

Metamorfozy

Dr Marek KORDOS, doc. dr Michał ŚWIĘCKI

Jest oczywiste, że nauka badając otaczającą nas rzeczywistość w istocie nie zajmuje się jej (tj. rzeczywistości) fragmentami, a raczej tylko wybranymi aspektami owych fragmentów. I tak geometria mówi o prostych, kątach itp. wyabstrahowując je z realnie istniejących obiektów, biolog np. o gatunkach (choć przecież niczego takiego realnie nie ma), historyk o formacjach ustrojowych itd.

A fizyk?

Niżej pragniemy przedstawić pewną zmianę zainteresowań fizyków, jaka zaszła w ciągu ostatnich czterech stuleci. Dla zwrócenia uwagi zajmiemy się jednym tylko z dwóch głównych dla fizyki problemów ontologicznych – obiektami fizycznymi, pozostawiając na boku zagadnienie oddziaływań między obiektami.

Ciało fizyczne

Za ciało fizyczne uważa się konkretny przedmiot całkowicie scharakteryzowany przez tzw. wielkości fizyczne jak masa, ładunek elektryczny, pęd, temperatura, kształt. Warto zwrócić uwagę, że jest to obiekt abstrakcyjny, choć długo żądano, by istniał obiekt realny, nośnik owego obiektu abstrakcyjnego. Ciało fizyczne ma własność identyfikacji, co może właściwie dziwić, gdyż wszystkie dotyczące go wielkości mogą w trakcie rozumowania (nośnik-eksperyment) ulegać zmianie. Ciało może więc tracić masę, powiększać ładunek, zmieniać pęd, temperaturę, kształt itd. nie stając się przez to innym ciałem.

Własność identyfikacji doprowadziła szybko do stworzenia wyidealizowanych ciał fizycznych, mianowicie punktów materialnych. Znikła konieczność szukania nośników, a powstał nowy problem: jak „klasyczne” ciała fizyczne zastępować punktami materialnymi bądź ich (skończonymi) układami.

Pojawiły się rozmaite spostrzeżenia wskazujące, że tylko pewne wybrane punkty „klasycznych” ciał fizycznych są istotne dla przebiegu ustalonego zjawiska. I tak np. dla rozstrzygnięcia pytania o ruch planety wokół Słońca istotny jest tylko środek masy planety (i Słońca zresztą też). Warto przy tym zwrócić uwagę, że tu idealizacja jest dość naturalna „na oko”, bo, biorąc pod uwagę rozmiary rozpatrywanych obiektów, planeta i Słońce są lepszymi w tym przypadku przybliżeniami punktu, niż kropka kończąca to zdanie. W przypadku innych zjawisk mechanizm zastępowania może być bardziej złożony, choć idea pozostaje ta sama.

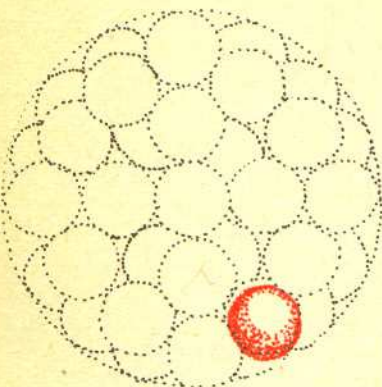
Za kryterium poprawności takiego postępowania uznano bardzo naturalny warunek: jeżeli zastąpimy ciało układem punktów materialnych, rozwiążemy postawiony problem dla owych punktów, następnie złożymy z powrotem wyjściowe ciało, to powinniśmy otrzymać prawidłowe rozwiązanie. Ustalone sposoby zastępowania, sprawdzone na dostatecznie wielu znanych obiektach, uznano za ogólnie poprawne, co jest zwykłym sposobem formułowania praw przyrody.

Uprawianie teorii zachowania się ciał fizycznych (mechaniki) doprowadziło do uznania początkowo niewinnych, a w konsekwencji (dla niektórych) wręcz oburzających własności świata. Zauważono mianowicie, że dysponujemy (w myśl naszych założeń) możliwością jednoznacznego przewidywania wyników eksperymentu (stad popularne zadania z fizyki w szkole). Fakt ten doprecyzowano ustalając, że warunki początkowe jakiegoś procesu fizycznego wyznaczają go jednoznacznie. No, a wobec tego nasz Wszechświat okazał się kompletnie zdeterminowany, przynajmniej w swej części materialnej, co szczególnie materialistów musiało przyprawić o „gęsią skórę”, bo jeśli oni i ich poglądy to też owo jednoznaczne rozwiązanie.... I tylko zakochani nie uważali się za zdeterminowanych, bo o fizyce nie myśleli.

A ci, co o fizyce myśleli, nie przejmując się faktem zdeterminowania ustalali owego zdeterminowania szczegóły. I tak powstały podstawy mechaniki Galileusza, słynne 3 zasady i prawo grawitacji Newtona, tzw. fenomenologiczna termodynamika Carnota, teoria względności Einsteina i wiele innych.

Teoria kinetyczno-molekularna

Dopóki zastępowano wielkie obiekty niewielką ilością punktów materialnych, wyżej opisana metodologia działała (i działa po dziś dzień) bez zarzutu. Gdy jednak zaczęto stosować rozkład na punkty materialne, zamiast redukcji do punktu materialnego, pojawiły się kłopoty. Prędko bowiem zaczęto (dla uzyskania dokładniejszych rezultatów) zastępować punktami materialnymi „nieskończenie małe” fragmenty ciał fizycznych, do czego zresztą zachęcał jakby (a może właśnie) w tym celu stworzony aparat analizy matematycznej. A wiadano już, że ciała fizyczne składają

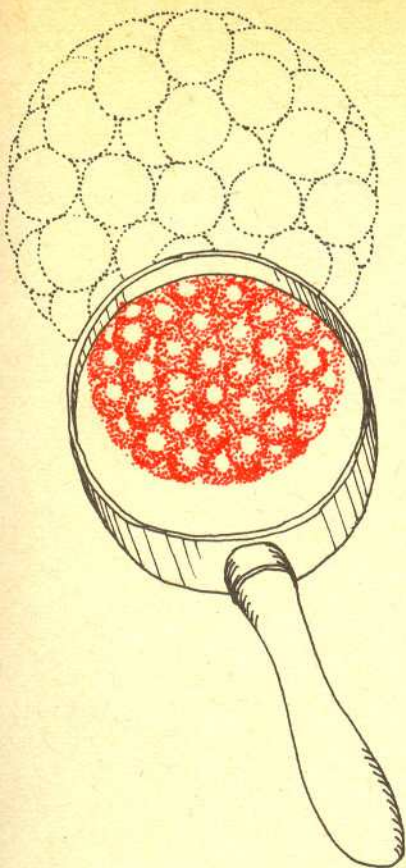


Kącik Czytelniczy

– To te ciągłe zmiany tak nam utrudniają pracę – rzekł Mouson gryząc spinacz do papieru. Przed nim na stole leżały rysunki nowych motylków do tylnej śruby. Wrzuciwszy popsuty spinacz do kosza począł bębnić palcami po stole. – Ach, te zmiany! Czy matematycy zmagają się kiedykolwiek na tyle, by zaoszczędzić nam tego klecenia i eksperymentowania?

Pięć lat metodą liczenia na palcach, kiedy można było to wszystko wyliczyć z góry! A co to kosztowało! Za tę cenę mógłbym wynająć na całe życie trzech zwycięzców konkursu matematycznego z Cambridge... Ale ci znowu potrafiliby tylko rozwijać jakieś piękne i bezużyteczne teoryjki.

*Zdobywcy przestworzy, H. G. Wells,
tłum. Iwona Sowińska*



się powinny, tak jak ich realne nośniki, z pewnych części, których dzielenie nie jest możliwe z zachowaniem identyfikacji. Ugruntowała się opinia, że ciała mają budowę cząsteczkową i zaczęto myśleć o odpowiedniej do tej opinii fizyce.

Taki np. gaz można zastąpić układem punktów materialnych najnaturalniej przyjmując, że owe punkty to cząsteczki (w sensie chemii) tego gazu. Skroplenie czy zestalenie przenosi ten naturalny model na wszelkie znane wówczas stany skupienia. Spostrzeżenie przy tym ograniczoność stosowalności wypracowanych poprzednio metod: tam my dzieliśmy czy redukowaliśmy do punktów (choćby takich bez nośników, jak środek masy układu Ziemia-Wenus), tutaj podział jest niezależny od nas. Musimy więc rozważać nie wygodną sytuację, jaką sobie sami stworzyliśmy, a zawiłą, jaką nam stworzyła Przyroda.

W tym miejscu spostrzeżono też, że nasze umiejętności poradzenia sobie z wielką ilością odrębnych obiektów, na jakie rozpadło się ciało fizyczne, są ograniczone. Opisanie wody w kubku byłoby najlepsze, gdyby opisać „po prostu” stan każdej z jej cząsteczek. Byłoby, gdyby było możliwe. I czy na pewno najlepsze? Przecież nie obchodzi nas to co „robią” cząsteczki, a to co „robi” woda.

Powstała nowa koncepcja idealizacji – przestano interesować się „szczegółami”, obiektem zainteresowania stały się wielkości średnie. I właśnie ciśnienie, temperatura zyskały taką interpretację – stały się średnimi wielkościami, wynikiem uśrednienia pewnych stanów czy oddziaływań cząsteczek. Same zaś cząsteczki pozbawiono tym samym szeregu cech właściwych ciałom z nich złożonym. Idealizacja ta okazała się zresztą niesłychanie trafna. Zaobserwowanie chaotycznego ruchu małych cząstek zawieszonych w gazie lub cieczy (ruchy Browna) stało się głównym argumentem za jej przyjęciem. Centralny dla uśredniania rozkład Maxwella-Boltzmanna wyjaśnia tzw. wszystko i daje w efekcie znane prawa termodynamiki.

Teoria kinetyczno-molekularna zastąpiła jednoznaczne rozwiązania, właściwe dla teorii ciał (czy lepiej punktów) fizycznych, determinizmem statystycznym. Nie wiemy, w myśl jej zasad, jednoznacznie co się wydarzy w jednostkowym doświadczeniu, choć wiemy, co się najprawdopodobniej zdarzy. Margines swobody dla zjawisk został utworzony, choć swoboda to ciasna, bo odpowiednie rozkłady są bardzo strome. Ewentualne wyniki eksperymentu podzieliły się teraz na możliwe i niemożliwe z określonym prawdopodobieństwem. Zniknęły rzeczy pewne, mające realne nośniki – pewne są tylko średnie, a więc przez nas samych „wyprodukowane” teoretycznie wielkości.

Warto przy tym zauważyć, że teoria ta jest bardziej „przyrodnicza” od klasycznej teorii ciał. Struktura ciała nie jest już wytworem badacza, jest mu narzucona. Badacz może tylko „od siebie” dodać taki czy inny sposób uśredniania. W ten sposób pojawiło się podejrzenie, że być może newtonowski determinizm nie jest cechą rzeczywistości, a tylko tendencją wieku XVII do dysponowania jednoznaczными rozwiązaniami.

Prasa donosi

Nie tylko w Polsce i innych krajach Europy Wschodniej mamy specjalne szkoły dla wybitnie uzdolnionych uczniów.

W czasopiśmie *Focus*, wydawanym przez Amerykańskie Towarzystwo Matematyczne (czerwiec 1981) czytamy na początku artykułu wstępnego:

W czasie, gdy raporty o radzieckiej ekspansji w zakresie matematyki szkolnej i badań naukowych zbiegają się z wiadomościami o znaczących cięciach w budżecie federalnym na wydatki na naukę, jeden stan czyni gigantyczne wysiłki, aby odzyskać pole i znów dążyć do doskonałości w kształceniu. Mieszkańcy Północnej Karoliny założyli North Carolina School of Science and Mathematics. Szkoła została założona w 1978 roku na mocy uchwały Senatu Północnej Karoliny, na wniosek gubernatora Jamesa B. Hunta, Jr. Usytuowana jest w Durham i jest szkołą ogólnostanową, stacjonarną, koedukacyjną, dającą znakomite wykształcenie uczniom ostatnich dwóch klas.

Mechanika kwantowa

Metodologia teorii kinetyczno-molekularnej okazała swą siłę nie tylko w termodynamice (łączącej się zresztą na jej gruncie w całość z mechaniką), lecz także dała się zastosować do elektrodynamiki i w ogóle połączyła w metodologiczną całość wszelkie gałęzie fizyki. Nic przeto dziwnego, że odkryte pod koniec XIX wieku nowe zjawiska (np. rozpad promieniotwórczy) bez wahania zaczęto opisywać zgodnie ze strukturą tej teorii. Odkrycie doświadczalne cząstek w zjawiskach rozpadu atomowego, oraz skwantowania w zjawiskach emisji światła (Balmer i widmo wodoru) kazało i nowej fizyce założyć, że to, co obserwujemy, to statystyczne efekty pochodzące od „ziarnistej” w najdrobniejszych nawet szczegółach rzeczywistości.

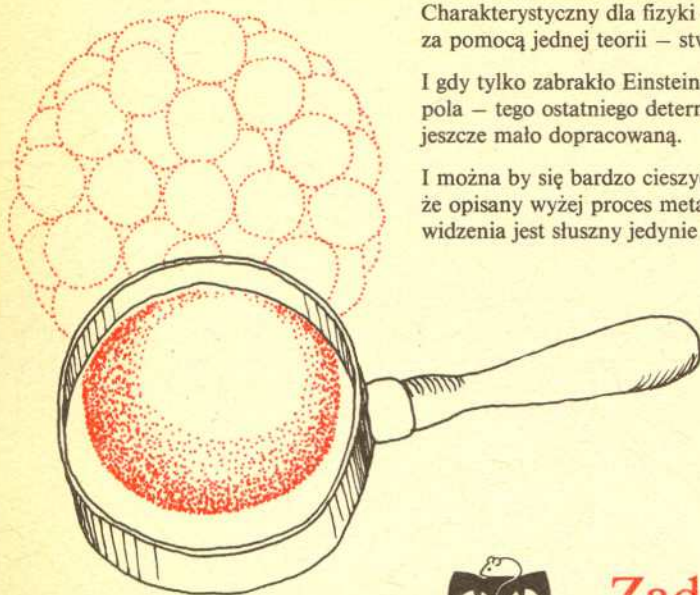
Tyle, że owe „ziarna” nie dawały się już zapożyczyć od żadnej innej dyscypliny. Były od swego zaistnienia wytworem fizyków i jako takie mogły być przez nich wyposażane w dowolne w gruncie rzeczy cechy. Musiały zatem zostać ukształtowane tak, by do całości teorii jak najlepiej przystawały. I wobec tego błyskawicznie odziedziczyły statystyczny charakter swojej nadstruktury. Bo istotnie, jeśli badamy jedynie statystyczne efekty, to czemu zabraniać statystycznego charakteru owym ziarnom efekty produkującym?

Model atomu Bohra nie zawiera zatem niczego, co mogłoby kazać elektronom skorzystać z tego, a nie innego przejścia między poziomami energetycznymi czyniąc z owych przejść losową grę.

W ten sposób uzyskano najbardziej jednorodną i konsekwentną teorię fizyki – mechanikę kwantową. Teorię statystycznych zachowań statystycznie określonych ziaren realnego świata – cząstek elementarnych.

Wyzybyto się zatem resztek determinizmu. I w mechanice kwantowej i w teorii kinetyczno-molekularnej nie ma efektów pewnych – są tylko mniej lub bardziej prawdopodobne. Są oczywiście i kategoryczne zakazy (zachowanie pędu, energii, ładunku choćby). Tyle że w mechanice kwantowej nie występuje już „podskórny” determinizm, jaki wykazywały „kinetyczno-molekularne” cząsteczki. Teraz wszelkie wielkości i na każdym poziomie są statystyczne. Pozorny determinizm zjawisk makroskopowych bierze się wyłącznie z ostrych stromizn rozkładów odnośnych prawdopodobieństw.

$$\frac{\pi\sqrt{2}}{6} = 0,74.$$



No, a co z pominiętymi na wstępie oddziaływaniami? Już w XIX wieku uważano za konkurencyjną gałąź fizyki połową teorię oddziaływań. Zajmowano się więc przestrzenią mającą zdolność oddziaływania i dawało to niezłe efekty choćby w elektrodynamice klasycznej. W tym kierunku też szły prace nad ogólną teorią względności. Próbowano wreszcie (Einstein) stworzyć na gruncie teorii pola alternatywny opis tzw. nowej fizyki.

Charakterystyczny dla fizyki naszego stulecia uniwersalizm – dążność do opisu wszelkich zjawisk za pomocą jednej teorii – stworzył tu sytuację wręcz konfliktową: musiało się okazać kto ma rację.

I gdy tylko zabrakło Einsteina, szala została przeważona. Kwantowa teoria pola uczyniła i z pola – tego ostatniego deterministycznego obiektu – strukturę całkowicie statystyczną, choć jeszcze mało dopracowaną.

I można by się bardzo cieszyć z niezwyklej jednorodności fizycznego obrazu świata, gdyby nie lęk, że opisany wyżej proces metamorfoz metodologicznych zawężający opis zjawisk do jednego punktu widzenia jest słuszny jedynie przy założeniu, iż punkt ów został wybrany właściwie.



Zadania

Redaguje mgr Krzysztof S. NOWIŃSKI

M 322. Znaleźć najmniejszą liczbę naturalną podzielną przez 17 i taką, że wszystkie liczby powstające przez cykliczne przestawienie jej cyfr są podzielne przez 17.

Przez cykliczne przestawianie cyfr rozumiemy zamianę taką jak 12345-51234-45123 itd.

Rozwiązanie na str. 10.

M 323. Wykazać, że przy każdym naturalnym n liczba $(3-2\sqrt{2})^n + (3+2\sqrt{2})^n$ jest całkowita i niepodzielna przez 5.

Wskazówka. Zauważyć, że liczby $x_1 = 3-2\sqrt{2}$ i $x_2 = 3+2\sqrt{2}$ są pierwiastkami równania

$x^2 - 6x + 1$ i wyprowadzić wzór rekurencyjny na $a_n = x_1^n + x_2^n$.

Rozwiązanie na str. 11.

M 324. Wykazać, że jeżeli $A_1 A_2 A_3 \dots A_{2n}$ jest $2n$ -kątem wypukłym wpisanym w okrąg o środku O i promieniu 1, to wektor $w = (\vec{OA}_1 + \vec{OA}_3 + \dots + \vec{OA}_{2n-1}) - (\vec{OA}_2 + \vec{OA}_4 + \dots + \vec{OA}_{2n})$ ma długość nie większą niż 2.

Rozwiązanie na str. 8.

Redaguje mgr Tomasz Tratkiewicz

F 128. Do wody wstawiono pionowo dwie rurki kapilarne.

W jednej z nich ciecz wzniosła się na wysokość h , w drugiej na H ($H > h$).

Jaką wysokość osiągnie menisk w rurce węższej, po wetknięciu jej do wnętrza szerszej?

Rozwiązanie na str. 12.

F 129. W pomieszczeniu opróżnionym z powietrza znajduje się naczynie z cieczą i rurką kapilarną (patrz rysunek). Układ utrzymywany jest w stałej temperaturze. Nad powierzchniami cieczy w naczyniu i kapilarze znajduje się para nasycona, której prężność wyznaczona jest przez temperaturę układu. Jednakże ciśnienie panujące w pomieszczeniu na wysokości h jest mniejsze od prężności pary nad powierzchnią cieczy w naczyniu o $\rho_p gh$, gdzie ρ_p – średnia gęstość pary. Pod wpływem różnicy ciśnień odbywać się musi przepływ pary, czemu towarzyszy parowanie cieczy w rurce włoskowatej i skraplanie pary w naczyniu (czyli występuje również ciągły przepływ cieczy). Przepływy te w idealnym przypadku mogą być źródłem pracy mechanicznej. Czyżby *perpetuum mobile*?

Rozwiązanie na str. 9.

