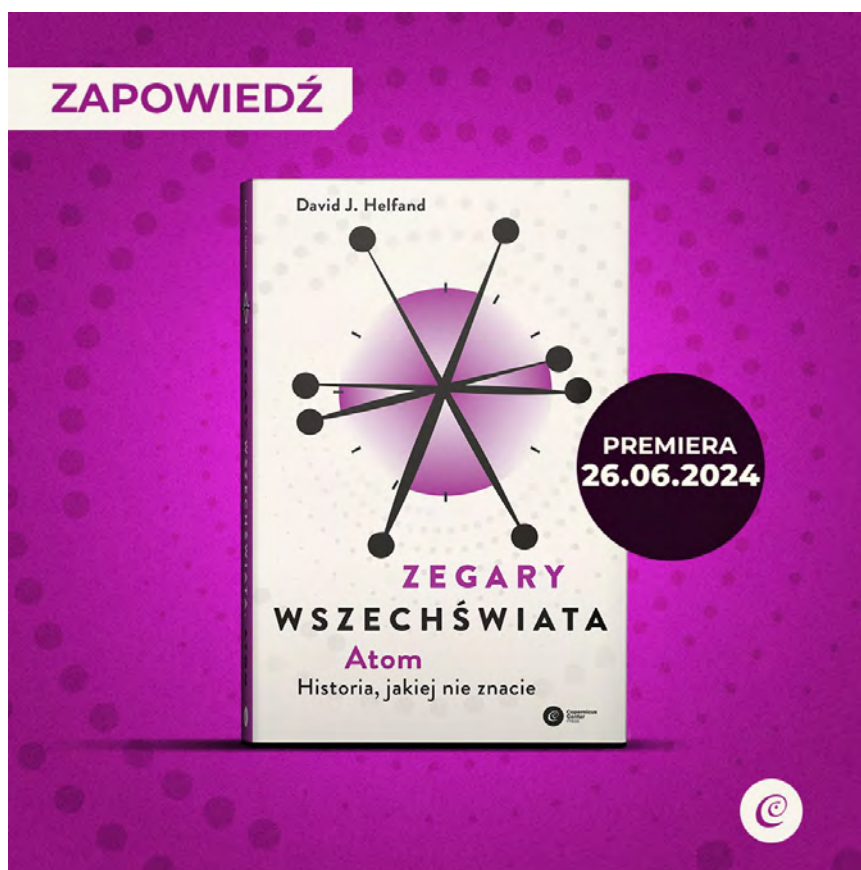

Zegary Wszechświata

Atom

Historia, jakiej nie znacie

David J. Helfand



Wprowadzenie*

W 99,9999999999995% składają się z pustej przestrzeni. Są niemal doskonałą nicością. A mimo to tworzą wszystko, co widzimy i odczuwamy oraz czego dotykamy. Karmią nas i odziewają. Za sprawą ich ruchu jest nam ciepło (lub zimno). Wywołują nasze nadzieje, marzenia i wspomnienia. Mogą istnieć w całkowitym odosobnieniu i wchodzić w skład bardzo skomplikowanych struktur. Odmierzają czas. Potrafią odsłaniać przed nami tajemnice przeszłości, których w żaden inny sposób nie moglibyśmy poznać.

Chodzi oczywiście o **atomy**.

Większość z nas nigdy nie widziała pojedynczego atomu, mimo że są obecne w naszym świecie na każdym kroku. Nie ma w tym nic dziwnego, jeśli uświadomimy

sobie, że nie tylko niemal w całości składają się z pustki, ale w dodatku są to niezwykle małe fragmenty pustki – potrzeba ich 15 trylionów, by mogło powstać jedno ziarenko maku.

Opanowaliśmy jednak tajniki bezpośredniego oddziaływania na te fragmenty niemal doskonałej pustki, możemy więc zadawać im trudne pytania, zmieniać ich stan wewnętrzny i odczytywać ich skomplikowaną historię. Jak trafiłeś do kartki średniowiecznego modlitewnika? Kiedy przyczepiłeś się do ściany jaskini, przenosząc się na nią ze skóry daniela, który ocierał się o skałę? Jaka była temperatura, gdy spadłeś w płatku śniegu na grenlandzki lodowiec? Gdzie byłeś, gdy z dysku materii krążącej wokół świeżo narodzonego Słońca formowała się Ziemia? Co robiłeś razem ze swoimi kolegami w ciągu trzech pierwszych minut istnienia Wszechświata?

Jeśli odpowiednio na nie wpłyniemy, atomy chętnie odpowiedzą na te pytania:

*Przedruk z książki wydawnictwa CCPress (Kraków 2024) za zgodą wydawcy.

– Zostałem dodany nieco później, w 1896 roku – opowiada z zażenowaniem atom z piętnastowiecznego modlitewnika.

– To było 17 150 lat temu, plus minus jedna dekada – stwierdza atom ze ściany jaskini.

– Temperatura powietrza wynosiła wtedy $-25,5^{\circ}\text{C}$ – informuje atom znaleziony w grenlandzkim łądolodzie na głębokości jednego kilometra.

– Daleko od orbity waszej zachłannej planety – zapewnia atom z pasa planetoid.

– Och, niewiele brakowało, a połączyłbym się wtedy z pewnym uroczym jądrem deuteru – wspomina pierwotny atom z naszego paznokcia.

Atomy chętnie pomogą nam również w poszukiwaniu odpowiedzi na bardziej złożone pytania:

Jak zmieniała się dieta ludzi na przestrzeni dziejów? Kiedy nasi przodkowie zaczęli uprawiać rośliny i porzucili koczowniczy tryb życia? Kiedy i dlaczego po 180 milionach lat całkowitej dominacji na naszej planecie zniknęły dinozaury? Jak to się stało, że w tak krótkim czasie po utworzeniu się Ziemi powstało na niej życie i dlaczego najważniejsze cząsteczki organizmów żywych są lewoskrętne? W jakim okresie historii Wszechświata powstało złoto tworzące teraz obrączkę na moim palcu?

Badając, zliczając, pobudzając i przekształcając naszych małych atomowych historyków, możemy uzyskać szczegółowe odpowiedzi na te i inne pytania. Najpierw jednak powinniśmy przedstawić wspaniałych bohaterów naszej książki tak, jak na to zasługują.

Greckie słowo *atomos* oznacza „niepodzielny” i zgodnie z pierwotną koncepcją atomy miały być najmniejszymi, jakie mogą istnieć, niepodzielnymi kawałkami materii. Dwa i pół tysiąca lat później, gdy idea atomów pojawiła się ponownie na Zachodzie, traktowano ją jako czysto filozoficzne pojęcie. Wyobrażano sobie, że świat jest złożony z wielu różnorodnych substancji i gdybyśmy wzięli fragment jednej z nich, na przykład kawałek drewna, podzielili go na pół, a potem jeszcze raz na pół i jeszcze raz, i tak dalej, to w końcu dotarlibyśmy do najmniejszej możliwej cząstki, czyli do „atomu” drewna. Oczywiście ludzie nie mieli wtedy żadnej możliwości sprawdzenia poprawności tej idei, ale nie wydawała się ona całkowicie pozbawiona sensu.

W starożytnej Grecji pojęcie atomu przegrało w rywalizacji z alternatywną filozofią, która opierała się na prostszym poglądzie, że materia składa się w różnych proporcjach jedynie z czterech podstawowych żywiołów: ziemi, powietrza, ognia i wody. Z tego powodu przez niemal 2000 lat atomowy obraz świata praktycznie w ogóle nie pojawiał się w rozważaniach

zachodnich filozofów. Jednak w XVI stuleciu pieczołowicie przechowane przez islamskich uczonych pojęcie atomu pojawiło się ponownie w zachodniej myśli filozoficznej. Najpierw atomy zostały zrehabilitowane w oczach Kościoła jako dzieło Boga, a potem, w XVIII stuleciu, stały się przedmiotem badań empirycznych.

Obecnie nadal uważamy je do pewnego stopnia za podstawowe składniki materii, ale całkowicie porzuciliśmy już koncepcję ich niepodzielności. Prawdę mówiąc, udało nam się niezwykle szczegółowo poznać podstawowe elementy ich wewnętrznej struktury – wiemy, że posiadają złożone, dodatnio naładowane jądro zbudowane z protonów i neutronów (które same składają się z jeszcze bardziej podstawowych cząstek – kwarków), a wokół niego krążą ujemnie naładowane elektrony, zaliczane do zupełnie innej kategorii cząstek zwanych leptonami. Nawet nasze wyobrażenie tych podstawowych składników w formie „cząstek” – drobin materii znajdujących się w określonym miejscu i poruszających się z ustaloną prędkością – okazało się nieodpowiednie i zamiast niego posługujemy się teraz nieintuicyjną ideą dziwnych kwantowych fal cząstek.

Jeżeli jednak pominiemy na chwilę tę złożoność, możemy powiedzieć, że udało nam się potwierdzić, że najmniejszymi jednostkami wszystkich substancji są atomy (lub ich ściśle określone kombinacje). Co więcej, wiemy, że historia Wszechświata i wszystkiego, co zawiera, jest zapisana w poszczególnych układach elementów tworzących atomy – leptonów i kwarków – które stanowią podstawowe elementy składowe całej zwyczajnej materii znajdującej się obecnie w kosmosie. Dzięki znajomości praw fizyki rządzących zachowaniem tych cząstek możemy odczytać tę historię zupełnie tak samo, jak dzięki znajomości praw gramatyki i składni językowej możemy odczytywać dokumenty historyczne pozostawione przez naszych przodków. Choć atomy nie ulegają wpływowi kulturowym tak jak niektórzy historycy, to jednak są podatne na innego rodzaju wpływy i musimy zachować czujność, gdy je badamy, starając się ustalić, co mogą nam powiedzieć na temat przeszłości.

Najważniejsze jednak jest to, że dzięki „atomowym historykom” możemy się cofnąć do czasów o wiele wcześniejszych niż wydarzenia przedstawiane w najstarszych zapiskach i uzyskać opis ilościowy okresu, który historycy nazywają prehistorią. Co więcej, atomy pozwalają nam poznać historię naszej planety w okresie, gdy nie było na niej jeszcze ludzi. Dzięki nim możemy ustalić, jak przebiegała chronologia zmian klimatycznych na Ziemi i jak zmieniała się jej atmosfera, zbadać początki życia, naro-

dziny Układu Słonecznego, a nawet, nieco autorefleksyjnie, historię samych atomów, która rozpoczęła się w chwili pojawienia się ich podstawowych składników w pierwszych kilku mikrosekundach po Wielkim Wybuchu.

Jak już zauważyliśmy, atomy są maleńkie. Biliony takich mikroskopijnie małych drobin mogą tańczyć walca na główce od szpilki, nie następując sobie przy tym na nogi, robią więc chyba jeszcze większe wrażenie niż aniołowie. Ich struktura wewnętrzna rzeczywiście przypomina skomplikowane figury taneczne naładowanych cząstek, a charakterystyczny rytm ich tańca pozwala rozpoznać je nawet z odległości miliardów lat świetlnych. Choć wydaje się to niezwykle, atomy, które widzimy w odległym kosmosie, są dokładnie takie same jak atomy tworzące nasze ciało.

Jak wyglądają te maleńkie kawałki niemal całkowitej pustki? No cóż, gdybym położył piłkę tenisową na zewnątrz mojej pracowni mieszczącej się na skrzyżowaniu Sto Dwudziestej Ulicy i Broadwayu na Manhattanie i przyjął, że przedstawia ona jądro atomu wodoru (najprostsze jądro, jakie może istnieć), to elektron związany z tym jądrem powinien krążyć po orbicie przecinającej Broadway na wysokości Dziewięćdziesiątej Szóstej i Sto Czterdziestej Piątej Ulicy, a więc w odległości około dwóch kilometrów. Idąc szybkim krokiem, doszlibyśmy tam mniej więcej po półgodzinie. I co ujrzelibyśmy po dotarciu na miejsce? Prawdopodobnie zupełnie nic, ponieważ, po pierwsze, elektron w tej skali byłby o wiele mniejszy od ziarenka piasku (mówiąc dokładniej, przynajmniej 100 tysięcy razy mniejszy), a po drugie, musiałby pędzić z prędkością 2170 kilometrów na sekundę – byłby rozproszoną chmurą ulotnego prawdopodobieństwa i zauważenie go byłoby praktycznie niemożliwe.

Udało nam się już jednak tak dobrze poznać atomy, że potrafimy dość precyzyjnie wpływać na ich zachowanie, a to pozwoliło na skonstruowanie wielu nowoczesnych urządzeń. Atom cezu o liczbie atomowej 55 stanowi na przykład podstawę naszego systemu pomiaru czasu, ponieważ jedną sekundę definiuje się obecnie jako okres równy dokładnie 9 192 631 770 drganiom fali światła emitowanego, gdy atom cezu przechodzi między dwoma stanami wzbudzonymi¹. Tak dokładna definicja jest niezbędna do poprawnego działania urządzeń GPS, na przykład takich, jakie montuje się w telefonach. Na pokładzie satelitów systemu GPS znajdują się zegary atomowe, które odmierzą czas z dokładnością do jednej sekundy na 32 000 lat i właśnie dzięki temu możemy szybko znaleźć drogę do najbliższej kawiarni. Prawdę mówiąc, nawet zwykłe działanie telefonu, który, jak wszystko inne, jest zbudowany z atomów, również

jest możliwe tylko dlatego, że potrafimy precyzyjnie i niezawodnie wykonywać różne operacje na atomach, i to w sposób powtarzalny. Żywność, którą zjadamy, ratujące życie lekarstwa i paliwa napędzające nasze pojazdy – wszystko to działa tylko dlatego, że potrafimy zmieniać układy atomów.

Choć atomy nie są niezniszczalne (w dalszej części książki przekonamy się, jakie są konsekwencje ich zniszczenia i przekształcenia), to jednak są niezwykle trwałe podstawowymi elementami składowymi materii, które w ziemskich warunkach mogą zachowywać swoje własności przez dowolnie długi czas. Zatem atomy tworzące nasze ciało są atomami pochodzącymi ze zjadanej przez nas żywności, wypijanej wody i wdychanego powietrza (w liczbie 50 tryliardów atomów w każdym gramie). Żywność zbudowana jest z kolei z atomów pochodzących z roślin, które znajdują się na samym dole łańcucha pokarmowego i pobierają atomy z powietrza i substancji przyswajanych za pomocą korzeni. Skład atomowy powietrza i gleby zmienia się w wyniku procesów geologicznych i biologicznych zachodzących na powierzchni planety, przy czym najnowsze tego typu zmiany wynikają ze zbiorowej działalności całego naszego gatunku. Atomy uwalniane i przetwarzane we wszystkich tych procesach trafiły na naszą planetę 4,567 miliarda lat temu z międzygwiazdowego obłoku gazu i pyłu, z którego utworzył się Układ Słoneczny. I owszem, atomy tworzące ten obłok powstały jeszcze wcześniej w procesach zachodzących w zamierzchłej przeszłości, nawet w pierwszych chwilach Wielkiego Wybuchu.

Ta książka, opisująca historię Wszechświata w ciągu 13,8 miliarda lat, jest relacją z fascynującej podróży przedstawioną w formie cyklu opowieści, w których główną rolę zawsze odgrywają atomy. Jak się przekonamy, w naszym dramacie występują dziewięćdziesiąt cztery postacie pierwszoplanowe, znane jako pierwiastki.

Dzięki niezwyklej stabilności atomów i ich indywidualnym cechom, uważny obserwator może odkryć wiele szczegółów nawet bardzo odległej historii. Możemy wykorzystać atomy do ustalenia dokładnych dat powstania różnych przedmiotów, prześledzenia historii rolnictwa i diety naszych przodków, a także ustalenia szczegółów zmian klimatycznych zachodzących w przeszłości w celu zrozumienia, co może nam przynieść przyszłość. Możemy nawet odtworzyć historię Układu Słonecznego i samego Wszechświata. W następnych rozdziałach odkryjemy fałszerstwa dzieł sztuki, ustalimy pochodzenie skradzionych posążków i ustalimy przyczynę śmierci pradawnych ludzi (dowiemy się też przy okazji, co jedli na obiad na krótko przed śmiercią). Określimy, jaka temperatura panowała na

Ziemi przed 100 tysiącami lat i powiążemy jej wartość ze składem ówczesnej atmosfery. Ustalimy wiek naszej planety i Księżyca oraz chwilę, w której powstało życie. Dzięki temu, że udało nam się doskonale zrozumieć strukturę atomów i ich różne odmiany, możemy bowiem odtworzyć historię atom po atomie.

Atomy rejestrują zdarzenia zachodzące zarówno w świecie ożywionym, jak i nieożywionym. Od szkliva nazębnego do roślin i małych skorupki planktonu, od szklanych kulek wyrzucanych przez wulkany do skał powstających głęboko pod skorupą ziemską i powie-

trza uwięzionego w pęcherzykach w arktycznym lodzie atomy są świadkami historii. Bardzo często dają świadectwo w sposób bezpośredni, ale czasami mają swoje tajemnice i musimy je odkryć, by móc w pełni zaufać temu, czego się od nich dowiadujemy. Mimo że w niektórych przypadkach interpretacja wyników badań jest nieco bardziej skomplikowana, atomy pozostaną naszymi wiernymi przewodnikami, gdy zajmiemy się badaniem dzieł sztuki i żywności, zmian klimatycznych i katastrof planetarnych, a także początków życia i narodzin Wszechświata.

Tłumaczenie Bogumił Bieniok, Ewa L. Łokas