kartofla czy ludzkiej nogi się zupełnie nie nadaje. Nawet nie wiadomo, jak równanie Schrodingera zastosować do kartofla, a co dopiero do nogi. Kompletna porażka.

W drugą stronę też nie jest dobrze. Uwzględnienie relatywistycznych efektów kwantowych w opisie cząstek jest wciąż raczej marzeniem niż zdobyczą fizyki. A o grawitacji w mikroświecie nikt jeszcze nie słyszał i prędko nie usłyszy.

Dualizm falowo-korpuskularny to kolejny crashtest dla naszej inteligencji. W latach trzydziestych XX wieku fizycy badający cząstki elementarne odkryli, że mają one, oprócz „normalnych” wydawało się dla cząstek, (które wyobrażali sobie, jako twarde kulki) także własności falowe. Ulegają interferencji i

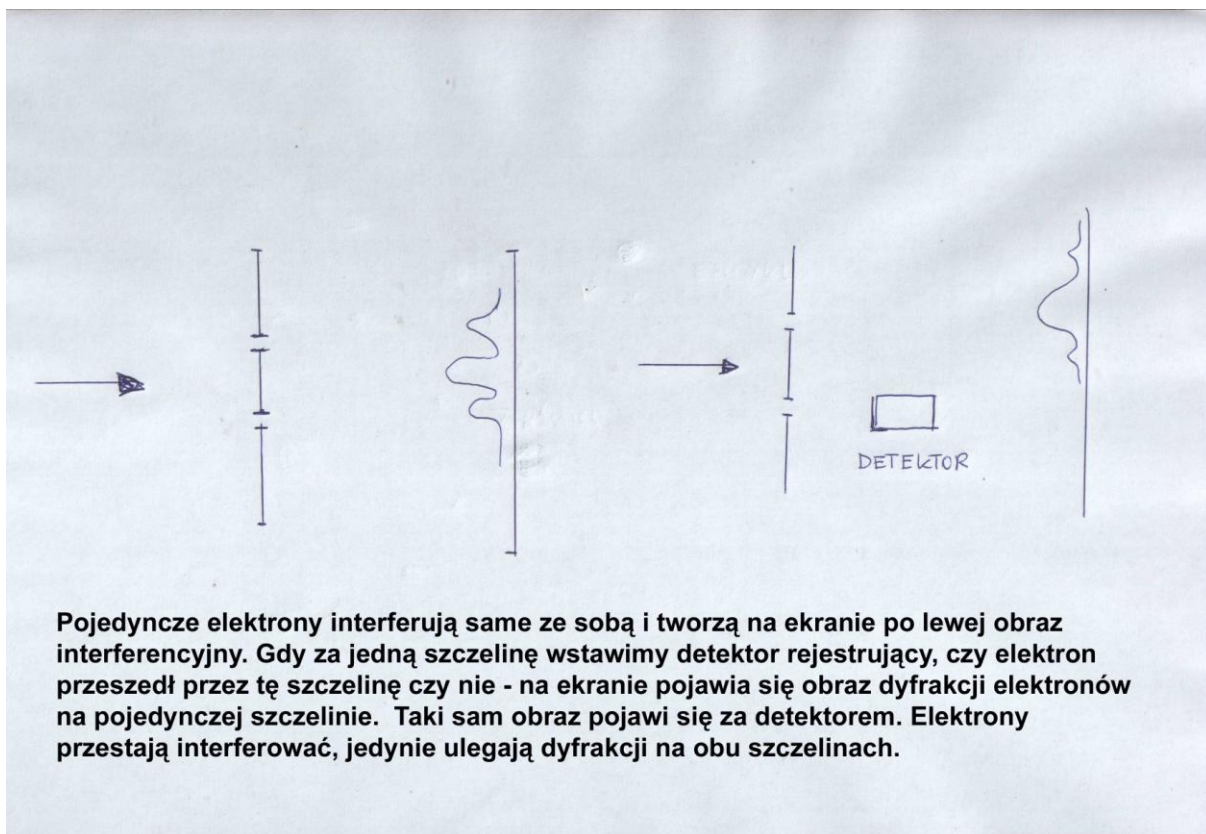
dyfrakcji. Francuski hrabia De'Broglie, który porzucił badania nad historią i zajął się fizyką, podał nawet wzór na długość fali dla cząstki.

$\lambda = h/p$ gdzie λ – długość fali, h - stała Plancka, p - pęd cząstki.

Za to odkrycie hrabia dostał Nagrodą Nobla w 1929 roku.

Równocześnie niejaki Compton, nie mając nic innego do roboty, naświetlał sobie pewien rodzaj materiału promieniami Roentgena, czyli falą świetlną o dużej energii. Okazało się, że fala zderza się z elektronami! Czyli światło w określonych warunkach zachowuje się jak strumień cząstek. Nobel 1927r. (nawiasem mówiąc Einsteinowi też oficjalnie przyznano Nobla za wyjaśnienie podobnego efektu, a nie za teorię względności. Akademia trzęsła portkami, że cała teoria Einsteina to jeden wielki szmelc i się wygłupi jak mu da Nobla za tę właśnie teorię. No i wygłupiła się inaczej, ech...)

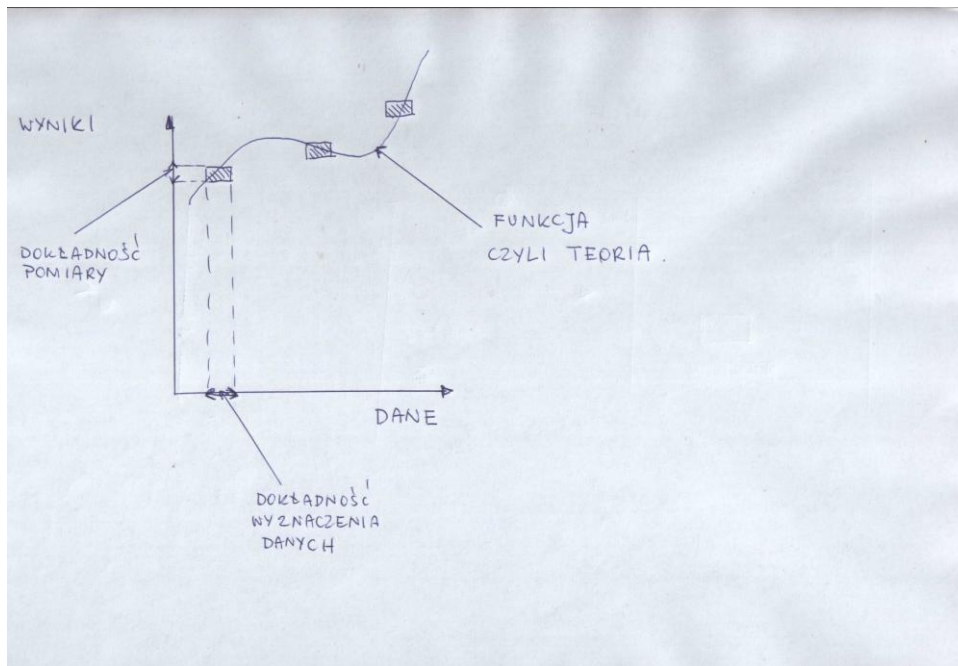
Zarówno korpuskularne własności fali świetlnej jak i falowe własności cząstek elementarnych jak elektronu czy protonu, mieszają nam w głowach. Doświadczenie L. Bibermana, N. Suszkina i W. Fabrikanta z 1949 roku, w którym dwie szczeliny bombarduje się pojedynczymi elektronami a na ekranie powstaje kropka po kropce obraz interferencyjny świadczący o tym, że nawet pojedynczy elektron zachowuje się jak fala, przechodzi przez dwie szczeliny naraz i ulega interferencji sam ze sobą - do dziś budzi we mnie dreszcz. W dodatku, jeżeli zaczniemy za jedną ze szczelin ustawiać wyrafinowane detektory, usiłując dociec, akurat, przez którą z dwóch szczelin przeleciał elektron, na ekranie jak na złość obraz interferencyjny zniknie a pojawią się jedynie kropki uderzeń pojedynczych elektronów. (rys 3)



Każdy kij ma dwa końce, (co najmniej), więc z takich doświadczeń, oprócz całkowitej dezorientacji, pomieszania zmysłów i poczucia totalnego zagubienia w rzeczywistości płyną także korzyści. Korzystając z falowej natury elektronu zbudowano na przykład mikroskop elektronowy. Fale elektronów mają krótszą długość, w związku, z czym dają obrazy o większym powiększeniu i lepszej ostrości.

Zmęczeni zupełnym brakiem logiki wnosimy udręczone oczy ku gwiazdom. Uff, tu przynajmniej wszystko wiadomo. Właściwie niby wiemy wszystko – Wielki Wybuch, chmury wodoru, produkcja gwiazd, nowe i supernowe, planety, meteory. Ale to tylko pozory. Teoria Wielkiego Wybuchu, mimo potwierdzających ją dwóch faktów doświadczalnych – rozszerzania się galaktyk odkrytego przez eksadwokata E. Hubble’a i promieniowania tła zarejestrowanego przez dwóch konstruktorów anten (wychodzi na to, że największych odkryć w fizyce dokonują nie-fizycy, Einstein był pracownikiem biura patentowego, Newton zajmował się doświadczeniami pełniąc obowiązki dyrektora mennicy królewskiej, ale może jestem niesprawiedliwy – Schrodinger, Dirac, Heisenberg – to przecież profesorowie fizyki) wcale nie ma się dobrze. Z pomiarów prędkość ucieczki galaktyk szacuje się obecnie wiek wszechświata na jakieś 14 mld lat, tymczasem teleskopem Hubblea udało się zarejestrować obraz galaktyki odległej od nas o 14, 5 mld lat świetlnych. Klops! Był pomysł, aby teleskop zestrzelić z orbity a wyniki schować pod dywan, ale astronomowie nie poszli na to i teraz biedzą się nad tym pasztetem, modląc się, aby zaraz nie pokazało się zdjęcie galaktyki odległej od nas na przykład o 20 mld lat świetlnych.

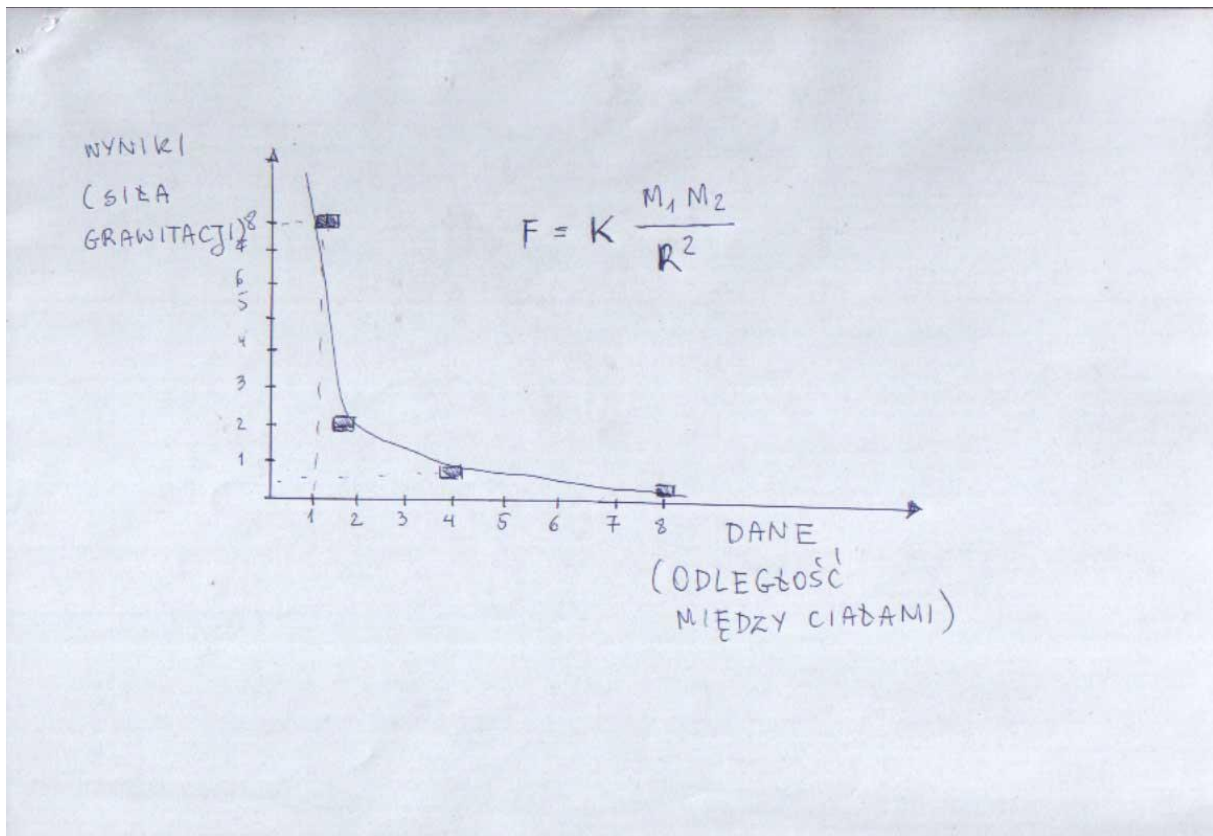
We współczesnej fizyce jest mnóstwo pytań wciąż pozostających bez odpowiedzi. Najwięcej rodzi mechanika kwantowa, burząca spokój ludzkich umysłów, pokazująca, że nasza intuicja i rozsądek są w mikroświecie warte tyle, co zużyty papier toaletowy minus sam papier. Jedyna nadzieja w tym, że nie jest to koniec walki o zrozumienie i opisanie świata. Już Einstein powiedział, że każdy fizyk powinien nie traktować swojej teorii, jako teorii ostatecznej. Mam nadzieję pokazać Wam, że uzyskanie teorii ostatecznej jest właściwie niemożliwe. Przynajmniej dopóki w swych rozważaniach posiłkujemy się matematyką. Zastanówmy się jak właściwie wygląda teoria fizyczna. Najprościej jest ją sobie wyobrazić w postaci wykresu (rys)



Na osi poziomej mamy dane wejściowe, na osi pionowej wyniki pomiarów. Punkty oznaczają wyniki pomiarów dla określonych danych wejściowych. Każdy punkt jest tak naprawdę prostokącikiem o pewnym polu, gdyż zarówno dane wejściowe jak i wyniki pomiarowe są nam znane z pewną dokładnością ze względu na dokładność przyrządów użytych do doświadczeń. To oczywiste.

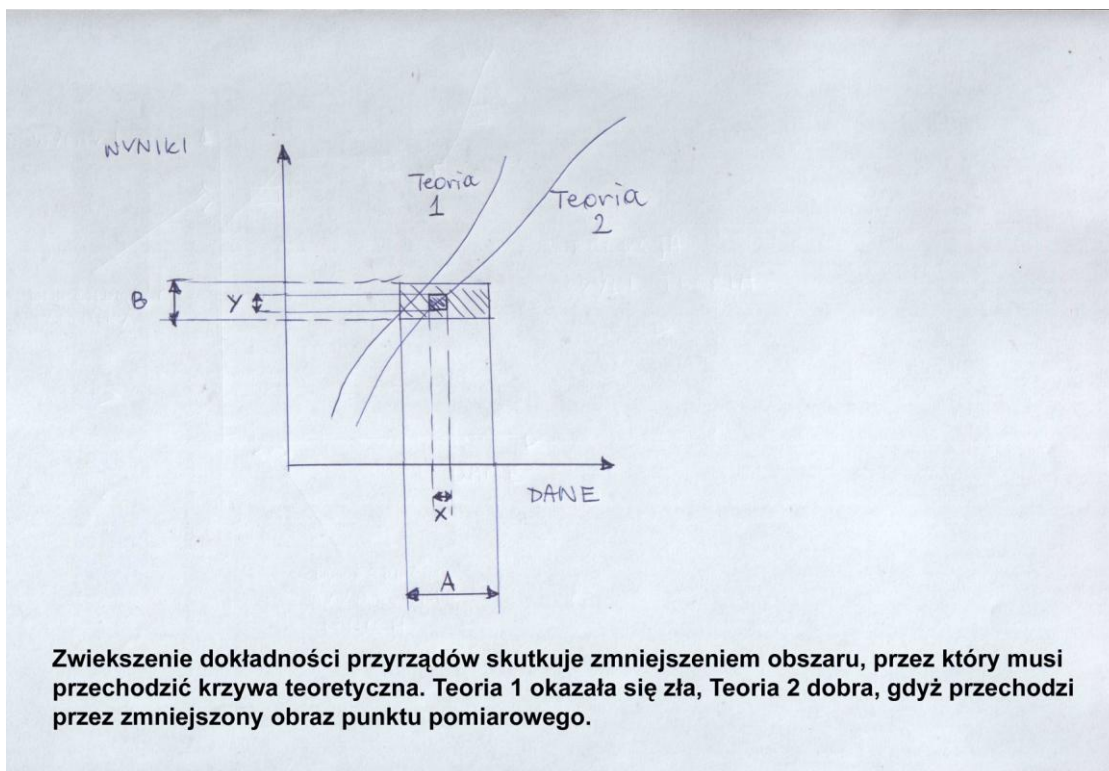
Teoria fizyczna jest wyobrażona przez wykres, krzywa poprowadzona poprzez punkty pomiarowe. Teoria, aby być poprawna, musi przechodzić przez punkty pomiarowe w granicy błędów doświadczalnych. Jeżeli nie przechodzi, oznacza to jej niezgodność z doświadczeniem. Wtedy jest warta tyle ile nasza intuicja w mikroświecie. Wyrzucamy ją tam, gdzie jej miejsce i spuszcza wodę.

Teoria fizyczna to wzór. Wzór matematyczny określający przebieg krzywej przez punkty na wykresie. Przykładem takiej teorii (wzoru) jest prawo grawitacji. Teoria Newtona wygląda tak (rys)



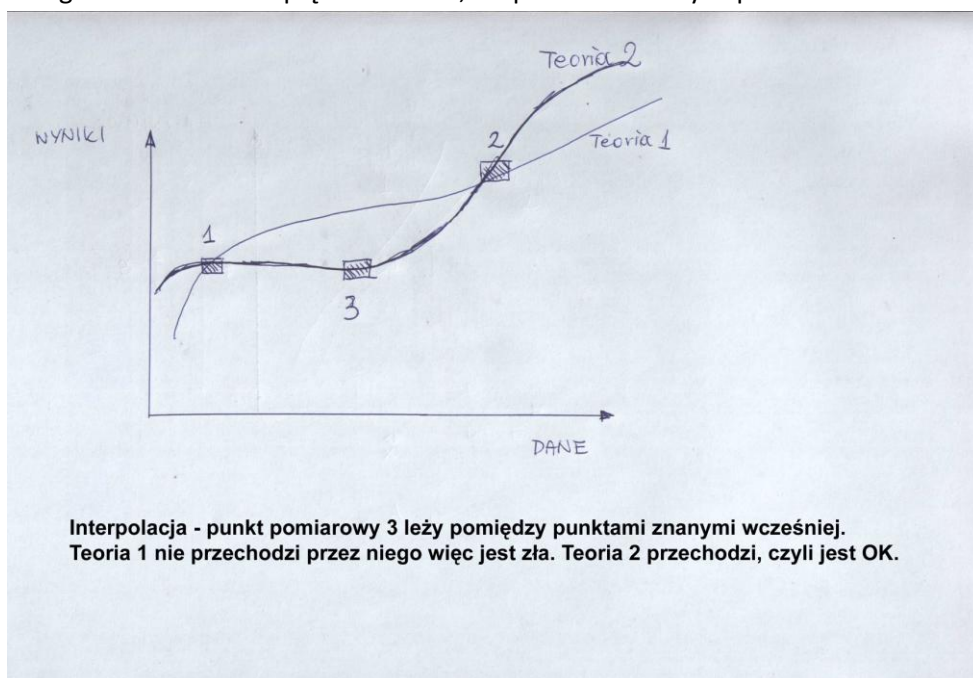
Siła grawitacji zależy od czterech elementów – stałej grawitacji K , kwadratu odległości między środkami mas przyciągających się ciał, oraz od iloczynu masy pierwszego ciała i masy ciała drugiego. Ponieważ możemy manewrować najłatwiej odległością, mierzymy zależność siły wzajemnej grawitacji od dystansu między ciałami. Według teorii Newtona powinno być tak, że dwukrotne zwiększenie odległości między ciałami spowoduje czterokrotne zmniejszenie siły przyciągania. Dysponując odpowiednimi przyrządami potwierdzamy teorię Newtona.

Są właściwie trzy kryteria poprawności teorii – zwiększenie dokładności, ekstrapolacja i interpolacja. Pierwsze kryterium polega na pozyskaniu lepszych przyrządów, albo wprowadzeniu modyfikacji do już istniejącego układu pomiarowego w celu otrzymania pomiarów o większej dokładności. Wtedy prostokącik określający wynik pojedynczego pomiaru ulegnie zmniejszeniu (rys)



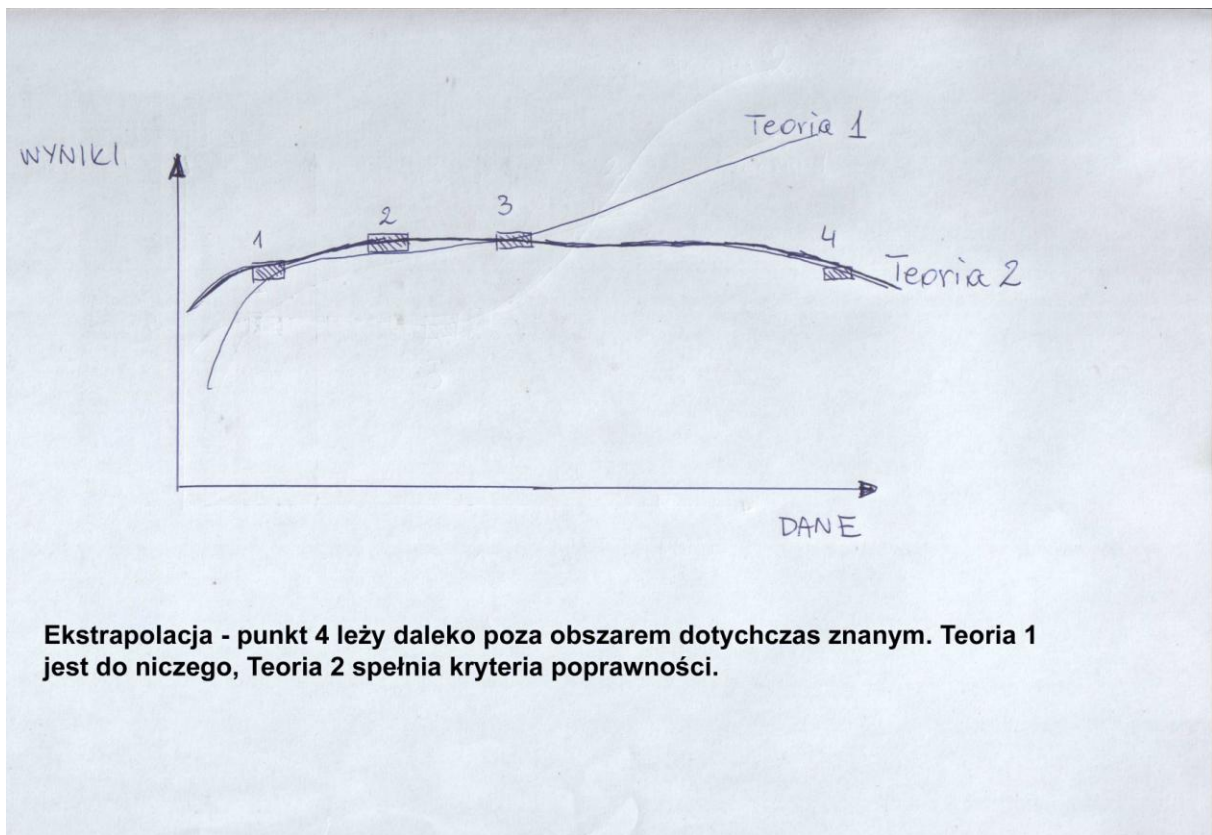
Jeżeli wykres, będący w istocie naszą teorią, zmieści się w polu mniejszego prostokąta – to dobrze dla teorii. Jak się nie zmieści – to źle. Dla teorii.

Drugą metodą sprawdzania teorii jest interpolacja. Jest to prowadzenie pomiarów pomiędzy dotychczas wyznaczonymi punktami pomiarowymi. Jest oczywiste, że jeżeli teoria jest dobra, powiedzmy dla odległości 2 metrów i pięciu metrów, to powinna też być spełniana dla 3 metrów.



Więc do dzieła .

Trzecia metoda jest podobna do drugiej – ekstrapolacja wymaga, aby teoria przewidywała też właściwe wyniki dla pomiarów z zakresu poza dotychczasowym zakresem pomiarów, czyli sięgając do analogii z interpolacją, przewidywała poprawnie dla na. 100 metrów odległości (rys)



Ostatnim kryterium jest odkrycie nowego zjawiska. Na wykresie pojawia się zupełnie nowy prostokąt, raczej w nieoczekiwanym miejscu. Jeżeli krzywa wykresu przechodzi przez ten nowy punkt – wszystko jest w porządku. Ale to rzadkie zjawisko. Zwykle nowe zjawisko powoduje rewolucję w wykresach.

Gdy okaże się, że w którymkolwiek z powyższych czterech przypadków nasz wykres pomimo dokładnych obliczeń, a może właśnie przez tę cholerną dokładność wyników, nie zahacza nawet za punkt pomiarowy - mamy kilka wyjść.

Pierwszym jest oczywiście powtórzenie pomiarów i poszukanie na wszelki wypadek tzw. błędów systematycznych. Czyli usterek w układzie pomiarowym, których nie zauważyliśmy, a to właśnie one psują nam wyniki. Przykładem takiego błędu systematycznego jest przeprowadzenie doświadczeń w różnej temperaturze i nieuwzględnienie zmiany długości linijki, którą mierzyliśmy odległość. Linijka cieplejsza jest z reguły dłuższa, niż linijka zimna.

Jak pomimo dokładnej analizy nie trafiamy na błędy systematyczne lub wydaje nam się, że je wszystkie wyeliminowaliśmy a tu cały czas punkt doświadczalny leży poza krzywą wtedy mamy drugie wyjście. Zaczynamy modyfikować teorię pierwotną. Szukamy fizycznego efektu, drobnego, pozornie

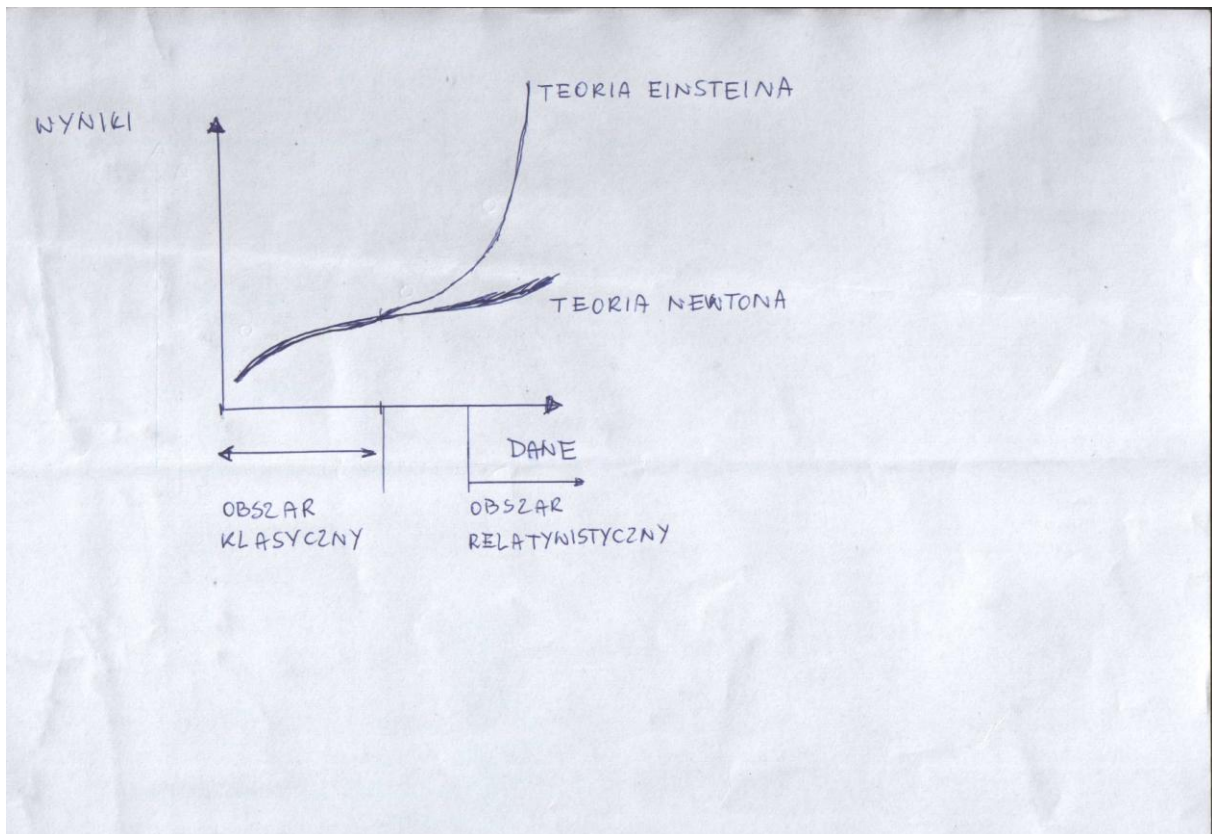
niemającego wpływu na teorię, ale jak się jednak okazuje, w konkretnych warunkach uwidaczniającego się w postaci czynnika liczbowego zmieniającego oczekiwany wynik na nieoczekiwany. Przypomina to nieco dodawanie epicykli do teorii geocentrycznej. Idzie to zwykle łatwo, bo natura fizyka przypomina nieco naturę meteorologa – z przewidywaniem pogody bywa różnie, ale za to uzasadnienie, dlaczego pogoda była, jaka była zawsze jest bardzo logiczne. Być może to uniwersalna cecha natury ludzkiej, tzw. mądrość post fatum. Fizycy nie są tu wyjątkiem.

Przykładem takiej teorii jest tzw. Teoria Inflacji.. Przez pewien, dosyć krótki czas, młody wszechświat rozszerzał się według niej bardzo, bardzo szybko i to uratowało na razie teorię Wielkiego Wybuchu przed złomowiskiem. Ciekawe na jak długo.

Jeżeli pomimo szczerych i intensywnych wysiłków nie udaje się nam znaleźć efektu ratującego starą teorię, wtedy przychodzi rewolucja. Większość fizyków wpada w straszliwe podniecenie, część rwie włosy z głów, biega bez celu po laboratoriach, waląc głowami w ściany i krzycząc, – Co to będzie?!- Nie, nie wygląda to tak. Najpierw powstaje grupa autorytetów, której członkowie, zwykle zasłużeni profesorowie, negują wyniki pomiarów, wyśmiewając ich autorów i odsądzając ich od czci i wiary. Ulubioną figurą retoryczną staje się pukanie palcem w czoło i szydercze rechotanie. Dla wiadomości oburzonych czytelników – taka procedura jest zupełnie normalna. Starzy i zasłużeni profesorowie nie mogą przecież łatwo zaakceptować faktu, że oto poświęcili swoje życie i badania teorii, która nadaje się tylko do kosza. To niemożliwe! Zwłaszcza, że najczęściej autorem rewolucyjnych pomiarów są młodzi, głodni sławy fizycy, którym ciężka praca i ambicja nie są w stanie zastąpić ugruntowanego autorytetu i pozycji w świecie nauki. Na szczęście obecnie nie ma już możliwości spalenia mącącego fizyka na stosie czy publicznego przymuszenia go do wyrzeczenia się własnych poglądów. Ale są inne środki – wyśmianie, nazwanie szarlatanem, parapsychologiem czy miłośnikiem UFO. Można zablokować karierę uniwersytecką, przestać zapraszać na sympozja, pozbawić odczytów. Ale zawsze znajdzie się grupa fizyków, którzy podejmą rękawicę i powtórzą kontrowersyjne doświadczenie. Na szczęście. Jeżeli zupełnie niezależny ośrodek uzyska wyniki podobne lub takie same jak ci pierwsi eksperymentatorzy, szyderczy śmiech milknie tak jak i odgłosy uderzania opuszkami palców o kości czołowe ludzkich czaszek. Świat zaczyna się zmieniać. Powstaje nowa teoria.

Nowa teoria musi przechodzić przez wszystkie dotychczas wyznaczone punkty doświadczalne, mieścić się w prostokąciach pomiarów nie korzystając przy okazji z prawa, że przez dowolne trzy punkty płaszczyzny można poprowadzić prostą, byle odpowiednio grubą.

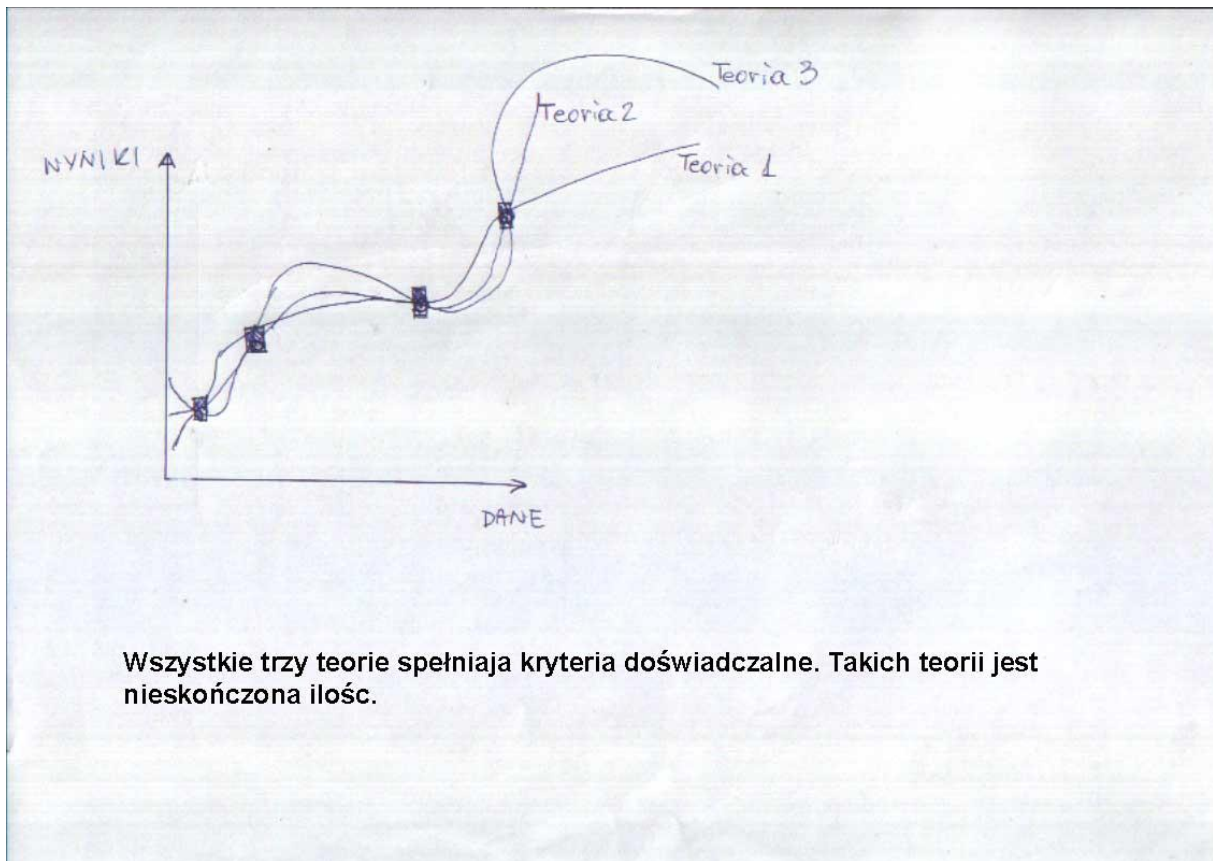
Równanie opisujące nową teorię pokrywa się w pewnych zakresach ze starym równaniem, tworząc zasadę korespondencji. Przykładem takich teorii była „stara” klasyczna teoria grawitacji Newtona i „nowa” teoria grawitacji Einsteina. W obszarach o niskich prędkościach teoria względności podaje niemal te same wyniki, co teoria Newtona. Dopiero w obszarach relatywistycznych obie teorie rozjeżdżają się dramatycznie (rys)



Taki obraz teorii fizycznych, wydaje się intuicyjny i rzetelnie prawdziwy, niesie ze sobą bardzo brzemienne w skutkach konsekwencję:

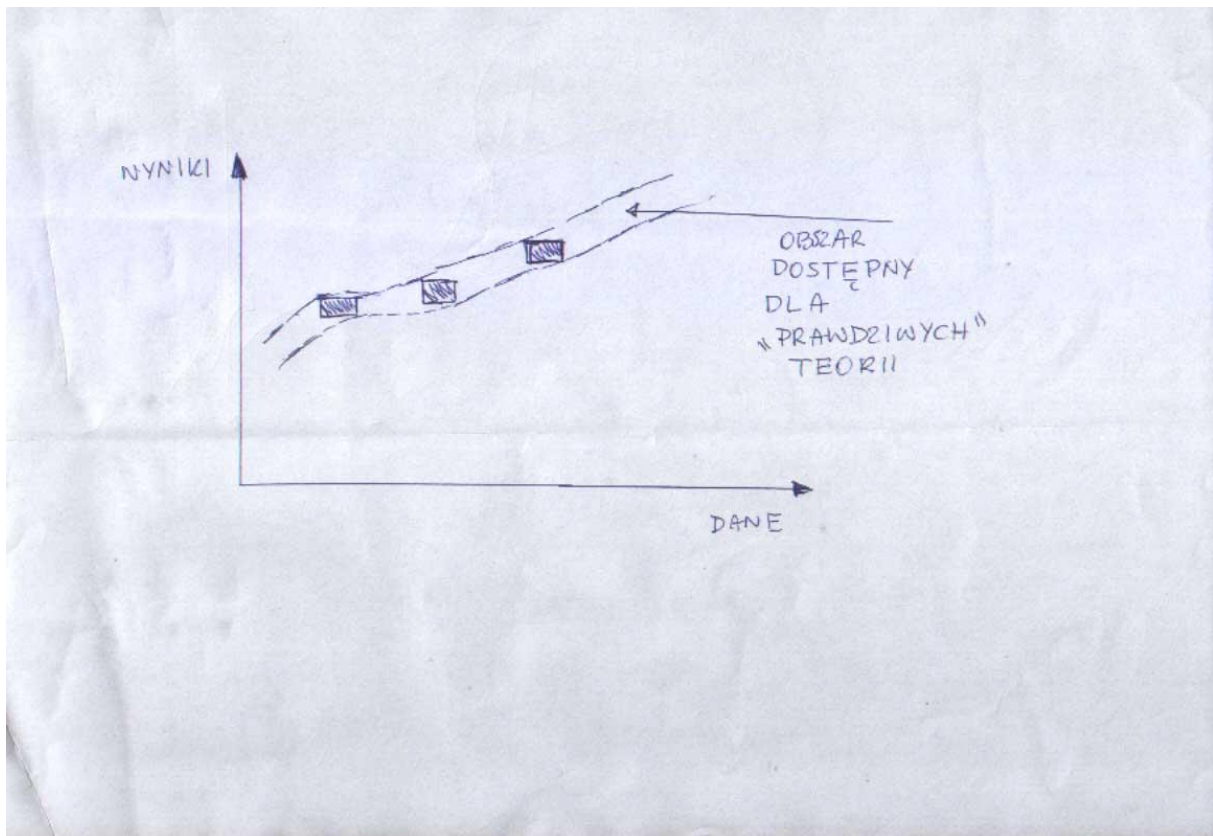
Nigdy, ale to naprawdę nigdy, nie otrzymamy jednej, ostatecznej i wszędzie prawdziwej matematycznej (ilościowej) teorii fizycznej.

Wynika to z tego, że przez DOWOLNĄ liczbę punktów pomiarowych możemy poprowadzić DOWOLNĄ, NIESKOŃCZONĄ liczbę krzywych będących wykresami funkcji. Nawet przez miliony punktów wyznaczonych doświadczeniem, możemy bez trudu poprowadzić miliard krzywych, będących wykresami funkcji, a więc i teoriami fizycznymi (rys)



Jeżeli nawet w obszarach doświadczalnych będą się one pokrywały, poza obszarami będą zupełnie różne, opisywane zupełnie innymi wzorami, a więc będą miały zupełnie różne wytłumaczenie fizyczne i ideologię. Nie będą to teorie równoważne, a jedynie dające identyczne lub bardzo podobne wyniki w zbadanym obszarze rzeczywistości.

W dodatku, ze względu na skończoną dokładność pomiarów, dokonywanych w laboratoriach czy w przyrodzie, punkty pomiarowe są w istocie obszarem płaszczyzny a nie linią krzywą, co oczywiście nieograniczenie zwiększa możliwości prowadzenia krzywych przez obszar doświadczalny (rys)



Nieskończona liczba krzywych, które możemy narysować tak, aby spełniały kryterium zgodności z doświadczeniem, determinuje jeszcze jedna smutną prawdę o fizyce:

Szansa trafienia na matematyczną teorię prawdziwą jest nieskończenie mała.

Dotychczas milcząco zakładaliśmy, że istnieje coś takiego jak PRAWDA O ŚWIECIE. Czyli istnieje teoria, która odkrywa przed nami istotę świata, mówi nam – Rzeczywistość działa w taki to a taki sposób i już! Jeżeli wiemy, że nigdy nie trafimy w swej pogoni na taką teorię, nigdy nie będziemy wiedzieli nic, czego nie da się podważyć i obalić, może Ostateczna Teoria Wszystkiego po prostu nie istnieje? Jest tylko mrzonką, niespełnionym pragnieniem nasycenia głodu wiedzy o świecie? Mitycznym Świętym Graalem, zagubionym pośród oceanów liczb i wzorów tak skutecznie, że odnalezienie go jest niewykonalne? Odpowiem wszystkim, którzy w tej chwili zwątpili w sens poszukiwań – Nie jest aż tak ważne, czy na końcu drogi czeka to, do czego idziemy, jeżeli po drodze znajdujemy tak wiele nieoczekiwanych radości i wspaniałych przeżyć. Celem staje się wtedy sama podróż, a nie jej kres.

Na szczęście nie jestem jedynym mądrym. Tak jak już wiecie - Albert Einstein powiedział kiedyś – „Niech żaden z odkrywców nie myśli, że jego teoria jest teorią ostateczną”. Całe pokolenia fizyków i matematyków podróżują po drodze nauki, starając się przybliżyć sobie i nam obraz i zasady wszechświata. I nie ważny jest tu kres tej podróży. Ważna jest sama droga.