

2.0

KWANTECHIZM

CZYLI KLATKA NA LUDZI

ANDRZEJ DRAGAN



ANDRZEJ DRAGAN

KWANTECHIZM **2.0**
CZYLI KLATKA NA LUDZI

Copyright © by Andrzej Dragan

Copyright © for this edition by Wydawnictwo Otwarte 2022

Wydawca prowadzący: Robert Chojnacki

Redaktor prowadzący: Dagmara Małyszka

Redakcja tekstu: Dawid Wiktorski

Opracowanie typograficzne książki: Andrzej Choczewski / Wydawnictwo JAK

Adaptacja makiety na potrzeby wydania, korekta i łamanie: Studio NOTA BENE

Okładka: Sonia Budner (konceptcja) i Jakub Jarzębowski (projekt i ilustracje)

Fotografia autora: Paweł Fabjański

ISBN 978-83-8135-137-9



Dystrybucja: SIW Znak. Zapraszamy na www.znak.com.pl

Dla Igora, mojego synka

PRZED SPOŻYCIEM

MAŁE DZIECI KARMIONE SĄ dwiema substancjami: mlekiem i kłamstwem. Kiedy nowa istota chce dowiedzieć się czegoś o świecie, do którego trafiła, hodujemy ją w przeświadczeniu, że pani w przedszkolu jest dobra, a dzielni policjanci łapią złych złodziei. I tak dalej. Dopiero potem wszystko stopniowo odkłamujemy. Gdyby zacząć od razu z grubej rury, biedne dziecko i tak niczego nie zrozumie, a nam będzie głupio. Komunikacja wymaga braku ścisłości.

To nie jest typowa książka popularnonaukowa. To jest zupa-śmietnik zawierająca moje prywatne i niezbyt ortodoksyjne spojrzenie na najciekawsze aspekty mechaniki kwantowej, teorii względności oraz współczesnej fizyki, którymi od lat się zajmuję. Czasem przytaczam rozumowania

i argumenty, które uważam za smakowite, a częściej po prostu opowiadam historyjki, które mi się przydarzyły i sprawiły, że coś do mnie dotarło.

Jestem fanem edukacji, lecz niekoniecznie edukacjonizmu, więc całość da się śledzić bez jakiegokolwiek wiedzy naukowej. Ważniejsze jest umiejętne gospodarowanie zdrowym rozsądkiem, bo współczesna fizyka potrafi solidnie szokować. Ceną jest użycie przeze mnie różnych pożytecznych oszustw, pozwalających przedstawić istotę omawianych zagadnień nieco na skróty. Trochę tak, jak często myślą o nich fizycy, ale się do tego nie przyznają. Zresztą nawet gdyby cały obecny stan naszej wiedzy o świecie zebrać i nie wiem, jak precyzyjnie wyrazić, to i tak dostalibyśmy zbiór przybliżeń lub nonsensów. Bo ostateczna teoria wszystkiego, jeśli w ogóle istnieje, z całą pewnością n i e jest nam znana.

Dziękuję Dariuszowi Wilczakowi za namówienie mnie do pisania, a Kasi Kausie, Szymonowi Charzyńskiemu, Annie Dragan, Pawłowi Jakubczykowi, Arturowi Opali, Maćkowi Tomczakowi i Krzyszkowi Turzyńskiemu za czytanie i krytykowanie.

Autor

CZĘŚĆ PIERWSZA

DYGRESYJNY BEŁKOT
O NICZYM

ROZDZIAŁ PIERWSZY

OBRÓT CZASOPRZESTRZENI

HISTORIA ŻYCIA NA ZIEMI to jakieś parę miliardów lat. Historia naszej cywilizacji to najwyżej kilkadziesiąt tysięcy lat. Oznacza to, że wkład, jaki wnosimy w historię życia na naszej planecie (będącej skądinąd pyłkiem na skraju jednej z dziesięciu miliardów galaktyk), jest mniej więcej taki jak wkład rozdeptanej muchy umieszczonej na czubku Pałacu Kultury do jego wysokości.

Z punktu widzenia Ziemi, którą matematyk Hugo Steinhaus nazywał „kulą u nogi”, gatunek ludzki jest więc najwyżej niesforenym epizodem. Podczas jego trwania niemal cała aktywność intelektualna ludzkiej populacji orbitowała wokół kwestii zdatności do spożycia okolicznej fauny i flory. Być może z dumą myślimy o wytworach naszej cywilizacji. Warto

jednak pamiętać, że wszystko, co człowiek kiedykolwiek zbudował – włącznie z piramidami, wieżą Eiffla oraz Jezusem ze Świebodzina – zmieściłoby się wewnątrz kostki sześcienniej pięć na pięć na pięć kilometrów. Co prawda niektórzy twierdzą, że „wybudowali sobie pomnik trwalszy niż ze spiżu, strzelający nad ogrom królewskich piramid”. Ja tam jednak nie oburzam się na słynnego antropologa Desmonda Morrisa, który nasz gatunek określał słodkim mianem *nagiej małpy*.

A jednak całkiem niedawno naga małpa doznała gwałtownej erekcji intelektualnej. W ciągu zaledwie czterystu lat od nasilenia się jej objawów naga małpa zdołała wystrzelić swojego przedstawiciela na Księżyc, zbudować komputer oraz dokonać teleportacji kwantowej stanu pojedynczego fotonu na odległość ponad stu kilometrów. A w wolnej chwili zbadała dziedziczność tego, czy krowa, spożywając trawę, kręci swoją żuchwą zgodnie czy też przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

Cóż doprowadziło to tego nagłego skoku rozwojowego, którego owoce przypadło nam konsumować? Okazuje się, że przyczyną całego zamieszania była zaproponowana w czasach Galileusza i Kartezjusza niezwykle prosta recepta życiowa, którą wzięła sobie do serca skromna garstka przedstawicieli naszego gatunku. Bertrand Russell receptę tę streszcza następująco:

Chcę przedłożyć czytelnikowi do życzliwego rozważenia doktrynę, która, jak się obawiam, może się wydać niesłychanie paradoksalna i wywrotowa. Według tej doktryny jest rzeczą niepożądaną wierzyć jakiemuś twierdzeniu, gdy nie ma żadnej podstawy do przypuszczenia, że jest ono prawdziwe. Muszę naturalnie przyznać, że gdyby takie mniemanie stało się powszechne, przeistoczyłoby zupełnie nasze życie społeczne i nasz ustrój polityczny; ponieważ obydwie są idealne, musi to być policzone na jego niekorzyść. Zdaję sobie również sprawę z czegoś o wiele ważniejszego, a mianowicie z tego, że wpływałoby ono na zmniejszanie się dochodów wróżbitów, bukmacherów, biskupów i innych ludzi żyjących z irracjonalnych nadziei tych, którzy nic nie uczynili, aby uzyskać szczęście na tym lub tamtym świecie.

Przedstawiona metoda poznawania rzeczywistości prowadzi się do wątpienia i dociekliwego sprawdzania wszystkiego, co da się sprawdzić. To tyle. Żadnej wiary w opinie lub prawdy objawione. No bo w zasadzie nie da się „udowodnić” żadnego prawa przyrody. A żeby którekolwiek podważyć, wystarczy podać zaledwie jeden kontrprzykład.

Jak na przykład udowodnić, że jutro rano po raz kolejny wszędzie Słońce? Nie wynika to przecież wcale z faktu, że w trakcie poprzednich paru tysięcy lat z rządu Słońce wstawało codziennie. A wystarczyłoby zaobserwować tylko jedną taką sytuację, w której Słońce nie wzeszło o poranku, żeby prawo o codziennym wstawaniu Słońca zostało bezpowrotnie

sfalsyfikowane. No i należałoby wówczas stosownie zmodyfikować prawa przyrody.

Tak właśnie działa metoda naukowa – nie poprzez udowadnianie czegokolwiek, bo się przecież nie da, a przez nieustające próby korygowania tego, co aktualnie wiemy o świecie. Tak zwane fundamentalne prawa fizyki to po prostu zbiór twierdzeń, które p ó k i c o nie zostały empirycznie podważone. Fizycy wcale w owe prawa nie „wierzą”, lecz przyjmują je do wiadomości jako tymczasowy model rzeczywistości, zgodny z dotychczasowymi obserwacjami. Niczego nie możemy być pewni stuprocentowo. Niektóre znane prawa przyrody wydają się bardziej p r a w d o p o d o b n e od innych, część z nich obowiązuje tylko w pewnym zakresie zjawisk, poza którym ulegają one załamaniu, jeszcze inne są wyłącznie pewnymi przybliżeniami. Jest tu spora różnorodność. Tym bardziej, pod karą smoły i pierza, powinno się zabronić używania absurdalnego określenia „udowodnić naukowo”, które jest nie tylko zwykłym oksymoronem, ale i bezczelnym zaprzeczeniem samej i d e i nauki. Nauka niczego nie „udowadnia”, a jedynie bada konsekwencje hipotez, które dotąd nie zostały przez nikogo skutecznie podważone. A jeśli zostały, to się nikt nie obraża, tylko wszyscy zaczynają szukać od nowa.

W matematyce mówi się co prawda o „dowodzie matematycznym” jakiegoś twierdzenia. Jednak chodzi tu tylko o badanie konsekwencji różnych założeń czy aksjomatów. A ich

się już nie „udowadnia”, bo nie ma jak, tylko przyjmuje za punkt wyjścia w prowadzonych rozważaniach. Założenia te mogą być kompletnie abstrakcyjne, nie mieć żadnego związku z rzeczywistością bądź nawet jej przeczyć. Nie ma to najmniejszego znaczenia dla poprawności samego „dowodu matematycznego”. Zresztą praw logiki i wnioskowania też się nie udowadnia, tylko przyjmuje w formie aksjomatów wywiezionych z naszego doświadczenia.

† † †

Receptę na ciągłe wątplenie i niebranie niczego na wiarę wziął sobie do serca najwyższy promil naszej populacji, ale i to wystarczyło, by błyskawicznie odkryć teorię ewolucji, teorię względności i mechanikę kwantową. Błyskawicznie w porównaniu z tempem rozwoju naszej cywilizacji osiąganym w trakcie poprzednich tysiącleci, gdy obowiązującą doktryną badawczą była wiara w prawdy objawione.

To, że metoda badania świata oparta na ciągłym wątpleniu i kwestionowaniu doprowadziła do spektakularnego sukcesu, nie jest szczególnie zaskakujące. W drugim rozdziale okaże się, co trzeba zrobić, żeby nakłonić człowieka do wiary w zupełnie dowolną, choćby najbardziej absurdalną tezę. Wiary, której człowiek ten będzie zawzięcie bronić. I to powinno wystarczyć do przekonania się, że ludzkie wierzenia nie są zbyt

miarodajnym wyznacznikiem prawdy nawet w najprostszych kwestiach. Nie wspominając o fundamentalnych zagadnieniach, o których nie mamy zielonego pojęcia.

Z powodów tych gorąco zalecam pogodzenie się ze stanem faktycznym: nie jesteśmy stworzeniami *n a z b y t* przenikliwymi. Przykładowo świnia, na której wielu z nas opiera swoją dietę, jest zwierzęciem całkiem rozsądnym. Brytyjscy naukowcy badali, jak często różne zwierzęta – w stosunku do liczby podjętych prób – giną rozjechane przez samochód w trakcie przechodzenia przez jezdnię. W zestawieniu najbezpieczniej zachowujących się zwierząt to właśnie świnia zajęła pierwsze miejsce. Człowiek uplasował się na miejscu czwartym.

Jeśli zapytać kogokolwiek, jaka będzie grubość kartki papieru złożonej na pół pięćdziesiąt razy (przy założeniu, że dysponujemy odpowiednio dużym arkuszem), co usłyszymy? Udzielana odpowiedź rzadko przekracza kilkanaście centymetrów. No więc jakiej grubości byłaby kartka złożona na pół pięćdziesiąt razy?

Poprawna odpowiedź to ponad sto milionów kilometrów grubości. Czyli dwie trzecie odległości od Ziemi do Słońca. Sto milionów kilometrów! Wynik ten otrzymujemy, mnożąc grubość pojedynczej kartki papieru, czyli mniej więcej 0,1 mm, przez liczbę kartek otrzymaną w wyniku pięćdziesięciokrotnego składania. A ta podwaja się przy każdym kolejnym złożeniu arkusza na pół:

$$2 \times 2 \times 2 \times \dots \text{ (i tak 50 razy) } \dots \times 2 \times 0,1 \text{ mm} = 2^{50} \times 0,1 \text{ mm}.$$

Otrzymany wynik jest ogromny, bo 2 podniesione do potęgi 50 daje liczbę większą niż milion miliardów. Widać na podstawie tego przykładu, że ludzie nie do końca opanowali jeszcze sztukę mnożenia liczb przez dwa. Być może z tego właśnie powodu chętniej zabierają głos w kwestiach, w których czują się bardziej kompetentni. Na przykład w sprawach związanych ze źródłem wszechrzeczy. Uzasadniając przy tym stawiane przez siebie tezy o porządku świata swoją wiarą w to czy tamto.

Angielska prasa nazywa grę w totolotka podatkiem od głupoty. Już nawet nie chodzi o to, jak gracze reagują, gdy zasugerować im, żeby obstawili liczby 1, 2, 3, 4, 5, 6, które – nie wiedzieć czemu – „przecież” nigdy nie wypadną. Tłumaczenie, że taka kombinacja jest równie nieprawdopodobna jak jakakolwiek inna, oczywiście do nikogo nie trafia. Wiele „systemów” gry w totolotka opartych jest na rozpowszechnionym przypuszczeniu, że prawdopodobieństwo ponownego wylosowania zestawu liczb, który już wcześniej padł, jest znacząco obniżone. Spotkałem się nawet z opinią, że miejsce na Ziemi, w którym dopiero co wybuchła bomba, staje się przez to bezpieczniejsze, bo prawdopodobieństwo wybuchu dwóch bomb w tym samym miejscu jest przecież znikome. Osobom dzielącym się ze mną tym spostrzeżeniem najczęściej zalecam,

żeby siadały tylko na tych ławkach w parku, które zostały suto obsrane przez ptaki. Bo tam, gdzie znajduje się sto ptasich śladów, prawdopodobieństwo trafienia kolejną dwójką powinno być już mikroskopijne.

Biorąc pod rozwagę niezliczone podobne przykłady popularnych wierzeń, strategia naukowa, polegająca na ciągłym poddawaniu pod wątpliwość i sprawdzaniu ludzkich opinii, wydaje się, mówiąc delikatnie, wysoce uzasadniona. Na marginesie można zresztą dodać, że postawa pełna zwątpienia jest wyrazem pokory, jaką winniśmy okazywać przyrodzie w obliczu naszej spektakularnej ignorancji. W przeciwieństwie do wiary opartej na przekonaniu o czyjejś nieomyślności.

My tu sobie gadu-gadu, a tymczasem ojciec i matka *mechaniki kwantowej* Niels Bohr zapytany kiedyś, czy wierzy, że podkowa, którą umieścił nad wejściem do domu, przynosi mu szczęście – odpowiedział:

Naturalnie, że nie. Ale powiedziano mi, że podkowa działa nawet wtedy, gdy się w nią nie wierzy.

† † †

W czasach studenckich postanowiłem nauczyć się czytać szybko. Ludzie czytają zazwyczaj z prędkością jakichś trzystu słów na minutę, czyli około stronę tekstu. Przeciętny człowiek

mówi do siebie w myślach to, co czyta, dlatego nie jest w stanie czytać szybciej, niż mówi. A nikt na Ziemi nie umie mówić szybciej niż trzysta słów na minutę. Gdyby jednak pozbyć się z głowy niepotrzebnego głosu, ograniczenie to przestałoby przecież obowiązywać. I stąd rekord świata w szybkości czytania wynoszący dwadzieścia pięć tysięcy słów, czyli prawie sto stron książki na minutę.

Tak więc uczyłem się szybkiego czytania. Zależało mi na jak najszybszym dotarciu do zawartości, a samo czytanie uważałem jedynie za niedoskonałą metodę transferu tej zawartości do wewnątrz głowy. Zatem pierwszą rzeczą, której musiałem się pozbyć, był wewnętrzny głos, którym mówiłem do swoich myśli w trakcie żarcia tekstu.

Czytanie jest aktywnością przestarzałą i kosztowną. Przećiętna książka ma kilkaset tysięcy liter. Procesor w smartfonie ma kilka miliardów tranzystorów, a jest tylko sto razy droższy. Oznacza to, że każda litera w książce jest sto razy droższa niż najnowocześniejszy tranzystor. Poprzednie osiem stron kosztowało więcej niż milion tranzystorów!

Tak czy owak, wykonywałem różne ćwiczenia, które pomagają w szybszym czytaniu. Część z tych ćwiczeń służy do poszerzenia pola widzenia. Dzięki nim widzi się nie tylko to, co leży bezpośrednio przed oczami, ale także całą okolicę. Szerokie pole widzenia pomaga ograniczyć ruchy oczami, które również niepotrzebnie spowalniają czytanie.

Moje ćwiczenia wyglądały tak: na środku kartki znajdował się rząd kropek od góry do dołu, a po lewej i prawej stronie każdej kropki napisana była jakaś litera. Należało skupić wzrok na kropce i nie odrywając go, odczytywać napisane z boku litery. Nie wolno było przy tym ani na moment ruszyć oczami. Z początku litery były dość blisko kropek i zadanie wydawało się łatwe, ale stopniowo umieszczane były coraz dalej i dalej na boki. Aż wreszcie zamieniały się w odległe układy złożone z kilku liter. Na przykład takich:

F		U
A D	*	Z C
H		I

Wykonanie każdego kolejnego ćwiczenia wymagało coraz większego wysiłku, bo litery po bokach wydawały się coraz bardziej zamazane. Pierwszą turę ćwiczeń, na której początkowo chciałem poprzestać, wykonałem dość szybko. Dlatego od razu przystąpiłem do drugiej. Po skończeniu kolejnej porcji uznałem, że mi smakuje i nie będę jeszcze przerywał. Po dwóch godzinach przerobiłem wszystkie ćwiczenia, które miałem w książce z ćwiczeniami. Trochę kręciło mi się w głowie, ale wciąż nie chciałem kończyć.

Na środku książki, pomiędzy stronami, dopisałem więc własne kropki i patrząc na nie, zacząłem czytać litery na

sąsiednich stronach. W ten sposób spędziłem kolejnych parę godzin, aż wreszcie dotarło do mnie, że jak każdej tresowanej małpie, mnie również należy się wreszcie jakiś posiłek. Mieszkałem wtedy w szarym, obdrapanym pokoju na warszawskiej Pradze. Podniosłem wzrok znad książki i rozejrzałem się po pokoju. To, co stało się ze mną tuż potem, pamiętam do dziś.

Poczułem się jak żaba, która ma oczy po bokach. Wyraźnie widziałem wszystko wokół siebie i to bez ruszania głową! Poczułem, jakbym uległ gwałtownej degradacji w hierarchii łańcucha pokarmowego, bo zwierzyzna łowna, w przeciwieństwie do drapieżników, ma szeroki rozstaw oczu. Oczy umieszczone wąsko lepiej wspomagają widzenie stereoskopowe, dając lepszą percepcję głębi, ale oczy rozstawione szeroko pomagają najpełniej obserwować otoczenie. Żeby jak najszybciej dostrzec ryzyko stania się cudzym posiłkiem. I w ten sposób zapomniałem, że jestem głodny.

Stawanie się żabą było mi już znane. Gdy w podstawówce czytałem książkę Hoimara von Ditfurtha *Na początku był wodór*, którą dostałem od taty, z każdym kolejnym rozdziałem czułem, że się przepoczwarzam. Dotarła do mnie cudowna trywialność mechanizmów ewolucyjnych działających poprzez dobór naturalny, oczarowało mnie niezwykle wyjaśnienie, dlaczego bez obecności Księżyca życie na Ziemi w znanej nam formie nie mogłoby powstać i dlaczego nie byłoby zorzy

polarnej. Oraz dlaczego kury w czasie chodzenia ruszają głowami. To wszystko było tak nowe i oszałamiające, że podnosząc oczy znad książki i gapiąc się na Konin – znany z tego, że spośród wszystkich ówczesnych miast wojewódzkich znajdował się na drugim miejscu pod względem wykształcenia mieszkańców (od końca) – czułem się trochę jak po nadmiernej porcji ćwiczeń na poszerzenie pola widzenia.

Jakiś czas później natrafiłem na nieznane mi wyprowadzenie równań teorii względności, z którego wynikało, że nawet zwykły niepozorny ruch jest „obrotom czasoprzestrzeni”. Byłem tak zafascynowany, że musiałem sobie obiecać, że w trakcie przechodzenia przez ulicę nie będę o tym myśleć.

Wychodzenie na zewnątrz głowy zaczęło sprawiać mi coraz więcej trudu. Czytałem jeszcze więcej, a ponieważ robiłem to w autobusach, pociągach i na przystankach, wymyślałem najróżniejsze sposoby pozwalające unikać rozkojarzenia. Któregoś razu zauważyłem na przykład, że czytanie książki do góry nogami skutecznie odcina wszystkie zewnętrzne bodźce, zmuszając mózg do nieoczekiwanego wysiłku. Zacząłem więc czytać książki do góry nogami i robiłem to do momentu, aż zacząłem wychodzić na kretyna, który nie potrafi nawet właściwie trzymać książki. Szczególnie mi to nie przeszkadzało.

W końcu zamówiłem do konińskiej księgarni podręcznik fizyki, o którym słyszałem, że jest niezły, a z którego uczyli się

studenci. Nie bardzo wiedziałem, jak się z czegoś takiego korzysta, nie było nawet z kim o tym pogadać, więc potraktowałem książkę jak każdą i przebrnąłem od deski do deski przez dwa opasłe tomiska Hallidaya i Resnicka. Potem okazało się, że moje podejście do nauki było dość ekscentryczne, bo podręczników fizyki nie czyta się w ten sposób. Studenci innych wydziałów dostają często do wykucia materiał z kilkuset stron na za trzy dni, podczas gdy studenci fizyki uczą się nieraz zawartości kilku stron na za miesiąc.

Jednak w ten sposób dowiedziałem się kolejnej ważnej rzeczy: że nieodłącznym towarzyszem w nauce fizyki jest ciągła frustracja. Ucząc się od zera, zaciąłem się co chwila na tym czy innym problemie, który należało samodzielnie rozwiązać. W zasadzie po dwudziestu pięciu latach niewiele się u mnie zmieniło i nadal czuję się jak małpa próbująca dosięgnąć ręką zbyt wysoko wiszącego banana. Łaska olśnienia, żeby spróbować patykiem leżącym obok, przychodzi niespiesznie dopiero wtedy, kiedy już dam się fizyce solidnie przeczłgać.

A jednak jakimś cudem stałem się psychopatą i wszystko inne przestało mnie obchodzić. Parę rozdziałów dalej wyjaśnię przyczyny. Dokupiłem jeszcze zbiór 1500 zadań Kruczka i rozwiązałem wszystkie w czasie dwutygodniowych ferii zimowych, nie robiąc w zasadzie niczego poza tym. Starąłem się trzymać dzienną średnią na poziomie 100 zadań. A skoro już

miałem okazję, postanowiłem przy tym przeprowadzić na sobie różne eksperymenty. Ciekawiło mnie przykład, jak długo będę w stanie wytrzymać rozwiązywanie zadań bez snu ani jakiegokolwiek odpoczynku. Po 48 godzinach, kiedy pojawiły się pierwsze halucynacje, uznałem, że rozsądnie będzie przerwać eksperyment.

† † †

Fizyka odkleiła mnie od reszty świata. Aby nieco naświetlić niektóre przyczyny, napiszę o przykładzie, który mocno podziałał mi na wyobraźnię. W pierwszej pracy Einsteina o teorii względności była mowa o tym, że czas na zegarze, który porusza się z dużą prędkością, płynie wolniej, a rakietę poruszająca się z dużą prędkością skraca się wzdłuż kierunku, w którym leci. Efekty te robią się bardziej zauważalne, gdy ruch zbliża się do prędkości światła. Światła, które w ciągu sekundy mogłyby okrążyć Ziemię siedmiokrotnie. Doświadczane na co dzień prędkości są dużo mniejsze, więc nie dostrzegamy tych dziwacznych efektów, ale w skalach kosmicznych sprawa robi się poważna i zegary *n a p r a w d ę* działają wolniej! Co dziwniejsze, ani poruszający się zegar, ani lecąca szybko rakietę nie mają zielonego pojęcia, że podlegają spowolnieniu upływu czasu albo skróceniu długości. No bo przecież z ich punktu widzenia one same spoczywają, a cały świat

porusza się w przeciwną stronę. I według nich to wszystkie inne zegary, a nie one same, chodzą wolniej, a cały poruszający się świat ulega skróceniu. Oto pozornie paradoksalna konsekwencja względności ruchu.

Innym ciekawym efektem, o którym pisał Einstein, jest względność równoczesności. Wyobraźmy sobie dwa zdarzenia zachodzące w tej samej chwili, ale w różnych miejscach. Niech na przykład pierwszym zdarzeniem będzie złożenie jajka przez kurę we wsi pod Koninem, a drugim zdarzeniem wyklucie się kurczaka z innego jajka we wsi pod Warszawą. Przyjmijmy, że oba te zdarzenia zaszły równocześnie: gdzieś złożone zostało jajko, a gdzieś indziej z innego jajka wykuła się kura. Okazuje się, że jeśli będziemy obserwować świat z poruszającego się pojazdu, to jedno z tych zdarzeń zajdzie jako pierwsze, a drugie dopiero po chwili. Kolejność zależy od kierunku, w którym będziemy jechać. Jeśli ktoś jadący w prawo stwierdzi, że najpierw było konińskie jajko, a potem wykuła się warszawska kura, to ktoś jadący w lewo uzna, że najpierw była kura, a dopiero później jajko. No i według teorii względności żaden z punktów widzenia nie jest lepszy od pozostałych. Żeby było jasne: nie chodzi o to, że informacje o zdarzeniach docierają do nas z opóźnieniem, które zależy od tego, gdzie się znajdujemy. Nic z tych rzeczy. Chodzi o to, że pojęcie „t e r a z” zmienia swoje znaczenie, gdy zaczynamy się ruszać. „Teraz” jest względne.

Jeśli komuś nie chce się wierzyć, to zapewne dlatego, że w większości codziennych sytuacji te efekty są tak niewielkie, że nie da się ich zauważyć gołym okiem. Jesteśmy przyzwyczajeni do niewielkich skal. Użyteczne jednostki odległości to „stopa”, „łokieć” albo „ryczenie wołu” (czyli odległość, z której jeszcze słychać ryczącą rogaciznę). Ziemia też „jest” płaska, bo jej promień jest duży. Natomiast pojęcie terażniejszości zaczyna ulegać zmianie dopiero w trakcie ruchu z prędkością zbliżoną do prędkości światła. Albo w skalach kosmicznych, bo wówczas prędkości nie muszą być duże. Dla przykładu, jeśli z prędkością starej baby na rowerze pojedziemy w stronę gwiazdy oddalonej od nas o sto lat świetlnych, to spowodujemy, że stanie się ona starsza o mniej więcej minutę (gwiazda, nie baba). A gdy pojedziemy w przeciwnym kierunku, gwiazda o minutę odmłodzi. Takie są wnioski z teorii względności.

Nie ma się co dziwić, że większość fizyków zareagowała na pracę Einsteina wrogo. Powstała nawet książka *Stu autorów przeciwko Einsteinowi*, w której na 100 sposobów „udowodniano”, dlaczego twórca teorii względności gada bzdury. Gdy ten dowiedział się o publikacji, słusznie zauważył, że gdyby wszyscy owi naukowcy mieli rację, wystarczyłby jeden.

Minęło trochę czasu, zanim eksperymentalnie potwierdzono przewidywania teorii względności, a starsze pokolenie fizyków nieco ochłonęło lub po prostu wymarło. Einstein zaś stał się celebrytą. Ale nie o tym chciałem pisać.

Można na wiele różnych sposobów zrozumieć źródło wszystkich tych nieintuicyjnych konsekwencji teorii względności. W większości są to sposoby dość zawile, a jeden z nich podał zresztą sam Einstein w swojej pracy. Lecz czasem można odnaleźć drogę prowadzącą do wyniku, która okazuje się jeszcze ciekawsza niż sam wynik.

Coś takiego zdarzyło się w 1907 roku, czyli tuż po opublikowaniu pierwszej pracy Einsteina i to właśnie to odkrycie tak podziało mi na wyobraźnię. Tego roku Herman Minkowski, dawny nauczyciel Einsteina, przedstawił swój sprytny nowy sposób patrzenia na teorię względności. Cóż takiego zauważył Minkowski? Równania otrzymane przez Einsteina, z których wynikają wszystkie zaskakujące przewidywania teorii względności, opisują, jak zmieniają się czas i położenie różnych zdarzeń, gdy obserwujemy je, będąc w ruchu. Gdyby ktoś był ciekawy, równania wyglądają tak:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - V^2}}, \quad t' = \frac{t - Vx}{\sqrt{1 - V^2}}.$$

Stephen Hawking stwierdził co prawda, że umieszczanie jakiegokolwiek matematycznego równania w popularnej książce zmniejsza liczbę czytelników o połowę, ale Hawking stwierdził przy innej okazji, że fizyka zostanie ukończona do końca XX wieku, więc może nie ma się co przejmować.

Powróćmy do Minkowskiego. Zwrócił on uwagę, że powyższe równania do złudzenia przypominają inne równania, znane z elementarnej szkolnej geometrii. A mianowicie równania opisujące obrót układu współrzędnych o pewien kąt, które wyglądają tak:

$$x' = \frac{x - At}{\sqrt{1 + A^2}}, \quad t' = \frac{t + Ax}{\sqrt{1 + A^2}}.$$

Wystarczy zerknąć i porównać – podobieństwo jest uderzające! Różnica między równaniami jest tylko taka, że prędkość V obserwatora (zapisana jako ułamek prędkości światła) w równaniach teorii względności jest zastąpiona tangensem A kąta, o który obrócony jest układ współrzędnych. Jest też we wzorach inna subtelna modyfikacja: w trzech miejscach, zamiast znaku minus, znajduje się znak plus. Ta obserwacja nie dawała Minkowskiemu spokoju. Czyżby ruch z matematycznego punktu widzenia był po prostu pewnym rodzajem... obrotu? Ale niby obrotem *czego*?! Pytanie to wymagało z pewnością oderwania się intelektualnie od żucia gumy.

Problem postawiony został dość abstrakcyjnie, więc jedyne obiekty, które pojawiły się w rozważaniach i mogły w trakcie ruchu podlegać obrotowi, były czas t i przestrzeń x występujące w równaniach! Minkowski wprowadził więc pojęcie *czasoprzestrzeni* i ogłosił, że to, co odczuwamy jako ruch,

może być w istocie ujęte matematycznie jako pewien specyficzny obrót owej czasoprzestrzeni. Ze względu na różnicę w znakach pojawiających się w równaniach, ten dość nietypowy obrót nazywany jest *obrotom hiperbolicznym*. Ale ma on wiele właściwości najzwyczajszych obrotów znanych z codziennego życia. A co jest najciekawsze w tej obserwacji poza tym, że brzmi ona dość nieprawdopodobnie? Otóż to, że jeśli zacisnąć zęby i przyjąć ją za punkt wyjścia, to prawie wszystkie wnioski płynące z teorii względności stają się wręcz banalne!

Zapomnijmy na moment o teorii względności i wyobraźmy sobie, że trzymamy w ręku kij. Każdy kij ma dwa końce (ale proca ma trzy). Czy oba końce kija są równo oddalone? Chwila na zastanowienie. No cóż, nasze pytanie nie ma sensu. To tak, jakby zapytać: czym się różni wróbelek? Aby nadać pytaniu sens, trzeba najpierw doprecyzować: od czego mają być równo oddalone końce naszego kija? No bo mogą one być równo oddalone od czyjś lewego oka, ale wówczas od prawej pięty już raczej nie. Wystarczy obrócić kij i sytuacja ulega zmianie.

Jeżeli ruch rzeczywiście jest pewnym obrotem czasoprzestrzeni, to pytanie, czy dwa zdarzenia są równoczesne czy nie, jest tak samo pozbawione sensu jak pytanie, czy dwa końce kija są równo oddalone! Musimy najpierw sprecyzować, względem którego obserwatora.

Według jednego obserwatora najpierw było jajko, a potem kura, a dla innego obserwatora, tego poruszającego się,

najpierw była kura, a dopiero potem jajko. A dla jeszcze innego kura i jajko pojawiły się na świecie równocześnie. I nie ma tu żadnej sprzeczności. Podobnie jak nie ma sprzeczności pomiędzy tym, że według jednego obserwatora pierwszy koniec kija jest bliżej, a z punktu widzenia innego obserwatora, według którego kij jest obrócony, to drugi koniec może być bliżej. Nie ma nawet sensu pytać, który z obserwatorów ma rację. Istota teorii względności jest naprawdę aż tak prosta.

Trzymajmy się myślowo kija. Jego długość też zależy od punktu widzenia. Fotograf robiący kijowi zdjęcie pod pewnym kątem stwierdzi, że na fotografii kij wyszedł krótszy niż wówczas, gdy kij jest równoległy do matrycy aparatu. I takim samym zmianom ulega długość czasu zmierzonego na zegarze, względem którego się poruszamy! Zgodnie z hipotezą Minkowskiego ruszając się, obracamy całą czasoprzestrzeń, a więc odcinki czasu odmierzane przez poruszającą się względem nas zegar ulegną skróceniu. Co oznacza, że zegar po prostu będzie chodzić wolniej. Jest to wniosek, który Einstein skrupulatnie wydedukował ze swoich równań, lecz my – dzięki temu, że interpretujemy ruch jako obrót czasoprzestrzeni – możemy się tego spodziewać bez wykonywania jakichkolwiek obliczeń. Coś pięknego!

Ponieważ w wyniku ruchu obraca się cała czasoprzestrzeń, czyli nie tylko oś czasu, ale również oś przestrzeni, podobne skrócenie musi dotyczyć też fizycznej długości ruchomych

ciał. Gdy więc jedzie rower, to będzie on spłaszczony wzdłuż kierunku, w którym się porusza. Niecodzienny ów wniosek polecam do rozważenia wszystkim, którzy czytając te słowa, podróżują akurat dowolnym środkiem lokomocji wyposażonym w okna.

Hipoteza Minkowskiego jest może łatwa do sformułowania, ale wymaga wzmożonego trawienia organem, który nosimy 15 centymetrów z tyłu nosa. Nie potrafię myśleć bardzo szybko i pamiętam, że po tym, jak przeczytałem o obrotach czasoprzestrzeni, odzyskanie równowagi psychicznej zajęło mi ze dwa tygodnie. Tym bardziej że obrotu czasoprzestrzeni, o którym mądra książka pisała dość lekko, za nic nie potrafiłem sobie wyobrazić. Pocieszałem się, że moja percepcja przestrzenna ewoluowała głównie po to, żebym jak najskuteczniej rozstrzygał, które spośród okolicznych organizmów wielokomórkowych są jadalne, a które wręcz przeciwnie, i najwyżej w tym mogę być dobry. I nie po to moi niedoszli przodkowie ginęli w wyniku selekcji naturalnej, żebym intuicyjnie pojmował zjawiska zachodzące, gdy poruszam się z prędkością zbliżoną do prędkości światła. A dopiero wówczas ów obrót hiperboliczny, o którym pisał Minkowski, staje się zauważalny. Bo dla niewielkich prędkości, z którymi mamy do czynienia na co dzień, ruch w dobrym przybliżeniu wydaje się po prostu niewinną zmianą położenia obiektów w czasie. A Ziemia jest płaska (w niewielkich skalach).

Okazało się jednak, że do wszystkiego można się przyzwyczaić. Więc i ja w końcu się przyzwyczaiłem, że ruch po prostu jest niewyobrażalnym obrotem czasoprzestrzeni. I zapomniałem, że jest to coś dziwnego. Było to dla mnie o tyle łatwiejsze, że teoria względności do swojego zrozumienia nie wymaga nawet minimum wiedzy matematycznej, której wówczas nie posiadałem. Hipoteza Minkowskiego, jeśli już się z nią pogodzić, pozwala pojąć najistotniejsze konsekwencje teorii względności, nawet jeśli operujemy niewiedzą wręcz encyklopedyczną.

Moja prywatna czasoprzestrzeń również uległa obróceniu: zdecydowałem, że będę studiować fizykę, a jak ktoś mnie pytał, co mam zamiar robić po takich studiach, odpowiadałem, że będę pracować fizycznie.

Wszystkie przewidywania teorii względności zostały potwierdzone w niezliczonych eksperymentach, a mimo to nasza reakcja na nią, nawet po ponad stu latach od odkrycia, może rodzić najróżniejsze powikłania umysłowe. W moim przypadku były to nieomal łązy radości. U niektórych zdarzają się jednak łązy smutku, ale najczęściej są to po prostu łązy konsternacji...

WYDANIE
ROZSZERZONE

Zbuntowany fizyk znalazł eleganckie rozwiązanie
kwantowej zagadki.

BENJAMIN SKUSE, „Wired UK”

Wyobrażenia o wszechświecie formułowane od wieków okazały się zbiorem przybliżeń lub nonsensów. Mówienie z pewnością o czymkolwiek jest więc, jak pisze autor tej książki, nie tylko bezczelnością, ale – co gorsza – nietaktem. Co raz lepiej poznajemy prawa rządzące rzeczywistością – nie przez ustanawianie świętych prawd, ale ich skuteczne podważanie. Wizja świata, która dzięki temu zaczęła się rysować, jest dogłębnie szokująca.

By ją nam przybliżyć, Andrzej Dragan w jasny i klarowny sposób objaśnia niezwykle wnioski wynikające z przełomowych teorii Einsteina oraz najbardziej zaskakujące prawa mechaniki kwantowej, a także przedstawia własny, nowy i rewolucyjny model łączący je ze sobą. Do tego wszystkiego tłumaczy, dlaczego kury nieustannie ruszają głowami, czemu mrówki nie galopują, a dinozaury nie narzekałyby, że doba ma jedynie 24 godziny (oczywiście gdyby umiały mówić i rozumiały koncepcję czasu).

Fizyka podawana niczym najlepszy stand-up.
Kwantechizm to smakołyk, jakiego nie dostaje się codziennie.

TOMASZ NOWAK, „Rzeczpospolita”

Jedna z najlepszych książek o fizyce, życiu i całej reszcie, które ostatnio czytałem. Dragan prawie na palcach potrafi wytłumaczyć, na czym polega teleportacja kwantowa czy teoria względności. Jeśli was kręca te tematy, nie mogliście lepiej trafić.

PIOTR CIEŚLIŃSKI, „Gazeta Wyborcza”

E-book dostępny na woblink.com

ISBN 978-83-8135-137-9



9 788381 351379

Cena detalu. 49,99 zł


WYDAWNICTWO
OTWARTE

Książkę polecają:

CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK

 ZAPYTAJ
FIZYKA

 delta

WYDZIAŁ
FIZYKI
WARSZAWA