



Matematyka stałej struktury subtelnej¹

Andrzej Staruszkiewicz

Instytut Fizyki UJ

Stała struktury subtelnej to bezwymiarowa kombinacja trzech podstawowych stałych przyrody: stałej Plancka, prędkości światła i ładunku elektronu; jeżeli stałą Plancka pomnożymy przez prędkość światła i podzielimy przez kwadrat ładunku elektronu, to otrzymamy liczbę bezwymiarową równą wg najnowszych danych [1] 137,0359... Na liczbę tę natknął się po raz pierwszy Arnold Sommerfeld w swojej quasiklasycznej, ale relatywistycznej teorii atomu wodoru z 1916 roku. Sommerfeld miał pewną skłonność do pitagorejsko-platońskiego mistycyzmu w stylu Keplera; od razu uznał, że liczba ta musi mieć jakąś treść matematyczną. Znaczy to mniej więcej tyle, że musi istnieć rozumowanie matematyczne, odwołujące się do podstawowych zasad mechaniki kwantowej, teorii względności i elektrodynamiki, które wyznacza podaną wyżej wartość stałej struktury subtelnej jako jedynie możliwą. Sommerfeld przekazał tę ideę swoim dwóm wielkim uczniom, Heisenbergowi i Pauliemu. Obaj przez całe życie zastanawiali się nad pochodzeniem numerycznej wartości stałej struktury subtelnej. W przypadku Pauliego można by mówić wręcz o obsesji na temat stałej struktury subtelnej. Świadczy o tym wiele jego bezpośrednich wypowiedzi [2], a także następujące zdarzenie, które Charles Enz, ostatni asystent Pauliego, zrelacjonował, w przedmowie do amerykańskiego wydania *Elektrodynamiki* Pauliego [3]: „Dla Pauliego centralnym problemem elektrodynamiki było pojęcie pola i istnienie ładunku elementarnego dającego się wyrazić przez stałą struktury subtelnej równą $1/137$. Ta podstawowa liczba niezwykle fascynowała Pauliego, jak widać ze spisu odnośników do tej książki. Dla Pauliego wyjaśnienie liczby 137 było sprawdzianem poprawności teorii pola, sprawdzianem, którego żadna teoria dotychczas nie przeszła z powodzeniem. Liczba 137 stała się magicznym symbolem w momencie śmierci Pauliego. Gdy odwiedziłem go w szpitalu, spytał mnie z troską, czy zauważyłem numer jego pokoju: 137!. W pokoju tym Pauli zmarł kilka dni później”.

Badania, których zadeklarowanym celem jest obliczenie stałej struktury subtelnej, nabrały trochę złej sławy po tym, jak znakomity astrofizyk Sir Arthur Stanley Eddington opublikował swoje dziwaczne i nie dające się zrozumieć książki [4], w których rzekomo obliczył stałą struktury subtelnej. Eddington wraz ze swoją teorią stał się przedmiotem żartów; między innymi Hans Bethe, późniejszy laureat

¹ Artykuł z książki *Matematyka jako siła ewolucji kultury* pod redakcją Andrzeja Pelczara, Polska Akademia Umiejętności, Komisja Historii Nauki, Monografie 2, Kraków 2000.

nagrody Nobla, przedstawił następujące wyprowadzenie numerycznej wartości stałej struktury subtelnej:

$$137 = 1/2 (273 + 1)$$

273 to wzięta z minusem temperatura zera bezwzględnego. Bezsensowność tego wyprowadzenia polega na tym, że liczbę mającą wymiar stopni Kelvina przyrównuje się do liczby bezwymiarowej. Żart Bethego jest więc takim samym nonsensem, jak tak zwana numerologia, szerząca się w zastraszający sposób we współczesnych massmediach. Śmieszne natomiast jest to, że żart ten został opublikowany przez bardzo prestiżowe niemieckie czasopismo naukowe.

Pomimo niesławy, jaką Eddington ściągnął na stałą struktury subtelnej, pierwotna myśl Sommerfelda została dość powszechnie uznana za prawdziwą. Świadczy o tym chociażby następująca wypowiedź Alberta Einsteina [5]:

*„Prędkość światła c należy do wielkości, które występują w równaniach fizycznych jako «stałe uniwersalne». Jeśli wszakże zamiast sekundy wprowadzi się odcinek czasowy, w którym światło przebywa 1 cm, c znika z równań. W tym sensie można powiedzieć, że stała c jest jedynie *p o z o r n i e* uniwersalna.*

Oczywisty i ogólnie przyjęty jest fakt, że z fizyki można by usunąć jeszcze dwie stałe uniwersalne, gdyby zamiast grama i centymetra wprowadzić odpowiednio dobrane «jednostki naturalne» (na przykład masę i promień elektronu).

*Jeśli się to robi, to w podstawowych równaniach fizyki mogą się pojawić tylko stałe «bezwymiarowe». Chciałbym w tym miejscu przedstawić pogląd, który obecnie może się opierać tylko na wierze w prostotę, czyli poznawalność rozumową natury: nie istnieją *a r b i t r a l n e* stałe tego rodzaju; innymi słowy, natura ma tę właściwość, że da się sformułować prawa logicznie tak silnie zdeterminowane, że pojawiają się w nich tylko stałe całkowicie określone rozumowo (a więc nie takie, których wartości liczbowe można zmienić, nie niszcząc teorii)”.*

Jak zatem, ażeby użyć słów Einsteina, sformułować prawa logicznie tak silnie zdeterminowane, że stała struktury subtelnej zostaje przez nie numerycznie określona? Jest to pytanie dotyczące teorii fizycznej, która nie istnieje, a więc jest to pytanie o struktury matematyczne nie rozpoznane jeszcze jako te, które umożliwiają obliczenie stałej struktury subtelnej. Jak je sobie wyobrazić? Jaki aspekt zagadnienia jest kluczem do jego rozwiązania? Na wołowej skórze nie spisałoby się prób obliczenia stałej struktury subtelnej, podejmowanych przez laików, którzy nie dostrzegają rzeczywistej skali trudności problemu. Ludzi tych można porównać bez żadnej przesady do tych nieszczęśników, którzy przez ponad 300 lat usiłowali udowodnić wielkie twierdzenie Fermata. Znacznie ciekawsze jest to, że próby takie podejmowali najwybitniejsi fizycy XX wieku. Stała struktury subtelnej była rzeczywistą motywacją za sławną pracą Diraca o monopolach magnetycznych [6], sam Dirac stwierdza to *expressis verbis*. Dirac zachował fascynację stałą struktury subtelnej przez całe życie. Świadczy o tym, poza wieloma wypowiedziami samego Diraca, następująca relacja Behrama Kursunoglu [7]: *„Opuszczając Cambridge*

pod koniec 1952 roku złożyłem wizytę Diracowi, ażeby powiedzieć mu, że otrzymałem stypendium postdoktorskie u Hansa Bethego w Cornell University. Dirac spytał mnie, czy pracuję dalej nad moją wersją teorii pola niesymetrycznego i czy potrafię obliczyć w jej ramach stałą struktury subtelnej? Odpowiedziałem: a czy Pan potrafi obliczyć tę stałą ze swojej teorii? Dirac odpowiedział: w przyszłości być może mi się to uda. Byłem wtedy młodym i bardzo naiwnym fizykiem i powiedziałem: w przyszłości być może mnie też się to uda. Po wielu latach i po wielu teoriach nikt nie zna odpowiedzi na to ważne pytanie”.

Heisenberg podał w latach 30. przybliżoną formułę dla stałej struktury subtelnej. Zrobił to, jak sam twierdzi, „*nur für Spaß*” (tylko dla zabawy), ale dość trudno w to uwierzyć wiedząc, że Heisenberg zakomunikował ową formułę Bohrowi, Pauliemu i Diracowi [8, 9]. Zdaje się też nie ulegać wątpliwości, że stała struktury subtelnej była rzeczywistą motywacją za poronioną teorią nieliniowego pola spinorowego, którą Heisenberg ogłosił w latach 50. Casimir usiłował obliczyć stałą struktury subtelnej jako warunek równowagi między siłą Coulomba a odkrytym przez siebie ciśnieniem Casimira, Pauli jako wynik znoszenia się poprawek radiacyjnych różnych rzędów, Adler jako zero nieskończonego rzędu jednej z funkcji opisujących polaryzację próżni w elektrodynamice kwantowej. Całkiem niedawno Edward Witten [10], jeden z najgłośniejszych dziś amerykańskich fizyków teoretyków, zaproponował strategię obliczenia tej stałej, która przypomina raczej *science fiction* niż fizykę teoretyczną.

Warto wiedzieć o tych próbach, bo rzucają one światło na to, co w tej kwestii jest istotne: nauką wyobraźnię i to, co można by nazwać naukowym poczuciem wartości. Jest bowiem tak, że pomysłów takich, jak te opisane wyżej, można zgłosić nieskończenie wiele. Udowadnianie za każdym razem, że nie są one trafne, zajęłoby więcej czasu niż obalanie kolejnych „dowodów” wielkiego twierdzenia Fermata. Od tej niepotrzebnej straty czasu może nas uchronić tylko wyobraźnia naukowa i wyczulenie na to, co stanowi naukowy banał. Bardzo dobrze ujął to Clifford Truesdell [11]: „*Taste is acquired by those who can face questions, especially insoluble questions*”.

Literatura

- [1] The European Physical Journal C 3 (1998), s. 69
- [2] Wolfgang Pauli, *Writings on Physics and Philosophy*, Springer Verlag, 1994
- [3] *Pauli Lectures on Physics: Electrodynamics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1973
- [4] Arthur S. Eddington, *Relativity Theory of Protons and Electrons*, Cambridge University Press, 1936; *Fundamental Theory*, Cambridge University Press, 1949
- [5] Albert Einstein, *Zapiski autobiograficzne*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1996, s. 37
- [6] P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. A 133 (1931), s. 60
- [7] *Reminiscences about a great physicist: Paul Adrien Maurice Dirac*, Cambridge University Press, 1990, s. 290

-
- [8] Wolfgang Pauli, *Scientific Correspondence*, Vol. II, Springer Verlag, 1985
- [9] Helge Kragh, *Dirac, A Scientific Biography*, Cambridge University Press, 1992. Z książki tej należy korzystać z wielką ostrożnością, gdyż zawiera niesłychaną wprost liczbę „misprintów”. To zaiste *signum temporis*, że Cambridge University Press uczciło takim bublek pamięć człowieka, którego Lord Snow nazwał największym Anglikiem XX wieku.
- [10] Edward Witten, *Physics Today*, May 1997, s. 28
- [11] Clifford Truesdell, *Great Scientists of Old as Heretics in „the Scientific Method”*, University Press of Virginia, Charlottesville 1987, s. 94