

Andrzej Łukasik

Wydział Filozofii i Socjologii UMCS, Lublin

ATOMIZM — DZIŚ. PROBLEM AKTUALNOŚCI PROGRAMU BADAWCZEGO FILOZOFII ATOMIZMU

Atomizm jest grupą poglądów filozoficznych, których wspólna, podstawowa teza głosi, że każda rozpatrywana całość składa się z pewnych pierwotnych elementarnych składników.

W filozofii przyrody atomizm jest więc ontologią substancjalnych bytów jednostkowych, zgodnie z którą fundamentalny poziom rzeczywistości fizycznej stanowią ostateczne składniki materii – trwałe indywidua czasoprzestrzenne obdarzone pewnymi obiektywnymi i absolutnymi cechami, a istnienie i własności wszystkich układów złożonych są redukowalne do istnienia i własności elementarnych składników, ich wzajemnych relacji oraz ruchu przestrzennego.

Historia atomizmu liczy dwa i pół tysiąca lat. W tym okresie zarówno samo pojęcie atomu (*resp.* elementarnego składnika materii), jak i problemy, jakie zamierzali rozwiązać atomiści poszczególnych epok ulegały istotnym przeobrażeniom. Zmieniały się również metody poznania przyrody – od czysto spekulatywnych dociekań starożytnych Greków nad naturą bytu do wyrafinowanych metod matematycznych i laboratoryjnych technik badawczych fizyki współczesnej.

W starożytnej filozofii przyrody Leukippos i Demokryt, którzy usiłowali sformułować teorię bytu zgodną ze zjawiskami (godząc tym samym opozycyjne ontologie Heraklita i Parmenidesa) postawili tezę, że w rzeczywistości istnieją jedynie atomy (gr. *ἄτομος* – niepodzielny) i próżnia (*κενόν*), czyli byt i nie-byt. Ostateczne składniki materii pojmowali jako jakościowo nieodróżnicowane, nieprzenikliwe, niepodzielne, odwieczne, niezmiennie i niezniszczalne, różniące się jedynie kształtem i wielkością. Odwieczny ruch atomów w nieskończonej próżni, ich mechaniczne łączenie się i rozłączanie powoduje powstawanie rozmaitych układów złożonych. Pogląd ten podzielał (modyfikując w pewnych aspektach) Epikur, a następnie Lukrecjusz.

W starożytności i średniowieczu atomizm nie miał jednak wielu zwolenników. W XVII wieku odejście od wizji świata Arystotelesa i powstanie matematycznego przyrodoznawstwa sprzyjały renesansowi atomizmu. Isaac Newton twierdził, że niezniszczalne „najmniejsze cząstki wszystkich ciał [...] są rozciągnięte, i twarde, i nieprzenikliwe, i podległe ruchowi, i obdarzone bezwładnością”¹. Dyskusje na temat atomizmu sytuowały się odtąd w ramach paradygmatu mechaniki klasycznej, choć miały one jeszcze charakter bardziej filozoficzny niż naukowy, a w sporach o realność atomów (i próżni) odwoływano się również do argumentów teologicznych.

¹ I. Newton, *Mathematical principles of natural philosophy*, transl. by A. Motte, [w:] R.M. Hutchins (ed.), *Great books of the Western world*, t. 34, *Mathematical principles of natural philosophy; Optics, by sir Isaac Newton. Treatise on light, by Christian Huygens*, Encyclopaedia Britannica Inc., Chicago – London – Toronto 1952, s. 270.

Status teorii *par excellence* empirycznej uzyskał atomizm dopiero dzięki pracom Johna Daltona (prawo stosunków wielokrotnych — 1805, *New System of Chemical Philosophy* — 1808) w dziedzinie chemii. Do fizyki zaś wprowadzony został w połowie XIX wieku jako kinetyczno-molekularna teoria materii (James Clerk Maxwell, Ludwig Boltzmann).

Wiek XX nazywany jest słusznie wiekiem atomu. Rozwój fizyki przyniósł tak spektakularne potwierdzenie tezy o atomowej strukturze materii – od bomby atomowej po możliwość manipulowania pojedynczymi atomami – że w istnienie atomów i cząstek elementarnych trudno dziś wątpić. W tym sensie redukcjonistyczny paradygmat badawczy atomizmu okazał się niezwykle owocny i bliższy nauce współczesnej niż jakikolwiek inny system filozofii przyrody.

Oczywiście wiadomo, że obiekty, które nazwano niegdyś „atomami” nie są elementarnymi składnikami materii, lecz są układami złożonymi, czyli systemami. Jeszcze pod koniec XIX wieku odkryto elektrony, później protony, neutrony, setki innych cząstek elementarnych, wreszcie kwarki. Różnica między etymologiczną a realną treścią nazwy „atom” prowadzi więc do przypuszczenia, że według pojęć fizyki współczesnej ewentualnymi atomami w sensie filozoficznym, czyli podstawowymi składnikami wszystkich obiektów fizycznych, są cząstki elementarne – leptony i kwarki. Zagadnienie elementarności nie sprowadza się jednak wyłącznie do przesunięcia problemu istnienia podstawowych składników materii o jeden szczebel w dół w hierarchii struktury materii. Okazuje się bowiem, że wbrew programowi filozofii atomizmu, na najgłębszej osiągalnej dla fizyki współczesnej warstwie rzeczywistości fizycznej natrafiamy na obiekty, których własności i dynamika nie mieszczą się już w programie badawczym filozofii atomizmu.

Pomijając już fakt, że charakterystykę elementarnych składników materii w mechanistycznych kategoriach nieprzenikliwości, kształtu, wielkości i ciężaru zastąpiono znacznie bardziej abstrakcyjnymi pojęciami fizyki teoretycznej, to – wbrew podstawowym założeniom filozofii atomizmu – na poziomie cząstek elementarnych nie znajdujemy absolutnie niezmiennych, trwałych, substancjalnych elementów.

1. Cząstki elementarne nie są odwieczne

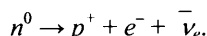
Zgodnie z przyjętymi współcześnie poglądami kosmologicznymi, wszechświat nie jest wieczny, lecz miał początek w czasie — około 13,7 miliarda lat temu powstał w gorącym Wielkim Wybuchu. We wczesnym etapie ewolucji, zwanym erą Plancka ($t_p = \sqrt{\hbar G/c^5} \approx 5,4 \times 10^{-44} s$, $l_p = \sqrt{\hbar G/c^3} \approx 1,6 \times 10^{-35} m$, $\rho_p = c^3/\hbar G^2 \approx 5,2 \times 10^{96} kg/m^3$) panowały tak ekstremalne warunki fizyczne, że materia w znanej nam postaci (tzn. ani atomy, ani nawet cząstki elementarne) nie mogła wówczas istnieć.

Elementarne składniki materii nie są zatem odwieczne, co jest niezgodne z podstawowymi założeniami atomizmu².

² Odwieczność była podstawową cechą atomów dla starożytnych Greków. Niektórzy atomiści jednak, jak na przykład Newton, łączyli atomizm z kreacjonizmem. Newton sądził, że atomy nie są odwieczne, lecz że zostały stworzone przez Boga. Pisał: „wydaje mi się prawdopodobne, że na początku Bóg uformował materię w postaci stałych, masywnych, twardych, nieprzenikliwych, ruchomych cząsteczek [...]; te pierwotne cząstki, będące ciałami stałymi, są nieporównywalnie twardsze od jakichkolwiek porowatych ciał z nich zbudowanych; są one tak twarde, że nigdy się nie zużyją ani nie rozpadną na kawałki; żadna zwyczajna siła nie zdoła podzielić tego, co Bóg uczynił

2. Cząstki elementarne nie są absolutnie trwałe

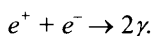
Spośród setek znanych cząstek elementarnych tylko proton³, elektron, pozyton, foton i neutrina są trwałe. Większość cząstek elementarnych to obiekty nietrwałe, które spontanicznie rozpadają się na inne cząstki, również określane jako elementarne. Na przykład neutron w jądrze atomowym zachowuje się jak cząstka trwała, ale neutron swobodny rozpada się (po około 15 minutach) na proton, elektron i antyneutrino elektronowe:



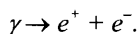
Rozpad cząstki elementarnej na kilka innych nie znaczy jednak, że cząstki te są jej składnikami w takim sensie, jak elektrony, protony i neutrony są składnikami atomów: procesy te polegają raczej na przekształcaniu się jednych cząstek elementarnych w inne cząstki, które są równie elementarne i dlatego lepiej jest mówić o wzajemnych transformacjach cząstek. Pogląd ten jest niezgodny z założeniem klasycznego atomizmu, według którego żaden atom (*resp.* cząstka elementarna) nie może się przekształcić w żaden inny.

3. Cząstki elementarne nie są niezniszczalne

W teorii cząstek elementarnych przyjmuje się, że dla każdego rodzaju cząstek materii istnieją odpowiednie antycząstki. W rezultacie zderzenia cząstki z antycząstką następuje ich anihilacja. Na przykład w rezultacie zderzenia elektronu pozytonem cząstki te przestają istnieć, a powstają fotony promieniowania elektromagnetycznego:



W pewnych warunkach możliwy jest również proces odwrotny do anihilacji, zwany krecją par – wysokoenergetyczny foton może wyprodukować parę cząstka-antycząstka (np. elektron i pozyton):



Zatem nawet te cząstki elementarne, które są trwałe w tym sensie, że nie rozpadają się spontanicznie na inne cząstki nie są absolutnie trwałe, co zakładano zwykle w filozoficznym pojęciu elementarnego składnika materii. Procesy krecji par podważają właściwe dla klasycznego atomizmu przekonanie, że elementarne składniki materii nie mogą powstawać

całością w pierwszym akcie stworzenia”, I. Newton, *Optics*, [w:] R. M. Hutchins (ed.), *Great books of the Western world*, t. 34, *Mathematical principles of natural philosophy; Optics, by sir Isaac Newton. Treatise on light, by Christian Huygens*, Encyclopaedia Britannica Inc., Chicago — London — Toronto 1952, s. 541.

³ Niektóre współczesne teorie przewidują rozpad swobodnego protonu, przy czym jego czas życia szacowany jest na co najmniej 10^{32} lat, co o wiele rzędów wielkości przekracza czas istnienia Wszechświata.

ani ginąć. Podstawowym założeniem filozofii atomizmu było to, że schodząc w głąb struktury materii, dochodzimy do składników coraz trudniejszych do rozbicia i coraz trwalszych – aż do składników absolutnie trwałych. Fizyka cząstek elementarnych prowadzi jednak raczej do przeciwnego wniosku: podstawową cechą elementarnych składników materii jest ich dynamiczny charakter, a nie absolutna niezmienność.

4. Cząstki elementarne nie są dobrze zlokalizowane czasoprzestrzennie

Zgodnie z zasadą nieoznaczoności Heisenberga⁴ dla pędu i położenia iloczyn nieoznaczoności składowej pędu cząstki elementarnej i odpowiadającej jej składowej położenia jest nie mniejszy niż wielkość rzędu stałej Plancka:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2},$$

gdzie Δx jest nieoznaczonością x -owej składowej współrzędnej cząstki elementarnej, Δp_x —nieoznaczonością x -owej składowej pędu⁵.

Interpretacja, zgodnie z którą nieoznaczoność jest wyłącznie rezultatem zaburzenia układu podczas pomiaru, jest z wielu względów nie do utrzymania. Jeżeli zinterpretujemy zasadę nieoznaczoności ontologicznie, to można stwierdzić, że cząstce kwantowej nie przysługują jednocześnie ściśle określone wartości pędu i położenia, zatem nie możemy jej przypisać ciągłej trajektorii w czasoprzestrzeni. Ruch cząstek kwantowych nie podlega więc deterministycznym prawidłowościom; zgodnie ze statystyczną interpretacją fizycznego znaczenia wektora stanu Ψ podaną przez Maxa Borna (1926) wielkość $|\Psi(x, y, z, t)|^2 dx dy dz$ jest proporcjonalna do prawdopodobieństwa tego, że w rezultacie przeprowadzonego pomiaru znajdziemy cząstkę w chwili t w elemencie objętości $dx dy dz$. Przed przeprowadzeniem pomiaru cząstka kwantowa nie zajmuje ściśle określonego położenia w przestrzeni.

5. Zgodnie z kwantową teorią pola, każda cząstka kwantowa otoczona jest chmurą cząstek wirtualnych i nie istnieje bez swego wirtualnego otoczenia. Wynika to z zasady nieoznaczoności dla energii i czasu:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2},$$

gdzie ΔE jest nieoznaczonością energii, Δt – nieoznaczonością czasu.

Mechanizmy kreacji i absorpcji cząstek wirtualnych sprawiają, że w określonym sensie cząstka elementarna „składa się” z tejsze cząstki i swego wirtualnego otoczenia. Na przykład elektron może wyemitować wirtualny foton, z którego następnie powstaje para elektron-pozyton, para ta anihiluje w foton, który pochłonięty zostaje przez elektron. „Możemy więc

⁴ Por. W. Heisenberg, *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, „Zeitschrift für Physik” 1927, vol. 43, s. 172–198.

⁵ Nieoznaczoność Δx i Δp_x oznacza tu pierwiastek ze średniego kwadratu odchylenia od wartości średniej, gdzie wartość średnia rozumiana jest jako wartość oczekiwana.

powiedzieć, że fizyczny elektron składa się z prawdopodobieństwem (na jednostkę czasu) bliskim jedności z jednego elektronu bez struktury, z prawdopodobieństwem rzędu $(1/137)^2$ z pozbawionych struktury elektronu i fotonu oraz z prawdopodobieństwem rzędu $(1/137)^4$ z elektronu i pary elektron-pozyton itd.”⁶.

Jest to daleka od poglądowych koncepcji klasycznego atomizmu odpowiedź na pytanie o to, z czego „składa się” cząstka elementarna.

6. Cząstki elementarne w ramach danego gatunku, których własności są standaryzowane – są nierozróżnialne.

Zgodnie z mechaniką kwantową wszystkie cząstki elementarne danego gatunku nie różnią się od siebie żadną wewnętrzną cechą. Fizycy stosują tu termin „cząstki identyczne”. Podstawowa różnica między pojęciem cząstki klasycznej a pojęciem cząstki kwantowej polega na tym, że cząstki identyczne są w mechanice klasycznej rozróżnialne, natomiast w mechanice kwantowej są one nierozróżnialne.

Według klasycznej mechaniki statystycznej, jeżeli w jakimś układzie jest pewna liczba cząstek określonego gatunku, znajdujących się w różnych stanach, to nawet jeżeli cząstki te są standaryzowane w ramach gatunku, to ich permutacja, czyli wymiana stanów między dwoma cząstkami, daje w rezultacie nowy stan, różniący się od poprzedniego. Cząstki klasyczne podlegają statystyce Maxwella-Boltzmana. Dla n cząstek i m dostępnych dla nich stanów liczba możliwych układów wyraża się wzorem:

$$N_{M-B}(n, m) = m^n.$$

Jeżeli mamy dwie cząstki klasyczne, i każda z nich może znajdować się w dwóch stanach, to zgodnie ze statystyką Maxwella-Boltzmana możliwe są $N_{M-B}(2, 2) = 2^2 = 4$ stany.

Statystyki kwantowe różnią się jednak zasadniczo od statystyki klasycznej Maxwella-Boltzmana. Z zasady nierozróżnialności wynikają pewne ograniczenia na obserwowalne stany cząstek w układzie złożonym z cząstek identycznych.

Bose i Einstein wykazali, że w celu otrzymania rezultatów teoretycznych zgodnych z wynikami eksperymentów należy założyć, że dla bozonów, dla n cząstek i m stanów otrzymujemy:

$$N_{B-E}(n, m) = \binom{n+m-1}{n}$$

możliwych układów. Jeśli $n = 2$ i $m = 2$, to otrzymujemy jedynie trzy możliwości.

Dla fermionów, które podlegają zakazowi Pauliego, w układzie złożonym z wielu takich samych cząstek tylko jedna cząstka może znajdować się w danym stanie kwantowym. Wówczas otrzymujemy statystykę Fermiego-Diraca. Dla n cząstek i m stanów jest

$$N_{F-D}(n, m) = \binom{n}{m}$$

⁶ M. Świącicki, *Struktura cząstek elementarnych*, [w:] *Encyklopedia fizyki współczesnej*, PWN, Warszawa 1983, s. 98. W elektrodynamice kwantowej prawdopodobieństwo emisji cząstki wirtualnej jest proporcjonalne do stałej struktury subtelnej ($\alpha_{el} \approx 1/137$).

możliwych układów. W odniesieniu do układu dwóch cząstek i dwóch dostępnych dla każdej z nich stanów oznacza to, że możliwy jest tylko jeden sposób obsadzenia dwóch stanów przez te cząstki – każda cząstka znajduje się w innym stanie.

Przykładem może być pierwsza „orbita” w atomie, na której mogą znajdować się co najwyżej dwa elektrony: wiadomo, że muszą one mieć skierowane przeciwnie spiny, ale „nie istnieje eksperymentalna metoda, pozwalająca stwierdzić, że ten elektron ma spin w górę, a tamten ma spin w dół”⁷.

7. Cząstki kwantowe nie są niezależnie od siebie istniejącymi obiektami nawet wówczas, gdy są odseparowane przestrzennie.

Wniosek ten wynika z eksperymentu (początkowo jedynie myślowego) Einsteina, Podolskiego i Rosena⁸ (EPR), a ściślej – z empirycznej falsyfikacji nierówności Bella w doświadczeniach Aspecta.

Einstein twierdził, że teorie fizyczne muszą się wiązać z założeniem, że poszczególne rzeczy istnieją całkowicie niezależnie od siebie o ile „leżą w różnych częściach przestrzeni”⁹. W pracy EPR rozważa się układ dwóch cząstek, które uprzednio oddziaływały ze sobą – a zatem są opisane przez wspólną funkcję falową Ψ , następnie oddaliły się od siebie na znaczną odległość – i pokazuje się, że wykonując pomiar na układzie I, można przewidzieć w sposób pewny stan przestrzennie oddalonego układu II bez jego zakłócania, nawet wówczas, gdy mierzy się wielkości wchodzące w relacje nieoznaczoności, a zatem należy uznać, że wielkości te są realne (co miało dowodzić niekompletności mechaniki kwantowej), chyba że przyjmemy, iż stan układu II zależy od procesu pomiaru przeprowadzonego na układzie I, co w żaden sposób nie zakłóca stanu układu II. „Nie można oczekiwać – twierdzi jednak Einstein – by jakkolwiek rozsądna definicja rzeczywistości na to pozwalała”¹⁰.

W 1964 roku John Stewart Bell sformułował pewną nierówność, która powinna być spełniona, gdyby słuszny był wniosek Einsteina, że kwantowomechaniczny opis za pomocą funkcji Ψ nie jest opisem kompletnym¹¹. Doświadczenia przeprowadzone w 1982 roku przez zespół Alaina Aspecta¹² potwierdzają jednak korelacje przewidywane przez mechanikę kwantową, fałszyfikują natomiast nierówność Bella. Eksperymenty Aspecta prowadzą do wniosku, że cząstki, które kiedyś oddziaływały ze sobą, pozostają w jakiś sposób częściami jednego systemu nawet wówczas, gdy obecnie dzieli je znaczna odległość przestrzenna i

⁷ M. Redhead, P. Teller, *Particles, particle labels, and quanta. The toll of unacknowledged metaphysics*, „Foundation of Physics” 1991, v. 21, nr 1, s. 204.

⁸ Por. A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, *Can quantum-mechanical description of physical reality by considered complete?*, „Physical Review” 1935, vol. 47, s. 777–780; tłum. polskie: *Czy opis kwantowomechaniczny rzeczywistości fizycznej można uznać za zupełny?*, [w:] S. Butryn (red.), *Albert Einstein. Pisma filozoficzne*, tłum. K. Napiórkowski, Wydawnictwo IFIS PAN, Warszawa 1999, s. 117–123.

⁹ A. Einstein, *Mechanika kwantowa a rzeczywistość*, [w:] S. Butryn (red.), *Albert Einstein...*, s. 163.

¹⁰ A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, *Czy opis kwantowomechaniczny...*, s. 122.

¹¹ Por. J. S. Bell, *On the Einstein Podolsky Rosen paradox*, „Physics” 1964, t. 1, s. 195–200, [w:] http://www.drchinese.com/David/Bell_Compact.pdf.

¹² Por. A. Aspect, J. Dalibard, G. Roger, *Experimental test of Bell's inequalities using time varying analyzers*, „Physical Review Letters” 1982, v. 49, nr 25, s. 1804–1807.

wobec tego trudno traktować je jako całkowicie od siebie niezależne realności fizyczne. Nielokalność (*non-separability*) mechaniki kwantowej ukazuje holistyczne aspekty tej teorii, które są zdecydowanie niezgodne z podstawowymi założeniami atomizmu.

8. Dualizm korpuskularno-falowy

Einstein, formułując teorię zjawiska fotoelektrycznego (1905)¹³, założył, że promieniowanie elektromagnetyczne jest strumieniem cząstek, które później nazwano fotonami, których energia jest proporcjonalna do częstości fali:

$$E = hv$$

a ich pęd p związany jest z długością fali λ wzorem:

$$p = h/\lambda = hv/c$$

Louis Victor de Broglie wprowadził koncepcję fal materii (1924), zgodnie z którą z każdą cząstką o pędzie p stowarzyszona jest fala materii o długości

$$\lambda = h/p,$$

gdzie h jest stałą Plancka¹⁴.

Odtąd w mechanice kwantowej używa się zarówno korpuskularnego, jak i falowego opisu zjawisk w kombinacji, jaka nie występuje w mechanice klasycznej¹⁵. Podsumowując rozważania na temat interferencji elektronów na dwóch szczelinach, Richard P. Feynman pisze, że „elektrony docierają do detektorów w całości, tak jak pociski, ale prawdopodobieństwo rejestracji elektronów jest określone takim wzorem jak natężenie fali. W tym sensie elektron zachowuje się jednocześnie jak cząstka i jak fala”¹⁶.

¹³ Por. A. Einstein, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, „Annalen der Physik” 1905, Series 4, v. 17, s. 132–148.

¹⁴ W pracy doktorskiej *Badania z teorii kwantów (Recherches sur la théorie des quanta)* obronionej na Sorbonie w 1924 roku (por. *Radiation — waves and quanta*, Note of Louis de Broglie, presented by Jean Perrin, „Comptes rendus” 1923, v. 177, s. 507–510, trans. by B. & B. Lane, [w:] <http://www.davis-inc.com/physics/broglie/broglie.shtml>; L. de Broglie, *The wave nature of the electron*, [w:] *Nobel lectures...*, *Physics 1922–1941*, s. 244–259).

¹⁵ Por. N. Bohr, *On the notions of causality and complementarity*, „Dialectica” 1948, v. 2, s. 313.

¹⁶ R. P. Feynman, *Charakter praw fizycznych*, tłum P. Amsterdamski, Prószyński i S-ka, Warszawa 2000, s. 147. W 1999 roku zaobserwowano interferencję dla cząsteczek fulerenów, złożonych z 60 albo 70 atomów węgla, czyli, biorąc pod uwagę, że same atomy węgla są systemami złożonymi, dla bardzo skomplikowanych układów (por. np. A. Zeilinger, *Why the quantum? „It” from „bit”? A participatory universe? The far-reaching challenges from John Archibald Wheeler and their relation to experiment*, [w:] J. D. Barrow, P. C. Davies, Ch. L. Harper, Jr, *Science and ultimate reality. Quantum theory, cosmology, and complexity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004, s. 211–213).

Treścią klasycznego pojęcia cząstki jest jednak to, że jest to obiekt zlokalizowany w małym obszarze czasoprzestrzeni, a dwie cząstki nie mogą równocześnie zajmować tego samego miejsca w przestrzeni. W pojęciu fali zawiera się natomiast to, że fale są obiektami rozciągłymi, nie można ich zlokalizować w dowolnie małym obszarze czasoprzestrzeni, a ponadto dwie fale mogą równocześnie znajdować się w tym samym obszarze czasoprzestrzeni (interferencja).

Dualizm korpuskularno-falowy jest zjawiskiem dobrze potwierdzonym empirycznie. Z filozoficznego punktu widzenia jest jednak jedną z głównych przyczyn tego stanu rzeczy, że brak jednolitego poglądu na naturę elementarnych składników materii oraz źródłem ciągłych dyskusji na temat interpretacji mechaniki kwantowej, choć teoria liczy już 80 lat i odnosi sukcesy.

9. Teza o dyskretnej naturze materii z pewnością łączy dawniejsze teorie atomistyczne z teoriami fizyki współczesnej. Jeżeli jednak — w ramach kwantowej teorii pola — cząstki traktowane są jako kwanty odpowiednich pól, to pogląd ten podważa sens dualizmu: dyskretna, zindywidualizowana i zlokalizowana czasoprzestrzennie cząstka — ciągłe i niezindywidualizowane pole. Procesy kreacji i anihilacji par cząstka—antycząstka, zachodzące nieustannie w kwantowej próżni, zacierają ponadto właściwy atomizmowi klasycznemu dualizm pustej przestrzeni i materii, przez co na dobrą sprawę znika ostatni element łączący klasyczny atomizm z pojęciem elementarnych składników materii według fizyki współczesnej.

10. Być może wskazane trudności pojęciowe atomizmu stanowią jedynie etap przejściowy i zostaną przezwyciężone – na przykład dzięki sformułowaniu kwantowej teorii grawitacji. Dziś jednak świadczą one raczej na rzecz tezy, że redukcjonistyczny program filozofii atomizmu osiągnął kres użyteczności. Rezultaty fizyki współczesnej nie dają już podstaw do twierdzenia, że poziom elementarnych składników materii jest poziomem wyróżnionym bytowo, to znaczy, że jest poziomem obiektów najbardziej podstawowych, a układy z nich złożone byłyby tworamii przejściowymi i w jakiejś mierze mniej realnymi. Pewien paradoks atomizmu polega na tym, że rozwój fizyki atomowej w XX wieku potwierdził pierwotnie czysto filozoficzną tezę o atomistycznej budowie materii, podważył natomiast jej podstawowe filozoficzne założenia.