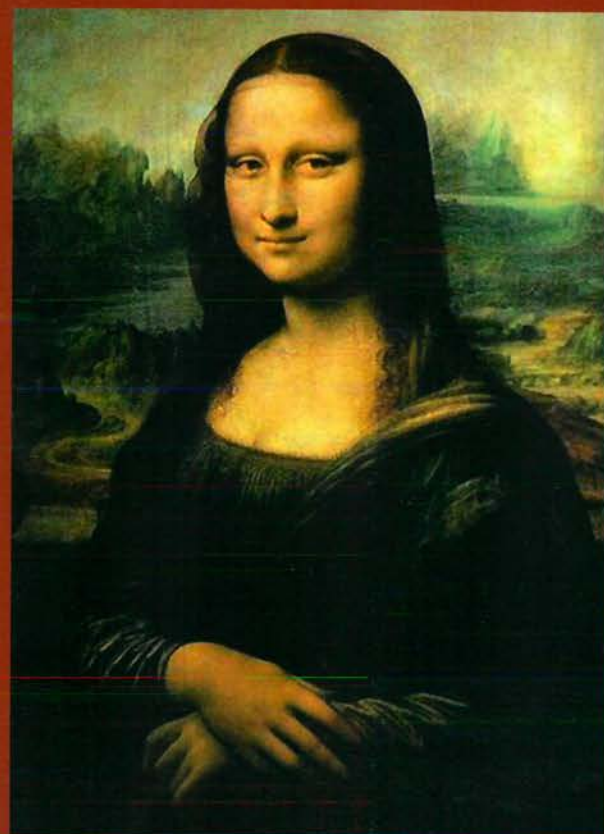


POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



ISSN 0032-5430



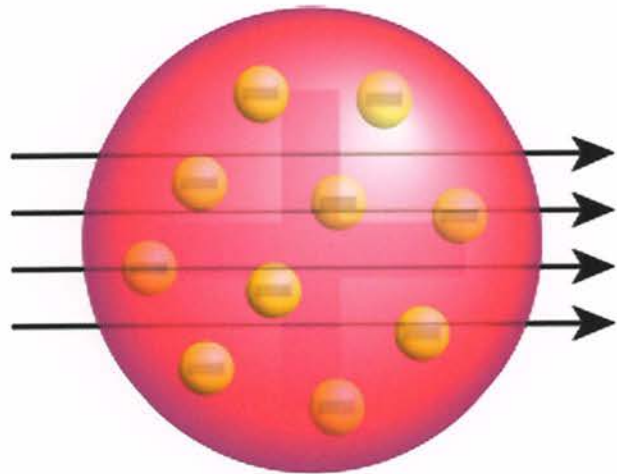
Czy matematyka jest poezją

**Emergentność zjawisk
i praw przyrody**

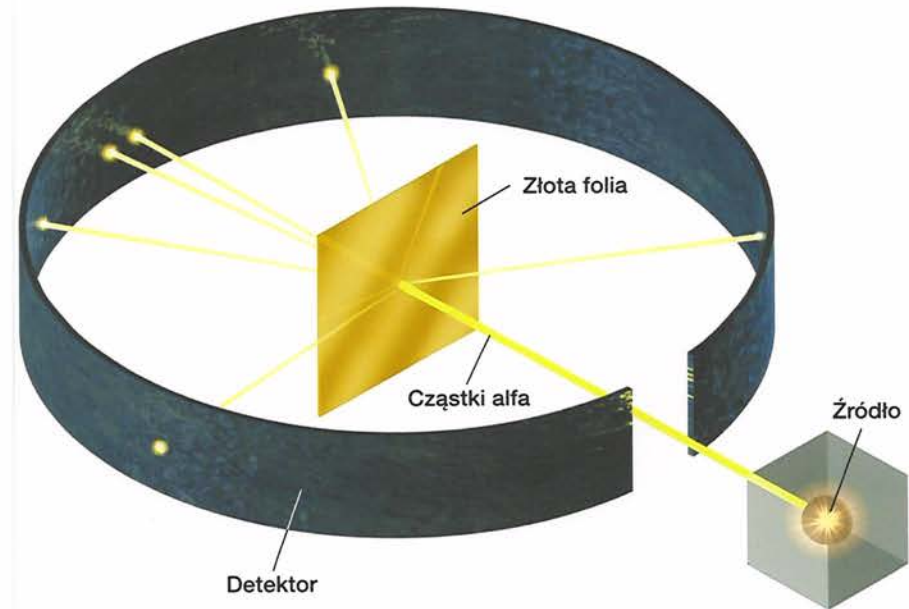
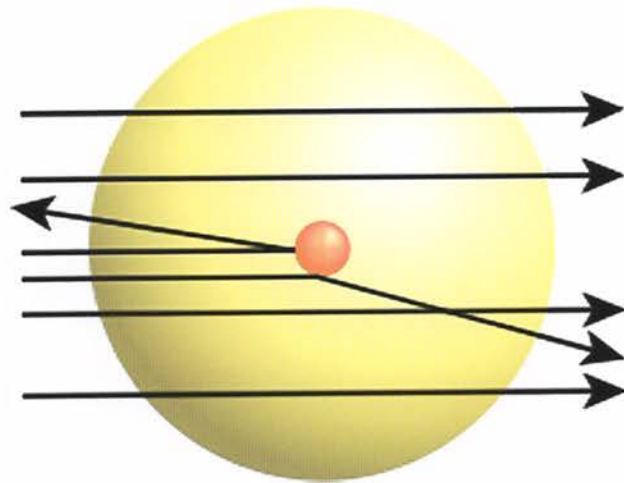
Autonomia nauki i religii

Przedmiot fizyki i jej piękno

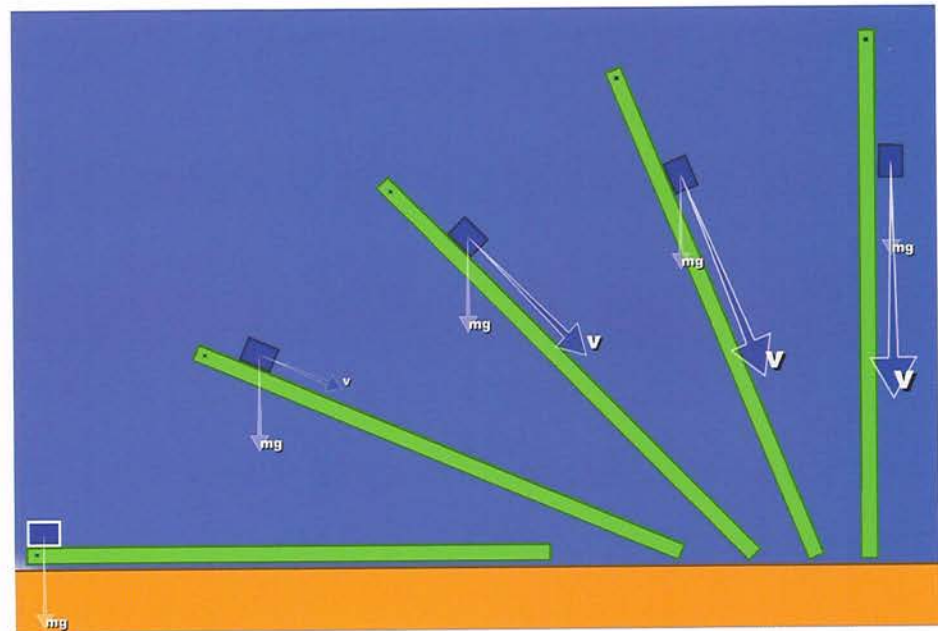
Rankingi uniwersytetów



Rutherford, „miejsce” jądra w atomie (a). (Internet).
Patrz str. 19



Rutherford, „miejsce” jądra w atomie (b). (Internet). Patrz str. 19



Galileo, równia pochyła, przyspieszenie. (Internet). Patrz str. 19

RADA REDAKCYJNA

Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący), Mieczysław Budzyński,
Andrzej Dobek, Witold Dobrowolski, Zofia Gołqb-Meyer, Józef Szudy

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Warczewski (redaktor naczelny), Maria Matlak (sekretarz redakcji),
Michał Matlak, Magdalena Staszal, Jolanta Kasperek (redaktor techniczny)

Adres Redakcji:

Instytut Fizyki UŚ, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice,

e-mail: postepy@fuw.edu.pl oraz jerzy.warczewski@us.edu.pl

Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Anna Go (Białystok), Aleksandra Wronkowska (Bydgoszcz),
Wojciech Gruhn (Częstochowa), Tomasz Jarosław Wąsowicz (Gdańsk),
Roman Bukowski (Gliwice), Beata Kozłowska (Katowice), Aldona
Kubala-Kukuś (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków),
Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole),
Arkadiusz Ptak (Poznań), Małgorzata Paciask (Rzeszów), Małgorzata
Kuzio (Ślupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń),
Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), vacat
(Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

Wiesław A. Kamiński (prezes), Bohdan Grzqdkowski (sekretarz
generalny), Kazimierz Piotrowski (skarbnik), Mariusz Dąbrowski, Jacek
Przemysław Goc, Zofia Gołqb-Meyer i Jerzy Warczewski (członkowie
wykonawczy), Jacek Mściwój Baranowski, Maria Dobkowska, Henryk
Figiel, Bernard Jancewicz, Stefan Kruszewski, Andrzej Ślebarski, Andrzej
Zięba i Elżbieta Zipper (członkowie)

Adres Zarządu:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 22-6212668,

e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Krzysztof Szymański (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Ewa
Mandowska (Częstochowa), Jarosław Rybicki (Gdańsk), Jacek Mazur
(Gliwice), Wiktor Zipper (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunis
(Kielce), Wojciech Gawlik (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Tadeusz Wibig
(Łódź), Stanisław Waga (Opole), Alina Dudkowiak (Poznań), Marian
Kuzma (Rzeszów), Włodimir Tomin (Ślupsk), Mariusz P. Dąbrowski
(Szczecin), Janusz Szatkowski (Toruń), Mirosław Karpierz (Warszawa),
Antoni Mituś (Wrocław), Marian Olszowy (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

Witold D. Dobrowolski – Acta Physica Polonica A, Michał Praszal-
owicz – Acta Physica Polonica B, Andrzej Jamiołkowski – Reports on
Mathematical Physics, Marek Kordos – Delta, Zofia Gołqb-Meyer –
Foton, Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący) – Fizyka w Szkole

Czasopismo ukazuje się od 1949 roku.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Druk i oprawa: Drukarnia Archidiecejalna, ul Wita Stwosza 11
40-042 Katowice, tel. 32 251 38 80, www.drukarch.com.pl

Nakład: 900 egzemplarzy

ISSN 0032-5430

Podpisy pod zdjęcia na I stronie okładki: 1. Doświadczenie Galileo Galilei
na Krzywej Wieży w Pizie (Internet). Patrz str. 19. 2. Leonardo da Vinci:
Dama z gronostajem (Internet). Patrz str. 19. 3. Leonardo da Vinci:
Mona Lisa (Internet). Patrz str. 19.

SPIS TREŚCI

M. Heller – Czy matematyka jest poezją?	2
J. Warczewski – Jubileusz osiemdziesięciolecia Acta Physica Polonica	5
KRONIKA	7 i 47
J. Spałek – Emergentność w Prawach Przyrody i Hierarchiczna Struktura Nauki	8
J. Warczewski – Autonomia nauki i religii. Przedmiot fizyki i jej piękno	19
A. Krasieński – Rankingi uniwersytetów stają się bardziej wyrafinowane	32
A. Holas – Każdy może rozsmakować się w fizyce	40
LISTY DO REDAKCJI	42

Drodzy Czytelnicy!

Niniejszy numer Postępów Fizyki zawiera artykuły o różnej ale bardzo aktualnej tematyce. Pierwszy z nich jest tekstem wykładu, który wygłosił dnia 24 lutego 2012 roku na Politechnice Warszawskiej Laureat Nagrody Templetona Ks. Prof. Michał Heller z okazji otrzymania tytułu doktora honoris causa tej uczelni. Zajmuje się on rozmaitymi związkami poezji i logiki. Jego genialna wyobraźnia pozwala mu na znajdowanie drogi do matematyki w poezji oraz do poezji w matematyce. Próbuje „ogarnąć” wiersz Szyborskiej przy użyciu takich wyrafinowanych narzędzi matematycznych jak twierdzenie Woronina i funkcja dzeta Riemanna. Stwierdza również, że Szyborska może ukazać w swojej poezji na sto sposobów nieuchronność umierania, a tymczasem sylogizm Arystotelesa ma także nieuchronnie jedyny i nieuchronnie konieczny wniosek. Mówi, że „gwiazdy mogą się wypalić, niebo i ziemia przeminąć a wniosek sylogizmu pozostanie prawdziwy na zawsze” i na tym polega poezja sylogizmu, poezja wynikania. W następnym artykule Jerzy Warczewski przedstawia zwięźle historię czolowego polskiego czasopisma fizycznego Acta Physica Polonica, które dzisiaj wychodzi w dwóch wersjach A i B pokrywających swoją tematyką bardzo rozległy obszar wiedzy fizycznej. APP obchodzą jubileusz osiemdziesięciolecia a właściwie ich korzenie sięgają swego początku sprzed 92 lat. Józef Spałek w swoim eseju zajmuje się emergentnością zjawisk i praw Przyrody, niezwykłą jej własnością, będącą właściwie także prawem bardzo uniwersalnym i wszechogarniającym, prawem, które jest motorem wszelkich przemian fazowych, również tych z łamaniem symetrii, właściwie wszelkiej ewolucji, również biologicznej. W teorii liczb takim modelem emergentności mogłoby być prawo wielkich liczb. Jerzy Warczewski w kolejnym artykule podkreśla autonomię nauki i religii, ich niezależność, nie omieszkując jednak wspomnieć o tym, co je w pewnym sensie łączy, mianowicie o wszelkich subiektywnych skojarzeniach. Mówi o tym, co jest przedmiotem fizyki. Przedstawia kanon współczesnej wiedzy fizycznej, będący zresztą przedmiotem ewolucji historycznej. Omawia hierarchię praw fizyki, podkreślając rolę praw fundamentalnych, m.in. jako granicy poznania fizycznego. Ukazuje niezwykłą zbieżność między pięknem a głębią poznawczą doświadczeń fizycznych. Zwraca uwagę na skłonność człowieka do antropomorfizacji we wszystkich aktach poznania. Andrzej Krasieński przedstawia możliwości pozytywnej ewolucji stopnia wyrafinowania metod światowego rankingu uniwersytetów wychodząc z dyskusji i szerokiego własnego komentarza przetłumaczonych przez siebie dwóch artykułów z Nature. Na marginesie następujących po artykule Andrzeja Krasieńskiego pięciu tekstów (jednej recenzji i czterech listów do Redakcji) autorstwa kolejno Andrzeja Holasa, Grażyny Kontrym-Sznajd, Krzysztofa Ceny, Wojciecha Błasiaka i Wiktora Kubicy z Gronia dotyczących słynnej już książki Jerzego Przystawy „Odkryj smak fizyki” wspomnę niezwykle wzruszającą historię. Otóż Siostry Franciszkańki Służebnice Chrysta prowadzące Zakład dla Niewidomych w Laskach zwróciły się do Autora tej książki z inicjatywą przetłumaczenia jej na Braille’a. Tłumaczenie ma się ukazać za trzy miesiące. Dodam na koniec, że aktualne kroniki Magdy Staszal uzupełniają treść numeru PF.

Jerzy Warczewski



Czy matematyka jest poezją?

Wykład na Politechnice Warszawskiej z okazji otrzymania doktoratu honoris causa
w dniu 24 lutego 2012 roku

Michał Heller

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, ul. Sławkowska 17 31-016 Kraków

Streszczenie: Co jest bardziej poetyckie: sylogizm „Wszyscy ludzie są śmiertelni/Adam jest człowiekiem/więc Adam jest śmiertelny”, czy wiersz Wisławy Szymborskiej o nieuniknioności śmierci? Poetka mogłaby wyrazić swoją myśl na wiele sposobów; wniosek sylogizmu jest jedyny i konieczny. Gwiazdy mogą się wypalić, niebo i ziemia przeminąć, a wniosek sylogizmu pozostanie prawdziwy na zawsze. Na tym polega poezja wynikania. Jej bardziej spektakularnym przykładem jest twierdzenie Woronina. Mówi ono, że każdą wystarczająco regularną funkcję można przybliżyć, z dowolną dokładnością, przez funkcję dzeta Riemanna. Znaczący to, że wiersz Szymborskiej (jak również wszystkie inne wiersze), pod warunkiem, że został zapisany „wystarczająco gładko”, jest zawarty w funkcji dzeta. Ścisłe mówiąc, nie wiersz Szymborskiej jest zawarty w tej funkcji, lecz kształt, w którym został on zakodowany. To otwiera autorowi pole do sformułowania kilku uwag na temat relacji pomiędzy matematyką a poezją.

Is Mathematics a Poetry?

Lecture in the Warsaw Technical University on the occasion of receiving doctorate honoris causa on 24 February 2012

Abstract: What is more poetic: the syllogism “All humans are mortal/Adam is human/thus Adam is mortal” or the poem on the inevitability of death by Wisława Szymborska? The poet could express her idea in a manifold ways; the conclusion of the syllogism is unique and necessary. Stars could burn out, heaven and earth could pass away, but the conclusion of the syllogism will remain true forever. This is the poetry of consequence. The Woronin theorem provides its more spectacular example. It says that any sufficiently regular function can be approximated, with any accuracy, by the Riemann zeta function. This means that Szymborska’s poem (and all other poems as well), if written in a “sufficiently smooth way”, are contained in the Riemann function. Strictly speaking, it is not Szymborska’s poem that is contained in the zeta function, but the shape in which it is encoded. This opens for the author a field to formulate a few remarks concerning the relationship between mathematics and poetry.

Zacznę od rzeczy bardzo prozaicznej – od sylogizmu, jakim raczy się uczniów lub początkujących studentów:

*Wszyscy ludzie są śmiertelni.
Adam jest człowiekiem.*

Ścisłe myślący człowiek wyciągnie oczywiście wniosek:

A więc Adam jest śmiertelny.

Ale przedstawmy ten sylogizm poecie. Dla niego co innego będzie ważne. Wniosek oczywisty,

czyli nieinteresujący. Śmierć to dramat ludzkiego istnienia. Sylogizm jest środkiem zbyt ubogim, by wyrazić nieuchronność tego dramatu. Dramat śmierci można by przedstawić na przykład w ten sposób:

*Zajęta zabijaniem,
robi to niezdarnie,
bez systemu i wprawy.
Jakby na każdym z nas uczyła się dopiero.*

Jeżeli dramatu nie da się pokonać, trzeba go przynajmniej oswoić:

*Kto twierdzi, że jest wszechmocna,
Sam jest żywym dowodem,
że wszechmocna nie jest.*

*Nie ma takiego życia,
które by choć przez chwilę
nie było nieśmiertelne.*

*Śmierć
Zawsze o tę chwilę przybywa spóźniona
Na próżno szarpie kłamkę
Niewidzialnych drzwi.
Kto ile zdążył,
tego mu cofnąć nie może.*

O ileż więcej powiedziała Wisława Szymborska we fragmentach tego wiersza niż suchy sylogizm Arystotelesa. A jednak sylogizm miał w sobie coś z nieuchronności śmierci:

*Jeżeli p, to q,
p.
A więc q.*

Skąd ten przymus wynikania? Czy jednak nie może być tak, żeby było „nie q”? Szymborska mogłaby wyrazić swoją myśl na tysiąc różnych sposobów; sylogizm musi się kończyć jednym, i tylko jednym, wnioskiem. Na tym polega poezja wynikania. Gwiazdy mogą się wypalić, wszystkie wiersze ulec zapomnieniu, niebo i ziemia mogą przeminąć, a wniosek sylogizmu i tak będzie ważny.

Oczywiście sylogizm jest prymitywną formą poezji wynikania. Sięgnijmy więc po bardziej subtelny przykład.

Już Euklides udowodnił, że liczb pierwszych jest nieskończenie wiele; udowodnił – to znaczy podał ciąg wyników takich, że ostatnim zdaniem łańcucha wyników było zdanie: „liczb pierwszych jest nieskończenie wiele”. Do dziś rozmieszczenie liczb

pierwszych w zbiorze liczb naturalnych pozostaje zagadką. Na podstawie eksperymentów numerycznych wiadomo na przykład, że w miarę posuwania się w ciągu liczb naturalnych, liczby pierwsze pojawiają się coraz rzadziej. Ale mimo to, jest ich nieskończenie wiele. W 1737 r. Leonard Euler znalazł związek między występowaniem liczb pierwszych a pewną funkcją, która wyglądała dziecinnie prosto, ale okazała się bardzo bogata w „matematyczną treść”. Złożoność tej funkcji rozpoznał Bernhard Riemann w referacie wygłoszonym z okazji przyznania mu członkostwa Berlińskiej Akademii Nauk. Był rok 1859, ten sam, w którym ukazało się pierwsze wydanie *O pochodzeniu gatunków* Karola Darwina. Funkcja dzeta Riemanna do dziś jest źródłem wielu problemów matematycznych i przedmiotem fascynacji wielu matematyków¹.

Przyjrzyjmy się jej nieco dokładniej. Wygląda całkiem prozaicznie, jak wiele innych matematycznych formuł:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s},$$

gdzie n jest liczbą naturalną, a $s = \sigma + i\tau$ liczbą zespoloną, której część rzeczywista jest większa od jeden². Nawet jeżeli spojrzeć na tę funkcję „uzbrojonym okiem” matematyka, to trudno w niej dostrzec coś nadzwyczajnego, ale jeżeli uruchomić aparat wynikania, to zaczynają się ujawniać rzeczy zaskakujące. Już Riemann w swojej oryginalnej pracy wysunął hipotezę, że wszystkie zespolone zera funkcji dzeta leżą na prostej $\sigma = 1/2$. Mimo niezmordowanych wysiłków, hipoteza ta dotychczas pozostaje nieudowodniona. Na tego, kto przedstawi poprawny dowód czeka nagroda w wysokości miliona dolarów. Od lat trwają komputerowe próby zmierzenia się z hipotezą Riemanna. Do września 2004 r. sprawdzono 910 miliardów początkowych miejsc zerowych funkcji dzeta oraz kilku miliardów odległych miejsc (w okolicy miejsca zerowego o numerze 10^{23}). Hipoteza Riemanna wyszła z tych prób zwycięsko – nie znaleziono kontrprzykładu. Ale dla matematyków to jeszcze nie dowód³; dowód musi posługiwać się „cudem wynikania” a nie „liczeniem na palcach”, choćby to były „palce” superszybkich komputerów.

Funkcja dzeta Riemanna zaskakuje matematyków swoimi własnościami. Nieustannie są odkrywane nowe, coraz mniej spodziewane. Zaskakuje nie tylko matematyków. W latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia odkryto, że istnieje zbieżność statystycznego rozkładu miejsc zerowych funkcji Riemanna z rozkładem poziomów energetycznych jąder atomowych ciężkich pierwiastków chemicznych. Skąd funkcja dzeta wie o budowie jąder atomo-

¹Warto w tym miejscu odwołać się do ciekawej książki Krzysztofa Maślanki: *Liczba i kwant*, OBI, Kraków 2004.

²Związek między występowaniem liczb pierwszych w ciągu liczb naturalnych a funkcją dzeta jest następujący: $\zeta(s) = \prod_{n=1}^{\infty} \frac{1}{1-p_n^{-s}}$, gdzie p_n jest n -tą liczbą pierwszą w ciągu liczb naturalnych.

³Oczywiście gdyby znaleziono choć jeden kontrprzykład, byłby to dowód, że hipoteza jest fałszywa.

wych? Albo odwrotnie: skąd jądra atomowe wiedzą o funkcji dzeta? Przecież funkcja dzeta to czysta matematyka nieskażona żadnymi związkami z doświadczeniem! Czy dotykamy tu jakichś zagadnień, mających związek z podstawami naszego rozumienia tych dwu nauk – matematyki i fizyki?

Zostawmy jednak na boku ten pasjonujący problem. Być może jest jeszcze za wcześnie, by go głębiej drążyć. Powróćmy do czegoś, co mamy szansę lepiej zrozumieć.

W 1975 r. Siergiej Michajłowicz Woronin (przedwcześnie zmarły matematyk) udowodnił twierdzenie, znane jako twierdzenie o uniwersalności funkcji dzeta. Mówi ono co następuje:

Rozważmy na płaszczyźnie zespolonej pasek

$$P = \{s \in \mathbb{C} : \frac{1}{2} < \operatorname{Re}(s) < 1\}$$

oraz zwarty zbiór U w P , taki, że dopełnienie U jest spójne w P (czyli P nie ma „dziur”). Niech $f: U \rightarrow \mathbb{C}$ będzie funkcją ciągłą na U , holomorficzną wewnątrz U i nie posiadającą miejsc zerowych wewnątrz U . Twierdzenie Woronina orzeka, że dla dowolnego $\epsilon > 0$ istnieje taka wartość $t = t(\epsilon)$, że

$$|\zeta(s + it) - f(s)| < \epsilon,$$

dla każdego $s \in U$.

Twierdzenie to mówi więc, że jeżeli funkcja f przedstawia dostatecznie regularną krzywą, nie zerującą się w obszarze, na którym jest określona, to krzywą tę możemy z dowolną dokładnością przybliżyć funkcją dzeta Riemanna, przesuwając odpowiednio obszar U wzdłuż osi urojonej.

Jeżeli brzmi to mało poetycko, to wyobraźmy sobie, że zacytowany na początku tego wykładu wiersz Szymborskiej zapisaliśmy pisanymi literami, łącząc je tak, by powstała odpowiednio regularna krzywa. Twierdzenie Woronina stwierdza, że jeżeli odpowiednio przesuniemy obszar U , to funkcja dzeta odtworzy nam wiersz Szymborskiej (z dowolną dokładnością). Okazuje się, że aby odtworzyć wiersz Szymborskiej, musielibyśmy „pojechać” z obszarem U bardzo daleko wzdłuż osi urojonej. Tak daleko, że moc obliczeniowa obecnych, a nawet zapewne przyszłych, komputerów jest za mała, aby tam dotrzeć. Ale to w niczym nie zmienia sytuacji, że wiersz Szymborskiej tam jest.

Być może tu zaprotestujemy. Nie wiersz Szymborskiej, lecz tylko kształt linii, za pomocą której ten wiersz został zapisany. Ale czymże innym jest wiersz Szymborskiej, jak nie kształtem, który jakoś rozpoznajemy? Ostatecznie komputery, które tak wiele mogą, także rozpoznają tylko „kształty” zer i jedynek. I nic ponadto.

Dotykamy tu głębokiego problemu filozoficznego: Czy istnieje coś oprócz formy, kształtu? Czy to, co nazywamy treścią, nie jest tylko zagęszczeniem formy? W tym także jest poezja, że funkcja Riemanna doprowadza aż pod takie problemy. A przecież Szymborska była tu tylko pretekstem. Równie dobrze zamiast jej wiersza moglibyśmy się posłużyć *Elementami* Euklidesa lub *Dziełami Wszystkimi* Szekspira. Musielibyśmy tylko jeszcze dalej przesuwac się wzdłuż osi urojonej.

Jeżeli ktoś jeszcze wątpi w to, że matematyka jest poezją, niech napisze wiersz, poemat, cokolwiek..., w którym zawierałyby się wszystkie utwory poetyckie świata i wszystkie rozprawy naukowe. Jeżeli ideałem poezji jest prostota zapisu przy bogactwie treści, to żaden Szekspir nie napisał nic piękniejszego od funkcji Riemanna.

Stop! Czy nie posunęliśmy się za daleko! Ostatecznie, ściśle rzecz biorąc, funkcja dzeta zawiera tylko wszystkie możliwe kształty. Dobierając odpowiednie parametry s i t , możemy odtworzyć dowolną, odpowiednio regularną krzywą. Czy to aż tak dziwne? Upieram się jednak, że matematyka jest poezją, i to poezją najwyższego lotu.

Poezja próbuje wyrazić Niewyraźalne za pomocą metafor, rozmycia reguł gramatycznych, nieoczekiwanych kontrastów znaczeń. Matematyka wydaje się prozaiczna, bo w postaci prostych twierdzeń potrafi wyrażać związki, których prawdziwość jest zagwarantowana ciągami kontrolowanych przez nas wyników. Ale ma również środki, by wyrazić – jak poezja – to, czego nie da się wyrazić w języku innym niż matematyka. Pomyślmy na przykład o różnych twierdzeniach o zmierzaniu do nieskończoności, o twierdzeniach egzystencjalnych, które mówią, że coś istnieje, choć nie potrafimy tego skonstruować, o strukturach – takich jak funkcja Riemanna – zawierających w sobie niewyobraźalnie bogatą treść. W tym widzę poetyczność matematyki.

Ale pomiędzy tym, co tradycyjnie nazywamy poezją, a poezją matematyki istnieje jedna zasadnicza różnica. W matematyce najbardziej poetyczne jest to, że obowiązuje w niej ściśle wynikanie. Gdyby tylko w jednym miejscu ono zawiodło, wszystko by się zamieniło w kicz i kupę bzdur. Jak w dziele sztuki. Michał Anioł miał powiedzieć, że rzeźba jest już w bryle marmuru, trzeba tylko dłutem odrzucić to, co zbędne. Z tym, że ludzkie dzieła sztuki są niedoskonałe: jedna poprawka za dużo i też mamy dzieło sztuki, tylko trochę gorsze i nigdy nie wiadomo, czy nie mogłoby być lepiej. Poezja matematyki jest doskonała, bo jeżeli dysponujemy dowodem, to wiemy, że jest tak, jak powinno być.

Jubileusz osiemdziesięciolecia *Acta Physica Polonica*

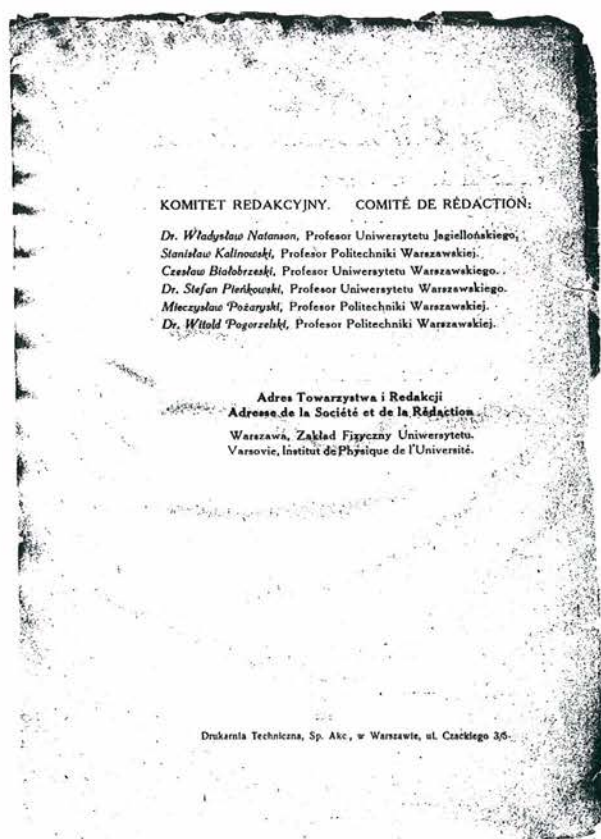
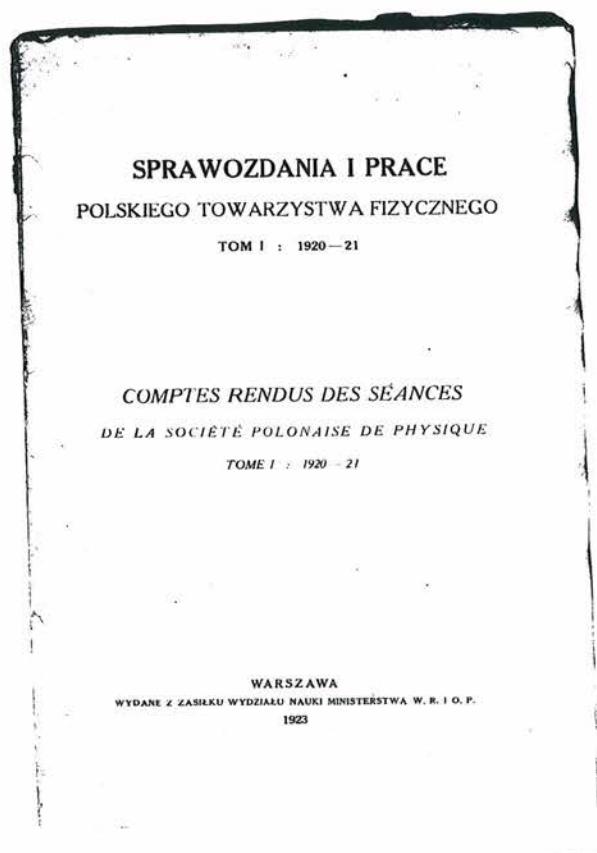
Jerzy Warczewski

Redaktor Naczelny Postępów Fizyki

Streszczenie: Czołowe polskie czasopismo fizyczne *Acta Physica Polonica* drukowane w jęz. angielskim i wydawane obecnie w dwóch wersjach A i B jest czasopismem naukowym o zasięgu międzynarodowym. Obchodzi ono osiemdziesięciolecie istnienia.

Eightieth anniversary of *Acta Physica Polonica*

Abstract: The leading Polish physical journal *Acta Physica Polonica* printed in English and published actually in two versions A and B is a scientific international journal which celebrates just now its eightieth anniversary.



Nazwa *Acta Physica Polonica* pojawiła się w 1932 roku jako nowy tytuł czasopisma wydawanego już od roku 1920 przez Polskie Towarzystwo Fizyczne [1-3]. Następująca notatka na pierwszej stronie wyjaśniała, co się zdarzyło:

Communiqué de la Redaction. A partir de l'année 1932 le journal de la Société Polonaise de Physique paraissant jusqu'à présent sous le titre de "Comptes Rendus des Séances de la Société Polonaise de Physique" (volumes I-V, 1920-1931) sera intitulé a l'avenir

Acta Physica Polonica.

Le présent numéro est le premier de cette nouvelle série de notre journal; quatre numéros feront, comme auparavant, un volume.

(po polsku, przyp. red.)

Komunikat Redakcji. Począwszy od roku 1932 czasopismo Polskiego Towarzystwa Fizycznego ukazujące się do chwili obecnej pod tytułem "Comptes Rendus des Séances de la Société Polonaise de Physique" (volumes I-V, 1920-1931) będzie zatytułowane na przyszłość

Acta Physica Polonica.

Niniejszy numer jest pierwszym z tej nowej serii naszego czasopisma; cztery numery będą tworzyły, jak poprzednio, jeden tom.

Tak więc faktycznie była to po prostu zmiana nazwy. Do pierwszej Rady Redakcyjnej w 1920 roku należeli: Władysław Natanson, Stanisław Kalinowski, Czesław Białobrzeski, Stefan Pieńkowski, Mieczysław Pożaryski, Witold Pogorzelski. Nie było Przewodniczącego ani Redaktora (Naczelnego, przyp. red.). Artykuły były po polsku z dłuższymi lub krótszymi streszczeniami po niemiecku, po francusku, lub po angielsku. Ten sam styl redagowania był utrzymany w pierwszych wydaniach *Acta Physica Polonica*.

Później jednak sposób redagowania zaczął się zmieniać i następująca informacja była drukowana na okładce każdego numeru: „Manuskrypty artykułów po angielsku, po francusku lub niemiecku poprzedzone przez krótkie streszczenie w tym samym języku należy przesyłać do Redaktora”: tu następowało nazwisko i adres Redaktora.

Na przykład ostatni numer *Acta Physica Polonica*, który pojawił się przed Drugą Wojną Światową, był oznakowany: Vol. VIII, Fasc. 1, Wilno 1939, Redaktor: Szczepan Szczeniowski, Zakład Fizyki Teoretycznej U.S.B., ul. Nowogródzka 22. Rada Redakcyjna: Aleksander Jabłoński, Józef Patkowski, Wacław Staszewski (wszyscy z Wilna).

Pierwszy po wojnie numer *Acta Physica Polonica* (Vol. IX, Fasc. 1) był publikowany w 1947 roku w Krakowie, chociaż materiał do publikacji był przygotowany wcześniej. Na przykład tekst wstępny napisany przez Konstantego Zakrzewskiego „Po sześciu latach wojny” był datowany: Kraków, maj 1945. Także pierwszy artykuł napisany przez Jana

Weyssenhoffa i A. Raabego „Relativistic Dynamics of Spin-Fluids and Spin-Particles” zawierał notatkę: „Główne treści tego artykułu oraz następnego, a także większość rezultatów trzech następnych artykułów były przedmiotem wykładu na tajnym spotkaniu fizyków w domu prof. Pieńkowskiego w Warszawie w październiku 1942 roku”.

Nowym Redaktorem *Acta...* był wtedy Jan Weyssenhoff a członkami Rady Redakcyjnej byli: Jan Blaton, Mieczysław Jeżewski, Marian Mięśowicz, Konstanty Zakrzewski (wszyscy z Krakowa).

I tak to szło z pewnymi ważnymi wydarzeniami po drodze, jak na przykład fundamentalna praca R. Feynmana „Quantum theory of gravitation” w tomie XXIV, str. 697(1963) opublikowana dzięki heroicznemu wysiłkom Andrzeja Staruszkiewicza, który zrekonstruował ją z nagrania i z nieporządku panującego w notatkach pozostawionych przez Feynmana po „Conference of Relativistic Theories of Gravitation”, Jabłonna, lipiec 1962.

Jan Weyssenhoff służył jako Redaktor APP od 1947 roku aż do swojej śmierci w 1972 roku. W 1970 roku, w celu ulepszenia service'u dla różnych gałęzi fizyki dokonano rozdzielenia *Acta Physica Polonica* na dwie serie: A i B. W 1973 roku Wiesław Czyż został Redaktorem Naczelnym równocześnie obu serii, a dokładnie mówiąc serii APPA na okres 1973-1991, serii APPB zaś na okres 1974-1994, przy czym w roku 1973 p.o. Redaktora był tu Andrzej Kisiel.

W 1991 roku Redakcja serii APPA zostaje przeniesiona do Warszawy i tam Redaktorem Naczelnym zostaje Jerzy Prochorow na okres 1991-2006 (do śmierci). Od roku 2001 artykuły umieszczane są w Internecie. Od 2006 do chwili obecnej Redaktorem Naczelnym APPA w Warszawie jest Witold Dobrowolski, członkami zaś Komitetu Redakcyjnego APPA są również: Tadeusz Figielski, Robert R. Gałgźka, Jerzy Kijowski, Maciej Kolwas, Jacek Kossut, Henryk Szymczak. Redaktorem Technicznym jest Zbigniew Gawryś. Członkami Międzynarodowej Rady Redakcyjnej dla APPA są: V.G. Bar'yachtar (Kiev), J.M. Franse (Amsterdam), J.K. Furdyna (Notre Dame), T. Lulek (Poznań), T. Luty (Wrocław), R. Micnas (Poznań), J. Spalek (Kraków), J. Szudy (Toruń), A. Tramer (Orsay), B. Velicky (Prague). Od roku 2009 format APPA jest A4 i druk jest dwukolumnowy. Tematyka APPA jest następująca: Fizyka Ogólna, Fizyka Materii Skondensowanej, Optyka i Elektronika Kwantowa, Fizyka Atomowa i Molekularna, Fizyka Stosowana.

Jak widać z powyższego, od 1991 roku Redakcja serii APPB pozostała „sama” w Krakowie. Początkowo nadal (do 1994 roku) Redaktorem Naczelnym APPB był Wiesław Czyż. Następnie, tj. od roku 1995 Redaktorem Naczelnym APPB został Andrzej Staruszkiewicz, który pełnił tę funkcję do roku 2005. W okresie od 2006 roku do 2008 roku

Redaktorem Naczelnym *APPB* był Kacper Zalewski. Wreszcie od roku 2009 do dzisiaj Redaktorem Naczelnym *APPB* jest Michał Praszałowicz, członkami zaś Komitetu Redakcyjnego *APPB* są również: Piotr Bizoń, Wojciech Broniowski, Marek Kutschera i Wojciech Słomiński. Członkami Międzynarodowej Rady Redakcyjnej dla *APPB* są: A. Białas (Kraków, Przewodniczący), J. Dąbrowski (Warszawa), W. Kittel (Nijmegen), A.D. Martin (Durham), L. McLerran (Brookhaven), A. Morel (Saclay), T. Ruijgrok (Utrecht), M. Veltman (Ann Arbor). Tematyka *APPB* jest następująca: Fizyka Ogólna i Matematyczna, Fizyka Cząstek i Teoria Pola, Fizyka Jądrowa, Teoria Względności i Astrofizyka, Fizyka Statystyczna.

Wracając do tego, co napisałem na początku, mianowicie, że ponieważ w rzeczywistości nie było różnicy substancji między *Comptes Rendus...* i *Acta...*, można by zatem uznać, że prawdziwy po-

czątek *Acta...* miał miejsce w 1920 roku na pierwszym zebraniu Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Ale wtedy należałoby mówić o jubileuszu dziewięćdziesięciodwulecia *Acta Physica Polonica*.

W imieniu Komitetu Redakcyjnego *Postępów Fizyki* oraz własnym życiem z okazji Jubileuszu Obu znakomitym *Serjom Acta Physica Polonica* wszystkiego najlepszego i dalszych sukcesów w służeniu nauce światowej.

Referencje

- [1] Wiesław Czyż, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 100 (2001) Supplement
- [2] Witold Dobrowolski Redaktor Naczelny *APPA*, Informacja (2012)
- [3] Michał Praszałowicz Redaktor Naczelny *APPB*, Informacja (2012)

KRONIKA

Nominacje profesorskie

W dniu 5 grudnia 2011 i 12 stycznia 2012 Prezydent nadał tytuł profesora nauk fizycznych łącznie 12 osobom. Są to: Alina Dudkowiak (PP), Romuald Aleksander Janik (UJ), Bogdan Jerzy Kowalski (IF PAN), Barbara Maria Popielawska (CBK PAN), Zbigniew Andrzej Trybuła (IFM PAN), Mariusz Przemysław Dąbrowski (USz), Zenon Czesław Janas (UW), Wiesław Jan Płaczek (UJ), Vinh Hung Tran (INTiBS PAN), Danuta Wanda Makowiec (UG), Marek Wołczyr (INTiBS PAN) i Bogusław Zwięgliński (NCBJ).

isap.sejm.gov.pl

MS

Tomasz Dietl we władzach ERC

Prof. Tomasz Dietl (IF PAN i WF UW) został powołany przez Komisję Europejską do Komitetu Sterującego ERC (Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych). Komitet jest powoływany na dwuletnia kadencję i liczy 5 osób. Sprawuje nadzór nad działalnością organizacyjno-wykonawczą ERC, która w tym roku przeznaczy na najlepsze projekty badawcze ok. 1,5 mld euro.

Prof. Dietl, który prowadzi badania m.in. w dziedzinach nanotechnologii i spintroniki półprzewodnikowej, jako pierwszy z polskich uczonych otrzymał przyznawany przez ERC Advanced Grant

(w zeszycie 6/2011 pisaliśmy o analogicznym granicie dla Ryszarda Horodeckiego). W niedawnej rozmowie z przedstawicielką PAP prof. Dietl zauważył, że w Polsce nie ma mechanizmu tworzenia liderów w nauce, brak też ducha pracy zespołowej, jest za to niewiara we własne siły i umiłowanie „świętego spokoju”, co skutkuje niewielką liczbą wniosków o granty ERC.

www.naukawpolsce.pap.pl

MS

VII konkurs „Popularyzator Nauki” rozstrzygnięty

1 lutego 2012 rozstrzygnięto VII edycję konkursu Popularyzator Nauki, organizowanego wspólnie przez Serwis Nauka w Polsce PAP i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Prof. Łukasz Turski z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN otrzymał Nagrodę Specjalną za całokształt działalności popularyzatorskiej. Dokonania Turskiego są imponujące (cytując za organizatorami konkursu): „Wymyślił Piknik Naukowy w Warszawie, był jednym z pomysłodawców Centrum Nauki Kopernik. Popularyzuje naukę i wiedzę o zjawiskach fizycznych, które można odnaleźć w codziennym życiu. Jest pionierem ruchu popularyzatorskiego w Polsce, udało mu się zrealizować wielkie wyzwanie: wyprowadzić naukę z zamkniętych laboratoriów i sal wykładowych „do ludzi” i pokazać ją w atrakcyjny i przystępny sposób”.

www.naukawpolsce.pap.pl

MS

Emergentność w Prawach Przyrody i Hierarchiczna Struktura Nauki

Józef Spałek

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego UJ oraz Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, AGH, 30-059 Kraków

W eseju uwypuklono cechy emergentne w naukach fizycznych i przyrodniczych, stanowiące aspekt jakościowy, często nieodzowny fundament podejścia ilościowego. Podano przykłady takiej emergentności w teoriach fizycznych, a także zasugerowano podział nauk na hierarchicznie ułożone dyscypliny, z których każda charakteryzuje się nową zasadą emergentną, kiedy przekraczamy następny poziom złożoności układu. Wskazano też na uniwersalność rozbięcia układu złożonego na obiekty elementarne na każdym etapie tej złożoności (którą nazywano *atomizacją*).

Emergence in Laws of Nature and Hierarchical Structure of Science

In this essay we emphasize emergent features in physical and natural sciences, which constitute qualitative, often indispensable basis of the quantitative approach. We provide a number of examples containing those emergent features in physical theories, as well as divide science into hierarchically ordered disciplines by suggesting the existence of a new emergent principle when crossing each level of complexity. We also point to the universality of the division at each level of complexity into elementary units (which we call *atomization*).

1. Wstęp: Co to jest emergentność?

Emergentność w fizyce czy nauce przyrodniczej to wyłonienie się nowej koncepcji jakościowej nieodzownej do opisu ilościowego złożoności w zjawiskach takich, jak przejścia fazowe lub skokowa zmiana w ewolucji biologicznej, czy też w ogólności, pojawienie się aspektu funkcjonalnego przy stopniowym wzroście złożoności struktury atomowej układu. We wklejce 1 podałem popularne znaczenia tego terminu. Będę używał terminu *emergentność* a nie *emergencja*, gdyż chodzi mi tutaj o podkreślenie nowej cechy nieodzownej dla całości opisu. Dlatego też należy odróżnić ją od koncepcji całościowej teorii czy dziedziny, czyli *paradygmatu* według T.S. Kuhna, gdyż emergentne mogą być zarówno zjawisko, jak i koncepcja (założenie) wyodrębniające zasadniczy aspekt jakościowy przy budowie teorii ilościowej czy dziedziny wiedzy, czy nawet umożliwiającą wprowadzenie hierarchicznego podziału nauki.

Do zajęcia się tematyką emergentności zainspirował mnie przede wszystkim artykuł P. W. Andersona *More is different* [1] (*Więcej jest inne*, w sensie:

Emergentny

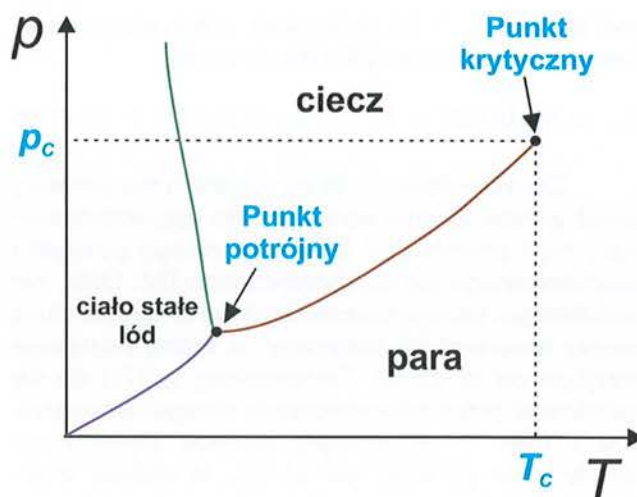
1. Wynurzający się; rodzący ciągle nowe, niedające się uprzednio przewidzieć właściwości;
2. Emergencja w rozwoju, ewolucji: twórców emergentnej teorii ewolucji zastanawiało to, dlaczego wśród wykopalisk z minionych epok znajdujemy tak niewiele form pośrednich, "przejęciowych ogniw"; czemu nowe formy pojawiają się zwykle w sposób nagły i są czymś zasadniczo różnym, choć jednocześnie wyraźnie spokrewnionym ze swoimi przodkami (Słownik Wyrazów Obcych);
3. Ewolucja emergentna – nagłe powstawanie nowych, lepiej rozwiniętych systemów biologicznych. Końcowa forma ewolucji emergentnej: mózg ludzki;
4. Emergentność w naukach ścisłych: niemieszcząca się w schemacie obliczeniowym (matematycznym) forma założenia (np. koncepcja spontanicznego złamania symetrii), lub koncepcja nowej formy materii.

mnogość jest jakościowo różna od sumy elementów); także jego późniejsze omówienia [2,3,4]. We wklejce 2 przytaczam fragment jego oryginalnego artykułu [1], stanowiący swego rodzaju motto koncepcji emergentności. Motywacją do napisania niniejszego artykułu jest próba przedstawienia tej najbardziej zbliżonej do treści fizyki koncepcji porządkującej aspekty jakościowe, które mają bezpośredni wpływ na obliczenia i interpretacje ilościowe w układach złożonych (np. wielocząstkowych). Zanim jednak zajmę się omówieniem o charakterze ogólnym, podam kilka prostych przykładów użyteczności koncepcji emergentności. Dla przyrodnika najlepszą formą poznania jakiegokolwiek nowej koncepcji jest podanie ilustrujących przykładów.

2. Proste przykłady emergentności

Przykład 1: Przejście fazowe jako spontaniczne złamanie symetrii układu i zjawiska krytyczne jako istotne osłabiwości wielkości mierzalnych

Już jako dzieci w szkole podstawowej uczymy się, że woda występuje w Przyrodzie w trzech stanach skupienia: ciekłym, gazowym (para wodna) i stałym (lód). Jako uczeń zapytałem wtedy: a dlaczego akurat tak? Możecie sobie Państwo wyobrazić minę nauczyciela. W szkole średniej nauczyciel być może pokaże tzw. wykres faz, np. na płaszczyźnie ciśnienie (p) – temperatura (T), który wygląda, tak jak to schematycznie pokazano na Rys. 1.



Rys. 1: Wykres faz wody na płaszczyźnie temperatura T – ciśnienie p , z zaznaczonymi punktami krytycznym i potrójnym. Na granicy poszczególnych faz występują nieciągłości lub osłabiwości (w punkcie kryt.), które definiują fazy układu

obszary między nimi, które nazywamy *fazami*. Poza obejściem „z góry” punktu krytycznego nie da się przejść granic faz, zachowując ciągłość wielkości fizycznych. W tym sensie poszczególne fazy stanowią „osobne Wszechświaty”. Pojawienie się tych faz, przy ciągłej zmianie p czy T to właśnie przykład na emergentność Przyrody. Oznacza to tyle, że w układzie pojawia się spontanicznie nieciągłość (np. w sensie złamania symetrii) zmiana, która zaprzecza ciągłej ewolucji układu. Pozostaje zapytać, czy istnieje jeden opis teoretyczny (tzw. równanie stanu) obejmujący wszystkie fazy, wraz z liniami nieciągłości i punktami osłabiwości. Odpowiedź na to pytanie jest **tak**, ale tylko w pewnych przypadkach, np. gdy uogólniamy zwykły opis termodynamiczny. Jest to w najprostszym przypadku teoria Landaua przejść fazowych, o czym jeszcze napiszę niżej.

A. Krytyczność w pobliżu przejścia fazowego a emergentność

Najbardziej intrygującym przypadkiem pojawienia się emergentności jest tzw. zachowanie krytyczne układu. Weźmy pod uwagę układ oddziaływających spinów, jak to przedstawiono schematycznie na Rys. 2. Mechanicznie oczekivalibyśmy, że dla temperatury (w skali Kelvina) $T=0$ wszystkie spiny ułożone będą równolegle ze względu na proste oddziaływanie wymienne pomiędzy sąsiadami ($i, i+1$) z energii całkowitej układu w postaci

$$E = -J \sum_i \langle S_i \cdot S_{i+1} \rangle \underset{T=0}{\simeq} -JS^2 zN, \quad (1.1)$$

gdzie S jest wielkością spinu, $J > 0$ tzw. całką wymiany, a $z = 2$ liczbą sąsiadów. Przy temperaturze T takiej, że $k_B T \gg J$, oczekujemy, że chaos termiczny spowoduje kompletną dezorientację przestrzenną spinów i wtedy $E \simeq 0$ (spiny stają się nieskorelowane,

Motto emergentności

Możliwość redukcji wszystkiego do prostych praw fundamentalnych bynajmniej nie oznacza, że możemy wystartować z tych praw i zrekonstruować Wszechświat w jego złożoności. Hipoteza konstrukcjonizmu załamuje się, gdy jest skonfrontowana z bliźniaczymi trudnościami zmiany skali opisywanych układów (rozmiaru), a także ich złożoności. Na każdym stopniu złożoności całkowicie nowe własności pojawiają się: psychologia to nie stosowana biologia, biologia to nie stosowana chemia, chemia to nie stosowana fizyka, itd. W ten sposób widzimy, że całość staje się nie tylko czymś więcej, ale przede wszystkim zasadniczo różnym od sumy jego części. (P.W. Anderson, Science 177,393 (1972)).

Dobry nauczyciel powie też z pewnością o tzw. punkcie potrójnym współistnienia trzech faz, oraz o punkcie krytycznym, gdzie zaciera się różnica pomiędzy parą a wodą. Dodatkowo, należy wiedzieć, iż w tym punkcie krytycznym mamy do czynienia z istotnymi osłabiwościami (nieskończonościami) takich wielkości jak ściśłość czy ciepło właściwe. Co więcej, wzdłuż linii granicznych występuje nieciągłość wielkości fizycznych (np. pojemności cieplnej) i te nieciągłości, tak jak granice państw, określają nam

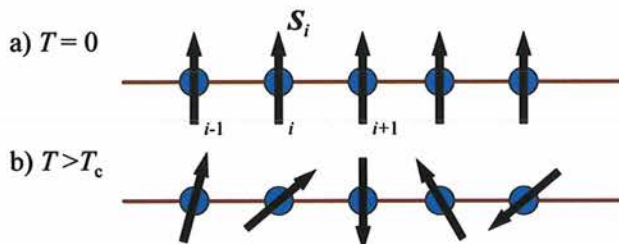
czyli średnia $\langle \dots \rangle = 0$). Natomiast, w tym nieuporządkowanym stanie entropia układu wynosi

$$S_{en} = k_B \ln (2S + 1)^N = k_B N \ln (2S + 1). \quad (1.2)$$

Oczekiwalibyśmy, że ze wzrostem temperatury układ spinów zacznie się stopniowo rozporządkowywać, czyli przechodzić od kompletnego porządku mechanicznego (a) do chaotycznego (b). Otóż, nic podobnego! Istnieje charakterystyczna temperatura zwana *temperaturą krytyczną*, w której następuje przejście od a) do b). Temperaturę tę (T_c) da się oszacować przez zrównoważenie energii (wewnętrznej) E (dla $T = 0$) energią szumów termicznych układu w tym punkcie, równej $T_c S_{en}$. W efekcie, otrzymujemy

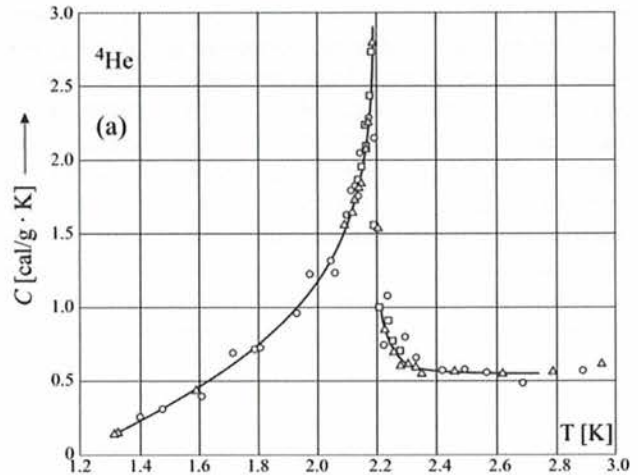
$$T_c = \frac{J_z S^2}{k_B \ln (2S+1)}. \quad (1.3)$$

Co prawda, argument ten nie stosuje się, ściśle mówiąc, dla przypadku łańcucha spinowego przedstawionego na Rys. 2, ale z pewnością dla układów trójwymiarowych ($z = 6, 8, 12$).

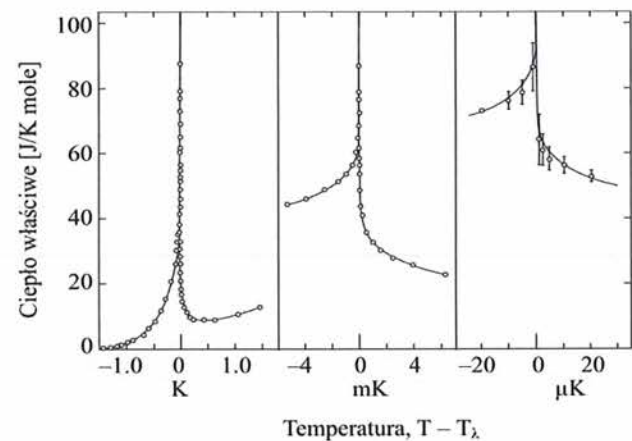


Rys. 2: Schematyczny obraz oddziaływujących spinów w stanie podstawowym ($T = 0$) i chaotycznym ($T > T_c$)

Istota tego argumentu jest taka, że w układzie termodynamicznym odpowiednikiem energii mechanicznej układu jest jego energia swobodna $F = E - TS_{en}$, w której występuje wyraz przedstawiający energię termiczną $\sim T$ „wpompowaną” do układu przy podnoszeniu temperatury. Zachowanie krytyczne i uporządkowanie spinów dla $T \leq T_c$ zachodzi, gdy te dwa konkurencyjne wyrazy są porównywalnej wielkości, tj. $E(T=0) \simeq T_c S_{en}$. Emergentność polega tutaj na tym, że: (i) w $T = T_c$ następuje wybór **jednego** wspólnego kierunku globalnego $\langle S_i \rangle \equiv \langle S^* \rangle e_z$ mimo, iż jest kontinuum równoważnych globalnych orientacji oraz (ii) $\langle S_i \rangle \neq 0$ poniżej tej ściśle określonej temperatury. Innymi słowy, fakt pojawienia się „zamarzania spinów” jest zjawiskiem nieciągłym (spontaniczne złamanie symetrii ze względu na kierunek orientacji), natomiast ewolucja amplitudy w porządkowaniu $\langle S_i \rangle$ jest już ciągła przy stopniowym obniżaniu temperatury od $T = T_c$, aż do jej wysycenia $|\langle S_i \rangle| = S$ dla $T \rightarrow 0$. W bardziej wyrafinowanych modelach fermionów i bozonów sytuacja jest znacznie bardziej skomplikowana, gdyż mamy do wyboru zwykle nieskończoną liczbę rozwiązań z różnym wyborem sposobu łama-



Rys. 3: Zgrubna zależność temperaturowa ciepła właściwego dla skondensowanego helu 4 w pobliżu punktu krytycznego "lambda" 2.17K przejścia fazowego do stanu nadciekłego



Rys. 4: Osobliwość ciepła właściwego dla skondensowanego (ciekłego) helu 4 w punkcie krytycznym lambda przy przejściu do stanu nadciekłego w temperaturze 2.17K. Osobliwość jest w przybliżeniu logarytmiczna [dane: Buckingham i Fairbank (1961); por. także: J.A. Lipa i inni, Phys. Rev. Lett. **76**, 944 (1996)], i to zarówno na skali ułamka Kelwina, jak i w mK, a nawet μK !

nia symetrii (różnych faz), ale za każdym razem musimy najpierw założyć, w jaki sposób złamiemy symetrię układu (wprowadzić element emergentności), a dopiero potem wykonać obliczenia dla tak założonego stanu (fazy), a następnie wybrać tę, która ma najniższą energię swobodną (czy energię Gibbsa, w zależności od warunków eksperymentalnych).

B. Warunek krytyczności:

Osobliwości wielkości fizycznych

Występowanie tzw. istotnych osobliwości w fizyce nie jest czymś nowym, wystarczy wymienić osobliwości dla czarnych dziur czy w punkcie początkowym historii Wszechświata. Jednakże, chciałbym zwrócić tutaj uwagę na istnienie osobliwości występujących w naszych laboratoriach i konkretne pomiary w ich okolicy. Jako przykład (Rys. 3) wybrałem

historyczną już [Keesom, 1932] zależność ciepła właściwego od temperatury dla przejścia ze stanu cieczy normalnej do fazy nadciekłej dla skondensowanego helu 4 (^4He). Jest to przejście typu *lambda*, jaki to kształt pokazują wyniki eksperymentalne, które dodatkowo sugerują osobliwe zachowanie tej wielkości dla $T = T_\lambda \simeq 2.17\text{K}$. Potwierdzeniem faktu, iż jest to rzeczywiście zachowanie osobliwe, są wykresy stanowiące Rys. 4, w skali różnicy $T - T_\lambda$, odpowiednio w częściach kelwina, milikelwinach i mikrokewelwinach. Na wszystkich tych skalach różnych rzędów wielkości linia ciągła przedstawia w dobrym przybliżeniu zależność $A_\pm \ln |T - T_\lambda|$, gdzie stała $A_\pm$ jest wybrana dla $T \rightarrow T_\lambda \pm 0$, odpowiednio. Możemy zatem mówić o *uniwersalnym charakterze* tej osobliwości. Nawiasem mówiąc, widać, jak istotny jest dokładny wybór punktu T_λ !

Zastanówmy się chwilę nad znaczeniem tych osobliwości. Ciepło właściwe (czy molowe) np. przy stałej objętości jest zdefiniowane jako $C(T) \equiv (\partial E / \partial T)_V$ i oznacza przyrost energii termicznej układu przy wzroście temperatury o 1K. Jeśli przyjąć, że wzrost C_V oznacza po prostu wzrost dostępnych („odmrożonych”) stopni swobody ze wzrostem temperatury i że dla $T \geq T_\lambda$ wszystkie stopnie swobody układu są dostępne, to $C_V(T_c)$ oznacza, iż efektywnie odmrożono nieskończoną ich liczbę przy wzroście temperatury o 1K do $T = T_\lambda$. Taka nieskończoność wyraża w przypadku spinów uwolnienie wyboru jednego z kierunków orientacji spinu na kwazikontinuum możliwości przy $N \rightarrow \infty$. Oczywiście, ta nasza interpretacja osobliwości jest bardziej „fizyczna” niż „matematyczna”, ale dla naszych celów wystarczy.

W ogólności, w pobliżu punktu krytycznego obserwuje się osobliwości w postaci tzw. wykładników krytycznych $C_p \sim (|T - T_c|)^{-\alpha}$, $\chi \sim (|T - T_c|)^{-\gamma}$, gdzie $\alpha \leq 0.1$ oraz $\gamma \approx 4/3$, dla prostego ferromagnetyka, dla którego χ jest tzw. podatnością magnetyczną.

C. Emergentność w sposób ilościowy: Parametr porządku i uogólniona termodynamika Landaua

Dla opisu tych osobliwości potrzebna jest uogólniona termodynamika wprowadzona przez Landaua, wyprowadzana następnie mikroskopowo dla wielu różnych układów modelowych. Zastługą Landaua było wykazanie na prostym schemacie uniwersalności zachowania krytycznego w wielu układach fizycznych, a przede wszystkim wprowadzenie nowej charakterystyki na poziomie makro, która uzupełnia termodynamikę. Tą wielkością jest parametr uporządkowania. Weźmy na przykład pod uwagę powyższy układ spinów $S = 1/2$, ze stanami z-towej składowej $S^z = \pm 1/2$. Ze spinem związana jest w magnetyzmie spinowa polaryzacja (w jednostkach $(g\mu_B)$) zdefiniowana jako

$$\eta \equiv \frac{N_\uparrow - N_\downarrow}{N_\uparrow + N_\downarrow}, \quad (1.4)$$

gdzie N_σ jest liczbą momentów spinowych w kierunku $\sigma = \uparrow$ lub $\downarrow$. Ten parametr jest niezerowy dla $T < T_c$. Co więcej, wykazuje on zachowanie krytyczne, tj.

$$\eta = \eta(T) = \begin{cases} \eta_0 [(T_c - T)/T_c]^\beta & \text{dla } T \leq T_c, \\ 0 & \text{dla } T \geq T_c, \end{cases} \quad (1.5)$$

gdzie dla prostych ferromagnetyków $\beta \simeq 1/3$. Widzimy zatem, że parametr porządku (w tym przypadku polaryzacja magnetyczna) jest nową charakterystyką opisującą stan ze spontanicznym momentem magnetycznym w określonym kierunku wybranym jako oś z. Można też powiedzieć, iż parametr porządku jest wielkością emergentną, która pojawia się na poziomie makroskopowym; nie ma go bowiem na poziomie oddziaływania (1.1). Zaskakującą jest okoliczność wprowadzenia parametru porządku, a mianowicie koncepcji energii swobodnej Landaua jako uogólnienia w tym wypadku fizycznej termodynamicznej energii swobodnej. A mianowicie, żeby otrzymać zależność typu (1.5), należy wystartować z uogólnionej energii swobodnej (na jednostkę objętości) w postaci

$$\frac{F(T, H, V)}{V} = \frac{F_n}{V} + a(T - T_c)\eta^2 + b\eta^4 - \eta H + \dots, \quad (1.6)$$

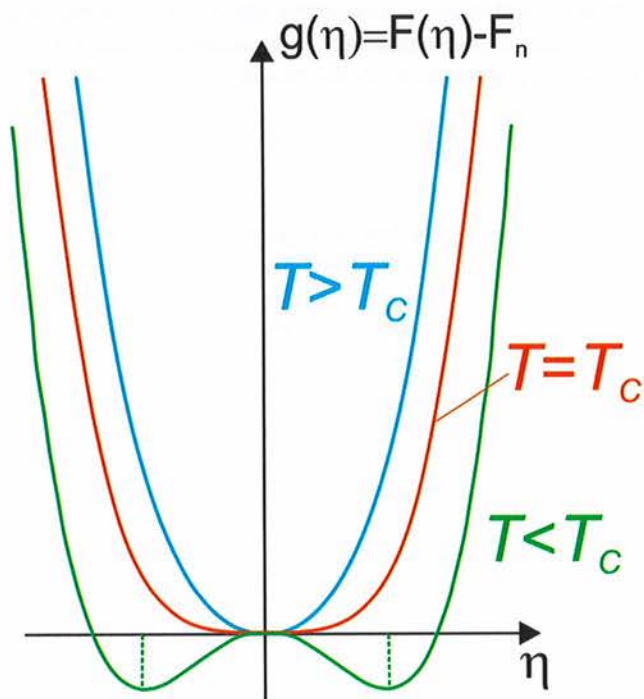
w której F_n jest energią swobodną dla stanu nieuporządkowanego (bez złamania symetrii), a i b są stałymi (> 0) do wyznaczenia z teorii mikroskopowej, natomiast H jest natężeniem pola magnetycznego. Zaskakującą cechą (1.6) jest to, iż normalnie energia swobodna jest tylko funkcją temperatury T , objętości V oraz pola magnetycznego H . W wyrażeniu Landaua pojawia się także tzw. *kanonicznie sprzężona zmienna* – moment magnetyczny $M \equiv \eta V$, co nie powinno mieć miejsca (w poszczególnych funkcjach stanu dla układu magnetycznego winno występować albo ηV , albo H). Landau znalazł wyjście z tego dylematu postulując, że fizyczna energia swobodna to wielkość F zminimalizowana względem η , co prowadzi do zależności (1.5) z $\beta = 1/2$. Tak więc w efekcie

$$\frac{F(T, H, V)}{V} = \begin{cases} F_n/V - \frac{a}{4b}(T - T_c)^2 & \text{dla } T \leq T_c \\ F_n/V & \text{dla } T \geq T_c \end{cases}, \quad (1.7)$$

co z kolei prowadzi do liniowej nieciągłości ciepła właściwego dla $T = T_c$ przy ogólnej jego postaci

$$C_V = \begin{cases} C_n + \frac{a}{2b} \cdot T & \text{dla } T \leq T_c \\ C_n & \text{dla } T \geq T_c \end{cases}, \quad (1.8)$$

gdzie C_n jest wielkością ciepła właściwego w stanie nieuporządkowanym. Z takiej liniowej nieciągłości jeszcze daleko do rozbieżności typu *lambda* z Rys. 3; wymaga to uwzględnienia fluktuacji termicznych parametru η . Jednakże, żeby w ogóle móc wprowadzić

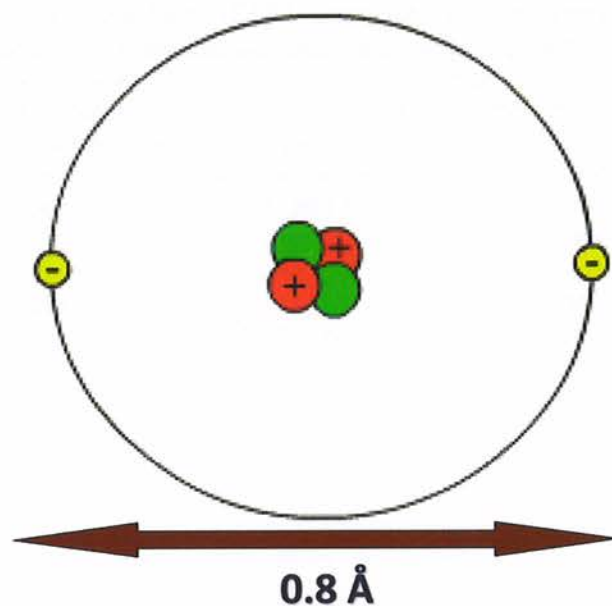


Rys. 5: Efektywny kształt energii dla jednorodnego parametru uporządkowania. Dla $T < T_c$ mamy dwa niezerowe rozwiązania $\pm\eta$ (por. linie przerywane)

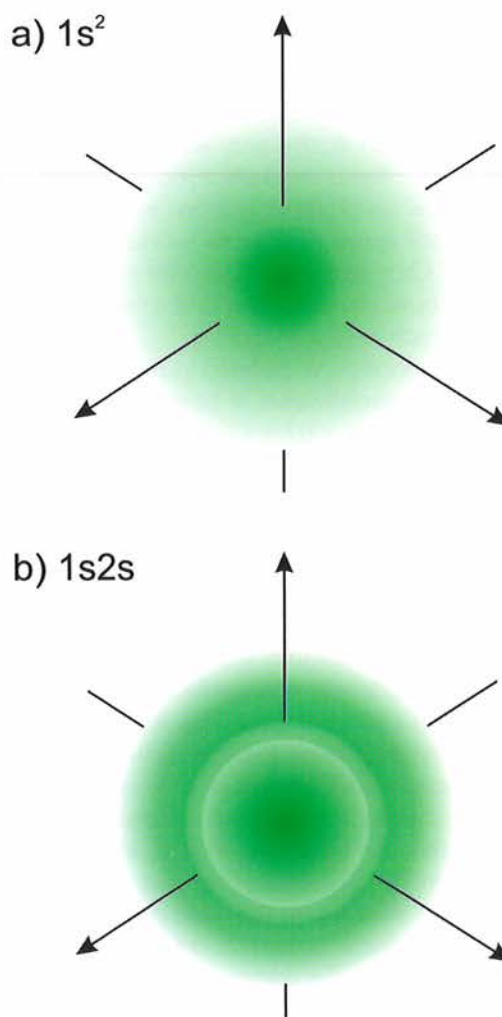
opis ilościowy układu, należało wprowadzić nową wielkość – parametr porządku, jako wielkość emergentną, którą zapostulowano, a następnie uwzględniono w rozszerzonym podejściu formalnym. Na Rys. 5 przedstawiono zmianę charakteru zależności funkcji $g(\eta) \equiv F(\eta, T, H=0) - F_n$ przy przekraczaniu punktu krytycznego $T = T_c$, co objawia się tym, że dla $T < T_c$ występuje minimum przy $\eta \neq 0$. Należy też zauważyć symetrię $\pm\eta$ rozwiązania, co ma znaczenie przy głębszej dyskusji fenomenu spontanicznego złamania symetrii. Dla $T \geq T_c$ występuje tylko rozwiązanie z $\eta = 0$.

Przykład 2: Od kwantowej struktury atomowej do funkcjonalności

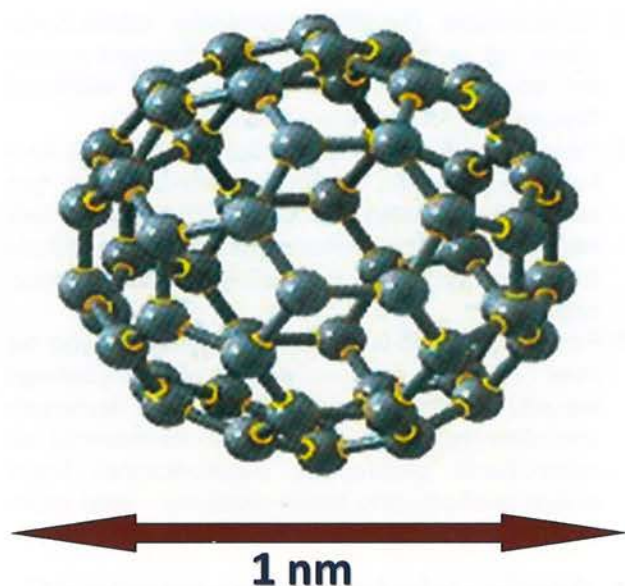
Poprzedni przykład dotyczył sytuacji, w której emergentna koncepcja spontanicznie złamanej symetrii przy ciągłym przejściu fazowym, została pięknie zracjonalizowana matematycznie przez Landaua. Obecny przykład dotyczy wprowadzenia koncepcji emergentności w trudniejszej sytuacji powstawania złożoności ze wzrostem rozmiaru atomowego układu. Na Rys. 6 przedstawiono schematycznie atom ${}^4\text{He}$ wg. koncepcji Bohra. Jest to najmniejszy atom w Przyrodzie, a jego rozmiar to $0.8\text{\AA} = 0.08\text{nm}$. Oczywiście, jest to obraz schematyczny tego atomu; bardziej zaawansowany obraz zawiera elektronowe chmury prawdopodobieństwa, jak to przedstawiono na Rys. 7 dla stanu podstawowego ($1s^2$) oraz z jednym elektronem wzbudzonym w stanie $2s$.



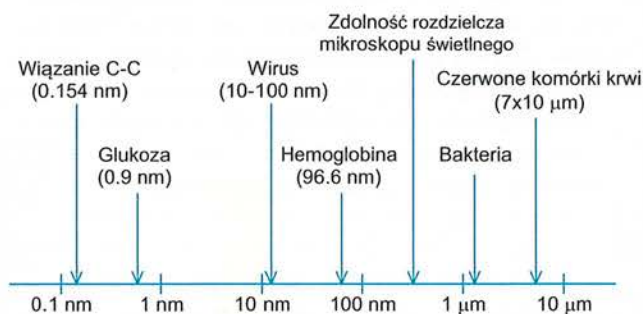
Rys. 6: Schematyczny obraz atomu helu wg. Bohra z charakterystycznym rozmiarem orbity $1s^2$



Rys. 7: Schematyczny obraz falowy atomu helu w stanie $1s^2$ (a) i $1s2s$ (b). Taki obraz atomu wynika z założenia dualizmu korpuskularno-falowego (emergentność w tym przypadku, por. niżej)



Rys. 8: Struktura fullereny C_{60} : słaba emergentność (dająca się wytłumaczyć ilościowo) polega na dwuwymiarowym charakterze struktury molekuł, zamiast oczekiwanej intuicyjnie ciasno upakowanej struktury atomów



Rys. 9: Charakterystyka rozmiarowa (skala) różnych układów. Rozmiar prostych wirusów (10 nm) jest rozmiarem krytycznym, przy którym oprócz struktury kwantowo-chemicznej pojawia się nowa cecha emergentna – funkcjonalność (oddziaływanie ze środowiskiem) [M. Kosz-Vnenchak, inf. prywatna]

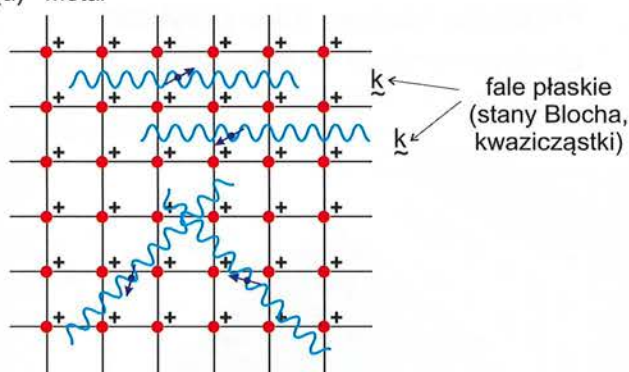
Zastanówmy się, co się stanie, gdy zwiększymy rozmiar układu o rząd wielkości, do 1 nm. Przykładem takiego układu jest molekula C_{60} (fullereny), jak to przedstawiono na Rys. 8. Zauważmy, że teraz układ ma już 60 atomów z silnymi wiązaniami kowalencyjnymi. Jeśli zwiększymy rozmiar o dalszy rząd wielkości (por. Rys. 9), to pojawią się już najprostsze wirusy mozaiki tytoniowej o rozmiarze ~ 10 nm i $N \sim 10^3$ atomów węgla, wodoru, itd. Nastąpiła jednak przy tym ostatnim powiększeniu układu zasadnicza zmiana, gdyż wirusy mają już łatwość dopasowywania się do otoczenia, wbudowywania się w inne struktury itp. Mówimy, że oprócz struktury atomowej mamy tutaj do czynienia z *funkcjonalnością* układu tzn. zmianą własności fizycznych w środowisku stacjonarnym, ale niekoniecznie równowagowym w sensie mechanicznym. Czy tu pojawia się ta emergentność w postaci funkcjonalności? Zapewne, tak duży bowiem układ ma już spektrum stanów wzbudzonych w zakresie zaburzeń w skali ter-

micznej układów żywych. Czy takie zjawisko to prekursor zachowania biologicznego? Oto jest pytanie dla badaczy tworzących modele dynamiczne tak złożonych układów.

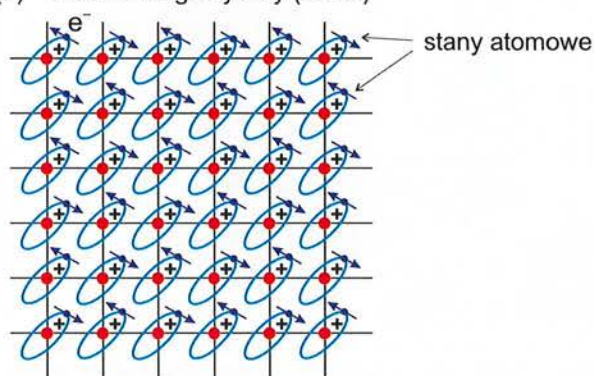
Przykład 3: Dychotomia lokalizacja – delokalizacja (przejście Motta)

Trzeci przykład dotyczy moich własnych prac na temat przejścia fazowego od stanów atomowych (zlokalizowanych) do stanów zdelokalizowanych (gazu elektronowego), czyli przejścia od fizyki atomowej do fizyki ciała stałego [5]. Przykład takiego przejścia od jednego typu stanów do drugiego zobrazowano na Rys. 10. Zadziwiającą sprawą jest tutaj to, że dość podobny mechanizm delokalizacji obserwuje się przy tworzeniu się plazmy kwarkowo-gluonowej (tzw. deconfinement [6]). Wydawać by się mogło, iż gaz elektronowy tworzy się stopniowo przy ściskaniu sieci stanów atomowych (por. Rys. 10b). Nic podobnego, przejście od b) do a) (lub odwrotnie) to jedno z bardzo gwałtownych przejść fazowych nieciągłych (np. dla związku V_2O_3 obserwowane takie przejście w temperaturze prowadzi do skoku przewodnictwa elektrycznego 10^8 razy). Co więcej, dia-

(a) Metal



(b) Izolator magnetyczny (Motta)



Rys. 10: Schematyczne przedstawienie metalu jako gazu elektronowego wypełniającego sieć jonów (a) oraz izolatora Motta (b) jako sieci atomów z jednym elektronem walencyjnym i antyferromagnetycznym uporządkowaniem spinów tych elektronów. Silnie nieciągłe przejście fazowe występuje między stanami (a) i (b), reprezentującymi przy $T=0$ dwa różne stany kwantowe; jest to więc przejście fazowe kwantowe, np. pod wpływem ciśnienia wskutek konkurencji różnych wkładów do energii układu

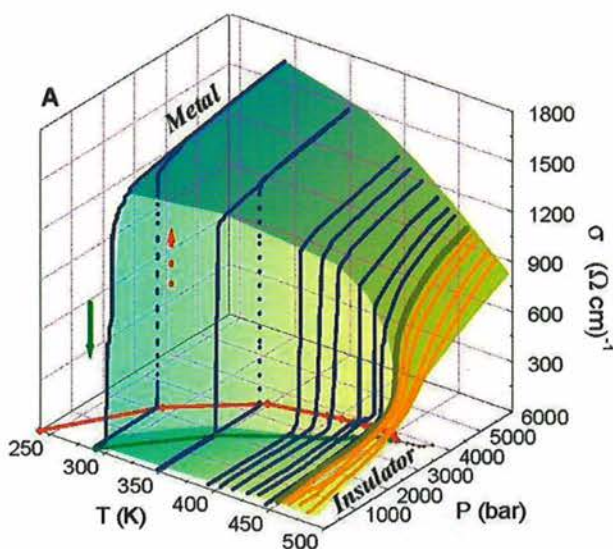
gram fazowy dla takiego układu czysto fermionowego ma punkt krytyczny takiego samego typu jak ten pokazany dla układu pary wodnej, jak to zilustrowano na Rys. 11. Widać, że cechy uniwersalne przejść fazowych są niezależne od tego, czy oddziaływanie w różny sposób cząstki traktujemy jako klasyczne czy kwantowe. Ważne tylko, że jest konkurencja między energią mechaniczną a termiczną.

Emergentność polega w tym przypadku na uniwersalności tego typu przejścia. Poza tym, należy zapytać, skąd pojawia się taka uniwersalność? Nie wchodząc w szczegóły techniczne [7] można powiedzieć, że ma tutaj miejsce konkurencja między aspektem jednoczątkowym energii elektronów w metalu (energia wiązania $E_B < 0$) i oddziaływaniem kulombowskim ($E_C > 0$), a także prawie całkowita kompensacja tych dwóch czynników (ich energia w stanie atomowym jest wzięta jako punkt odniesienia, $E_{at} = 0$). W takiej sytuacji, małe zaburzenie w postaci np. energii termicznej $k_B T_C \approx 40 \text{ meV}$ jest w stanie destabilizować układ scharakteryzowany przez znacznie większe energie: $|E_B|, E_C \sim 1 \text{ eV}$. Wrócimy jeszcze w sposób ogólniejszy do tego schematu myślenia.

3. Podsumowanie 1:

Przejścia fazowe jako przykład emergentności w Przyrodzie

Wymienimy zatem trzy podstawowe czynniki emergentności na przykładzie przejść fazowych:



Rys. 11: Przejście lokalizacja – delokalizacja (izolator Motta – metal) dla układu V_3O_3 na przykładzie zależności przewodnictwa elektrycznego $\sigma = \sigma(T, p)$; linia pozioma przejścia nieciągłego kończy się w punkcie krytycznym $T_C \approx 450 \text{ K}$, $p_C \approx 40 \text{ kbar}$. Przejście nieciągłe objawia się m.in. histeretą (strzałki w dół i w górę oznaczają odpowiednio różnice przy rozprężaniu i ściskaniu układu). Zauważmy, że ciecz elektronowa zachowuje się w pobliżu (T_C, p_C) tak samo, jak układ woda – para wodna, co stanowi o emergentności (a zatem uniwersalności) w tym przypadku układu [8]

- 1) Konkurencja (konflikt) pomiędzy oddziaływaniami, np. mechanicznymi a termicznymi prowadzi do osobliwości lub nieciągłości wielkości fizycznych (parametrów układu).
- 2) Powstające fazy (stany układu) w wyniku tej konkurencji stanowią osobne wszechświaty w tym sensie, że nie dają się opisać przy pomocy jednego uniwersalnego stanu stacjonarnego układu (jednego fizycznego potencjału termodynamicznego).
- 3) Przejścia fazowe (niestabilności stanu) mogą też mieć miejsce pod wpływem nieskończonego wzrostu amplitudy fluktuacji wielkości fizycznych charakteryzujących układ; jest to zamrożenie lub odmrożenie praktycznie nieskończonej liczby stopni swobody przy takim przejściu – stąd spontaniczne złamanie symetrii w punkcie krytycznym.

4. Aspekty jakościowe (emergentność) i ilościowe (teorie, modele) w opisie Przyrody

Do tej pory wprowadzenie emergentności może się wydać dość oczywiste, czy nawet mało potrzebne. Zanim więc przejdziemy do bardziej ogólnej dyskusji wyodrębnimy aspekty jakościowe i ilościowe w opisie Przyrody. Do aspektów jakościowych można zaliczyć następujące składniki:

1. symetria układu, problemu czy modelu,
2. koncepcja spontanicznie złamanej symetrii i krytyczności,
3. dualizm falowo-korpuskularny (wraz z zasadą superpozycji), a także nierozróżnialność cząstek w przypadku ich wielkiej liczby,
4. hipoteza uniwersalności różnej klasy zjawisk (np. przejść fazowych, zjawiska rezonansu, niezależność praw Przyrody od miejsca we Wszechświecie, itp.).

Każdemu z tych aspektów jakościowych opisu układów towarzyszą aspekty ilościowe, które można przyporządkować odpowiednio w następujący sposób:

1. grupy symetrii i reprezentacje tych grup,
2. parametr uporządkowania i teoria Landaua-Wilsona-Hertza przejść fazowych (klasycznych i kwantowych),
3. równanie dynamiczne (falowe), teoria rozpraszania cząstek, podział na fermiony i bozony (statystyki kwantowe),
4. teoria skalowania wielkości fizycznych, itd.

Pozostaje zapytać się, czy należy te dwie klasy aspektów odróżniać od siebie, czy są to dwie strony tego samego opisu? Wydaje mi się, że jak najbardziej należy je odróżniać, gdyż aspekty ilościowe teorii się zmieniają (rozwiązania większości modeli układów złożonych są przybliżone), natomiast taka zmiana poglądu jakościowego prowadzi zazwyczaj do rewolucji naukowej (zmiany paradygmatu). Dla-

tego też, koncepcje jakościowe (poprzez które ujawnia się emergentność opisu zjawiska) powinny być zawsze jasno wyodrębnione, ich wyodrębnienie można nawet uznać jako nieodzowne dla najbardziej ogólnej charakterystyki opisu w celu sformułowania dziedziny, czy też naszej ich klasyfikacji. Dla kompletności, tę współgrę aspektów jakościowych i ilościowych omówionych wyżej przedstawiono w Tabeli 1.

5. Spektakularne przykłady kwantowe emergentności: nierozróżnialność cząstek, kondensacja Bosego-Einsteina, interpretacja Borna

W rozdziale 2 mówiliśmy o klasycznej emergentności cząstek kwantowych, bo mówiliśmy o ich termodynamicznym aspekcie – uniwersalności przejścia fazowego przy niezerowej temperaturze. Podobnie, przejście fazowe ze stanu normalnego do nadprzewodzącego przy $T_c > 0$ jest zwykle przejściem klasycznym. Interesującym pytaniem jest jednak wtedy, do jakiego stopnia makroskopowa funkcja falowa jest obiektem klasycznym, a do jakiego kwantowym? Nie będziemy się tym bardzo ciekawym problemem w tym miejscu zajmować; być może zrobimy to kiedy indziej. Natomiast, interesować nas będą tutaj trzy piękne przykłady emergentności w czystej postaci, która wydaje się nieodzowna dla kompletności opisu.

Przykład 4: Nierozróżnialność cząstek

Zasada nierozróżnialności cząstek kwantowych wyniknęła z prób systematycznego wyprowadzenia rozkładu Plancka dla ciała doskonale czarnego. Można tutaj nadmienić jako anegdotę fakt, iż początkowe niedowierzanie Einsteinowi co do koncepcji wprowadzenia fotonów jako cząstek światła wynikało m.in. z tego, że nie był on w stanie

wyprowadzić przy pomocy tej koncepcji rozkładu Plancka. Tym brakującym ogniwem jest zasada nierozróżnialności (Natanzona-Bosego) cząstek, która odróżnia w zasadniczy sposób metodę liczenia konfiguracji stanów makro od boltzmannowskich. Mówiąc krótko, $N!$ permutacji N cząstek w N stanach (rozkład Boltzmana), uważamy za jeden stan kwantowy, gdyż te ułożenia są nierozróżnialne! Ta właśnie zasada (założenie) stanowi emergentność tego układu kwantowego N nieoddziałujących cząstek. Ostatnio próbuje się zobaczyć nierozróżnialność w sposób doświadczalny [9]. Taka weryfikacja eksperymentalna jest o tyle ciekawa, iż np. układ jednowymiarowy bozonów z nieskończonym potencjałem odpychającym (dla wzajemnej odległości $|r_1 - r_2| \rightarrow 0$) winien się zachowywać jak gaz fermionów (z zakazem Pauliego). I tak właśnie jest. Mówimy, że następuje wtedy fermionizacja bozonów.

Przykład 5: Kondensacja Bosego-Einsteina

Brakującego ogniwka do wyprowadzenia rozkładu Plancka dostarczył A. Einsteinowi S. Bose [10]. Ten z kolei odwdzieczył się Bosemu uogólniając statystykę kwantową fotonów (bozonów) na gaz takich cząstek z niezerową masą [11]. Wracając jednak do rzeczy: Einstein pokazał, iż możliwe jest przejście fazowe do stanu kondensatu wszystkich cząstek (przy $T=0$) mimo, iż nie oddziałują one między sobą. Jak to jest możliwe; skąd bowiem cząstki wiedzą, że mają skondensować wszystkie lub prawie wszystkie do jednego stanu kwantowego jednocząstkowego, skoro nie ma oddziaływania między nimi? Fakt ten sprawiał mi problem w czasach studenckich. Wyjściem z sytuacji jest (emergentna) idea splątania kwantowego czyli osiągnięcie stanu kwantowego ze skorelowanymi wzajemnymi fazami ich funkcji falowych nawet bez oddziaływania. Najlepiej, jak ta faza będzie taka sama dla wszystkich cząstek, gdyż wtedy przy $N \rightarrow \infty$ cząstki tworzą jedną potężną falę materii

Tabela 1: Aspekty jakościowe versus ilościowe opisu fizycznego - przykłady

Jakościowe:		Ilościowe:
Symetria układu	↔	Grupy symetrii i ich reprezentacje
Spontaniczne złamanie symetrii	↔	Parametr uporządkowania Teoria Landaua i zjawisk krytycznych
Dualizm falowo-korpuskularny Nierozróżnialność cząstek	↔	Równanie falowe, rozkłady: Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina
Uniwersalność zjawisk i praw	↔	Teoria skalowania Równania globalne (np. Einsteina)

charakteryzującą się makroskopową funkcją falową, z własnością, iż $|\Psi|^2$ jest po prostu gęstością cząstek. Należy więc także zauważyć, iż np. napisanie funkcji falowej N fermionów w postaci wyznacznika Slatera to założenie ścisłych relacji fazowych pomiędzy funkcjami falowymi pojedynczych cząstek (poszczególne iloczyny N funkcji falowych ze znakiem $+$ lub $-$); jest więc tutaj założony *a priori* N cząstkowy koherentny stan kwantowy N nieoddziałujących cząstek! Nazwanie takiego założenia emergentnością pozwala na zwrócenie uwagi na fundamentalny czynnik jakościowy wprowadzony do opisu (nagminnie zresztą ignorowany w wielu dobrych podręcznikach).

Przykład 6: Interpretacja Borna jako przypadek silnej (nieoddzownej) emergentności

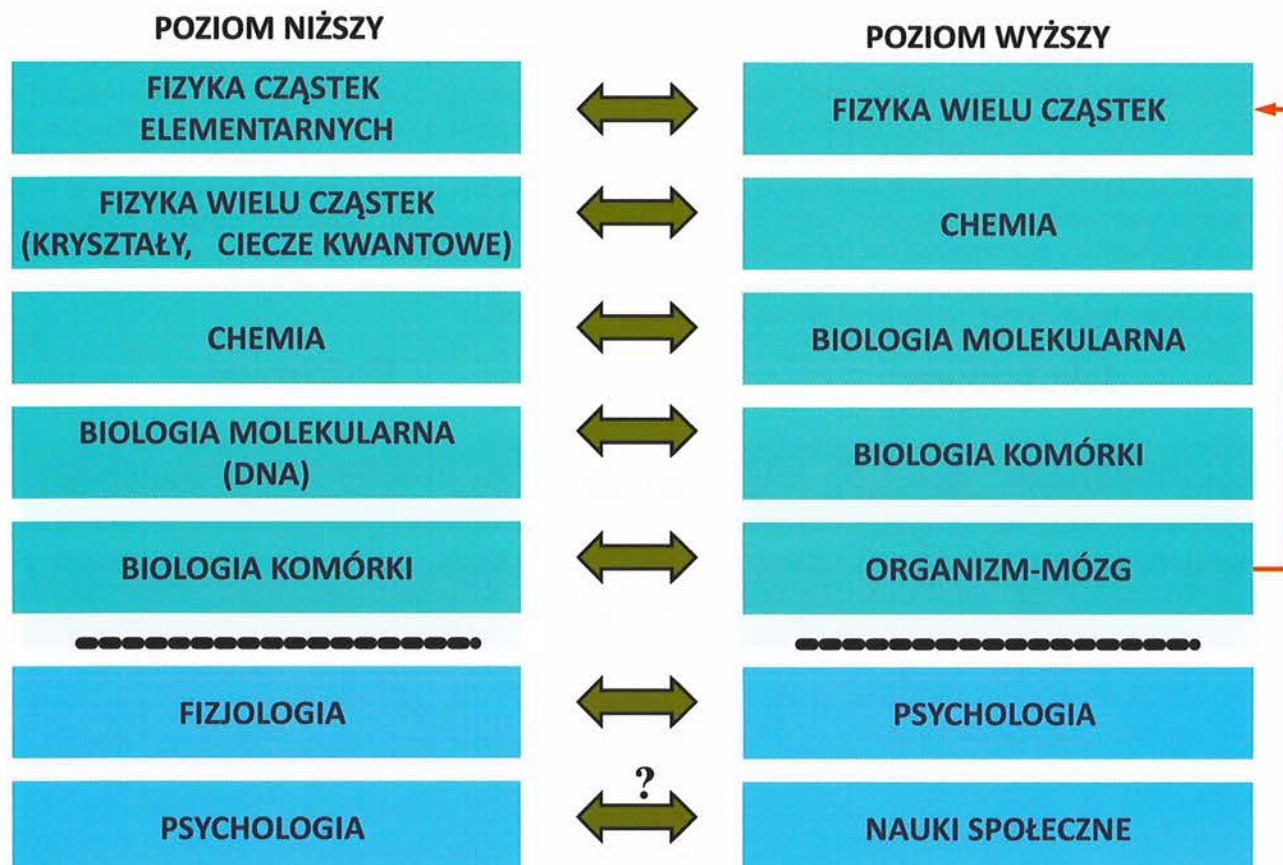
Jak już wspomniałem wcześniej, uważam tutaj za emergentność słabą taką koncepcję, którą w ramach rozwoju dziedziny uznaje się za uzasadnioną ilościowo. Problemem są koncepcje jakościowe, które są nieoddzowne do domknięcia ilościowego dziedziny, a absolutnie nie mieszczą się w tym ostatnim schemacie. Taki przypadek miał już miejsce w przypadku spontanicznego złamania symetrii.

W tym przykładzie chcemy zwrócić uwagę na silny, emergentny charakter interpretacji Borna funkcji falowej $\psi_\alpha(r)$, iż $|\psi_\alpha(r)|^2$ oznacza gęstość prawdopodobieństwa znalezienia cząstki jako obiektu punktowego w jednostce objętości zawierającej r i w stanie scharakteryzowanym przez zespół liczb kwantowych α . W tym punkcie kryje się zasadnicza cecha komplementarności (jako dopełnienia dualizmu potrzebnego do wprowadzenia równania falowego). Krótko mówiąc, interpretacja Borna została "włożona ręcznie" do mechaniki falowej. Tak więc, w mechanice kwantowej obrazy falowy i cząstkowy przeplatają się. Sytuacja jest znacznie bardziej subtelna w reprezentacji II kwantowania, gdzie obraz cząstkowy jest bardziej wyeksponowany.

Podsumowanie 2: Koncepcje emergentne stanowią granicę poznania przyrodniczego?

Koncepcje emergentne w fizyce wyrażają nam zatem podstawowe koncepcje jakościowe leżące u podstaw teorii ilościowej. Czy wyrażają one granicę naszego podejścia systematycznego do problemu? Zapewne tak. Niemniej jednak, można te podsta-

Tabela 2: Hierarchiczna struktura nauki (jaśniejszym kolorem oznaczono zmiany do podziału P. W. Andersona (wprowadzone przez autora). Znak $\longleftrightarrow$ oznacza, że różne poziomy hierarchii odpowiadają sobie w tym sensie, że poziom wyższy respektuje prawa poziomu niższego. Pionowa czerwona strzałka oznacza wieloelementową strukturę opisu obu tych układów (patrz następna sekcja)



wowe koncepcje testować eksperymentalnie, a nie tylko przewidywania wywiedzione w sposób formalno-logiczny startując z nich. Takim testem na koncepcję absolutnego czasu newtonowskiego stała się konkurencyjna hipoteza o stałości prędkości światła Einsteina. Takiego testu wymaga zapewne koncepcja punktowości cząstki. Nigdy jednak nie da się uzasadnić wszystkiego. Teoria wszystkiego nie istnieje! Granica pojęć czy założeń emergentnych zapewne będzie się przesuwiała z czasem, ale nie zniknie ze względu na nasze ograniczenia samopoznawcze, ale o tym na końcu.

6. Hierarchiczna struktura nauki

Przechodzimy teraz do zasadniczego rozszerzenia koncepcji emergentności i wprowadzimy na jej podstawie podział hierarchiczny struktury nauki. W Tabeli 2 przedstawiono nieco rozszerzony przeze mnie oryginalny podział hierarchiczny nauki wprowadzony przez P. W. Andersona. Wyróżniono tam poziom niższy, dla którego potrzeba mniej praw podstawowych, niż dla poziomu wyższego. Układy na poziomie wyższym respektują prawa poziomu niższego, ale posiadają jeszcze dodatkowo koncepcje emergentne. Takim emergentnym pojęciem przy przejściu od fizyki pojedynczych cząstek do fizyki układów wielu cząstek jest koncepcja spontanicznego łamania symetrii. Oczywiście, w międzyczasie koncepcja złamania symetrii została wprowadzona na poziomie niższym, bo kwantowa teoria pola, jednocząca obie te dziedziny, to teoria o nieskończonej liczbie stopni swobody, która efektywnie przybiera postać teorii układów nieskończenie wielu cząstek, jak to widać chociażby z faktu występowania w niej fluktuacji próżni. Niemniej jednak, taka klasyfikacja na prostsze i bardziej złożone dziedziny prawdopodobnie leży w naturze naszego poznania i zapamiętywania zdobytej informacji.

Podobnie, dzisiejsza chemia to nie stosowana fizyka, jak wielu z nas jeszcze powtarza za Bohrem czy Paulim. Jest tak, chociażby dlatego, że np. biochemia wprowadza pojęcie reakcji autokatalitycznych, które są podstawą do rozważań o replikacji DNA, itp.

7. Uniwersalność emergentności

Po wprowadzeniu hierarchicznej struktury nauki pozwolę sobie na krótką uwagę o hierarchicznej atomizacji. Mianowicie, nukleony składają się z subcząstek (kwarków i gluonów); jądra atomowe składają się z dobrze określonych nukleonów; atomy i molekuly składają się z elektronów i jąder atomowych; ciała stałe składają się z jonów/atomów i elektronów. Nawet najbardziej skomplikowane molekuly organiczne (DNA, białka) składają się z dobrze określonych atomów i ich grup, które tworzą także pojedyncze komórki, które z kolei tworzą tkanki czy całe organizmy z dobrze wyodrębnionych komórek. Nawet nasz mózg składa się z dobrze określonych

elementów: neuronów i astrocytów. Podobną strukturę złożoną z jednostek ma społeczeństwo. Czy zatem możemy powiedzieć, iż *uniwersalność budowy Przyrody* polega na "atomowości" elementów układu na kolejnych etapach złożoności oraz oddziaływań pomiędzy nimi (mechaniczne, connectivity, wymiana informacji), a także na oddziaływaniu z otoczeniem? Zauważmy, że taki jest także zgrubny fizyczny schemat komputera (oprócz pamięci). Czy oznacza to zatem, że istnieje jakaś jedna zasada emergentna konstrukcji Przyrody? Nie wiem.

8. Podsumowanie 3: Istota emergentności

Emergentność oznacza pojawianie się nowych cech jakościowych opisu lub nowego typu układu czy dziedziny wiedzy, nieredukowalnych do koncepcji już istniejących. Są to cechy, które pojawiają się w układach złożonych i nie dają się wydedukować z własności układów prostszych, które te układy złożone tworzą. Jest nieodzownym dopełnieniem opisu ilościowego.

Nowe cechy Przyrody (nowe prawa) układów złożonych są następstwem konkurencyjności oddziaływań (konfliktu interesów) czy też fluktuacji, a nowe stabilne stany, czy układy, czy też fazy powstają na skutek niestabilności stanów poprzednich. Ewolucja to struktura plus konflikt!

Nie wystarczy powiedzieć, że coś jest emergentne; trzeba bowiem opisać nowe cechy ilościowe, które z ich pomocą dają się wyprowadzić. Podstawowe emergentne składniki świata (i wiedzy o nim) są w najkrótszym skrócie następujące:

- 1) Cząstki i obiekty materialne: elektrony, nukleony, atomy, molekuly.
- 2) Chaos termiczny (wszechogarniający) $\sim k_B T$.
- 3) Oddziaływania i ich konkurencja (konflikt); spontaniczne łamanie symetrii (niestabilności).
- 4) Dualizm falowo-korpuskularny, zasady superpozycji i nierozróżnialność obiektów kwantowych.
- 5) Connectivity (usieciowienie, np. w neuronach liczba sąsiadów $\sim 10^0 - 10^4$).
- 6) Wymiana informacji pomiędzy (pod)układami, nawet bez istotnego składnika energetycznego.
- 7) Wynikająca ze złożoności ewolucja, samoorganizacja/autoreplikacja.
- 8) Hierarchizacja (cząstka, atom, komórka, tkanka, mózg, społeczeństwo) połączona z ponowną "atomowością" układu na każdym wyższym poziomie hierarchii.

Zdaniem autora, emergentne cechy teorii i budowy materii (zwłaszcza biofizycznej) to najciekawszy (i sprawdzalny!) aspekt filozoficzny badań pracującego Przyrodnika.

Podziękowania

Chciałbym podziękować Prof. Jerzemu Warczewskiemu za dyskusje i zachętę do napisania

tego artykułu. Dziękuję uczestnikom Interdyscyplinarnego Seminarium na Uniwersytecie Śląskim za liczne uwagi. Dziękuję Prof. Wojciechowi Szpankowskiemu z Purdue University (USA) za ciekawe dyskusje o naturze informacji. Dziękuję Pani Dr Danucie Goc-Jagło za pomoc techniczną przy redakcji referatów i tekstu, a także za uwagi. W końcu dziękuję Prof. Jerzemu Janikowi, za krótkie celne uwagi po moim referacie w PAU. Prof. Andrzej Zięba dostarczył mi dane stanowiące Rys. 3 i 4.

Dziękuję Profesorom Krzysztofowi Fiałkowskiemu i Kacprowi Zalewskiemu za wnikliwe przeczytanie tekstu i dyskusję.

Dziękuję Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za finansowanie niezależnych badań.

Literatura

- [1] P. W. Anderson, *More is different*, Science **177**, 393 (1972).
- [2] *More is Different*, pod red. N. P. Ong, R. N. Bhatt (Princeton University Press, 2001), szczególnie esej P. W. Andersona, str. 1-8.
- [3] P. W. Anderson, *Reflections on Twentieth Century Physics: Three Essays*, w *Twentieth Century Physics*, pod red.: L. M. Brown, A. Pais, B. Pippard (IOP Publ. Bristol and Philadelphia, 1995), vol. III, Chapter 27; str. 2017-2032; także S. Weinberg, *Nature itself*, *ibid.* str. 2033-2040.
- [4] P. W. Anderson, *More and different*, (World Scientific, New Jersey, 2011).
- [5] J. Spalek, w *Encyclopedia of Condensed Matter Physics* ed. F. Bassani i inni (Elsevier, 2005), vol. 3, str. 126-136.
- [6] K. Rajagopal, Nucl. Phys. A **661**, 150 (1999); S. Mrówczyński, Postępy Fizyki **50**, 225 (1999).
- [7] J. Spalek, Postępy Fizyki, **51**, 1 (2000); Eur. J. Phys. **21**, 511 (2000).
- [8] P. Limelette i inni, Science **302**, 89 (2003).
- [9] G. Zürn et al., Phys. Rev. Lett. **108**, 075303 (2012).
- [10] Piękne omówienie pracy Bosego można znaleźć w monografii: *Satyendra Nath Bose: His Life and Times*, edytor: K. C. Wali (World Scientific, New Jersey, 2009).
- [11] J. Stochel, por. Ref. [10], str. 431 i następne.

Post Scriptum:

Świat kwantowy

Uderzył mnie w głowę
kwant światła niewidzialnego
i zamienił się
w strumień iluminacji
tego faktu elementarnego.

Przeleciał elektron
wąską ścieżką,
w poprzek potencjału.
Przystanął i oświecił
całe laboratorium.
Oto dylemat komplementarności.

Rozpadło się jądro atomu
na dwie nierówne połowy,
nie wiedzieć dlaczego?
Po co? I kiedy?
Oto dylemat indeterminizmu.

I takie mają być
prawa fundamentalne?

A w międzyczasie,
zrelaksował atom w próżni
wypluwając dwa fotony,
z których jeden się zrealizował,
gdy zniknął drugi
w śmiertelnym pomiarze.

Przy okazji
zdechł kot Erwin,
którego miało tam nie być.
Ale w śmiertelnej agonii
zobaczył świat kwantowy,
który, oczywista,
istnieje tylko w naszej wyobraźni.
Czy wiesz, że w nim mieszkasz?

Józef Spalek

Autonomia nauki i religii.

Przedmiot fizyki i jej piękno

Jerzy Warczewski

Uniwersytet Śląski, Instytut Fizyki, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice

Streszczenie: Zdefiniowano przedmiot fizyki a także przedstawiono fundamentalne prawa i teorie fizyki oraz pewne ogólne jej charakterystyki jako nauki. Stwierdzono, że wszystkie wspomniane wyżej pojęcia tworzą razem przybliżenie tego, co można by nazwać kanonem współczesnej wiedzy fizycznej. Kanon ten jest przedmiotem ewolucji historycznej. Przypomniano cechy charakterystyczne teologii. Omówiono potencjalną relację fizyka-wiara. Przedyskutowano: rolę praw fundamentalnych jako granicy fizyki oraz to, co znajduje się poza tą granicą. Ukazano niezwykłą zbieżność między pięknem a głębią poznawczą doświadczeń fizycznych. Podkreślono **syngularyzm** czyli odrębność zarówno nauki jak i religii. Zwrócono uwagę na skłonność człowieka do antropomorfizacji we wszystkich aktach poznania.

Autonomy of science and religion. Subject of physics and its beauty

Abstract: The subject of physics has been defined and the fundamental laws and theories of physics as well as its certain general features have been presented. It has been stated that all the issues mentioned above make together the approximation of what one could call the canon of contemporary physical knowledge. This canon is subject to historical evolution. The characteristic features of theology have been recalled. The potential relation physics-faith has been discussed. The role of the fundamental laws as the limits of physics as well as the field beyond these limits have been discussed. The extraordinary coincidence between the beauty and the cognitive depth of the physical experiments has been pointed out. The **singularism**, that is singularity of science as well as religion is emphasized. The attention is paid to the inclination of human being towards the anthropomorphization in all the acts of cognition.

Wstęp

Niniejsza praca jest znacznym rozszerzeniem artykułu autora będącego rozdziałem w książce wydanej przez Wydawnictwo KUL [1]. Opiszemy tu przedmiot fizyki. Omówimy formę i hierarchię praw fizyki oraz rolę fundamentalnych praw, teorii i charakterystyk fizyki jako granic fizyki. Po zdefiniowaniu tych pojęć i przedstawieniu ich przykładów sformułujemy kanon współczesnej wiedzy fizycznej, będący zresztą przedmiotem ewolucji historycznej. Zreferujemy krytycznie redukcjonizm fizyczny, tj. kierunek filozoficzny bardzo zawężający horyzonty nauki i filozofii. Postaramy się ukazać piękno sztuki, piękno przyrody oraz piękno zjawisk i eksperymentów fizycznych. W tych ostatnich spróbujemy spojrzeć na związek piękna i prawdy. Wspomnimy parę słów o teologii. Przypomnimy Kantowskie, czyli ludzkie kategorie poznania i wskażemy na ich ograniczenia do badania przyrody.

Zwrócimy uwagę na skłonność człowieka do stosowania metod badania przyrody do „badania” religii i Boga, i nazwiemy ją antropomorfizacją. Wyjaśnimy, na czym polega autonomia, czyli syngularyzm nauki (fizyki) i religii (wiary) i zastanowimy się nad tym, co znajduje się poza granicami fizyki.

1. Kanon współczesnej wiedzy fizycznej

1.1. Przedmiot fizyki

Na pytanie czym jest fizyka odpowiemy opisując jej przedmiot. Otóż przedmiotem fizyki jest po pierwsze **formułowanie określonych pytań** a po drugie **szukanie odpowiedzi** na te pytania. Chodzi tu o pytania "gdzie", "kiedy", "jak" i "dlaczego" w odniesieniu do zjawisk Przyrody oraz o pytanie "ile" w odniesieniu do wartości wielkości fizycznych opisujących te zjawiska. Należy tu dodać, że odpowiedzi na pytania "gdzie" i "kiedy" mają ograniczenia

wynikające z własności Przyrody opisanych przez zasadę nieoznaczoności Heisenberga oraz przez szczególną i ogólną teorię względności Einsteina [1, 2]. Jak powiedział Adam Mickiewicz: „Pierwsza mowa szatana do rodu ludzkiego zaczęła się najskromniej od słowa: dlaczego?”. My będziemy jednak traktować pytanie „dlaczego” jako najbardziej ludzkie z ludzkich pytań! Rudyard Kipling, angielski laureat Nagrody Nobla w dziedzinie literatury, powiedział kiedyś: „Jest pięć tysięcy pytań gdzie, siedem tysięcy pytań jak i sto tysięcy pytań dlaczego”. Chciał on zaznaczyć przez te symboliczne liczby, że człowiek najczęściej zadaje właśnie pytania „dlaczego” i że są one dla człowieka najważniejsze. Pytania „dlaczego” pojawiające się w dziedzinie fizyki mają jednak – wbrew panującej powszechnie opinii – jedynie charakter pomocniczy i ich rola w fizyce jest związana z hierarchią praw fizyki, a także z ich formą.

1.2. Hierarchia praw fizyki.

Rola fundamentalnych praw fizyki

Ewolucja fizyki ukazała, że wiele stwierdzeń o Przyrodzie – odkrytych przez obserwacje i początkowo nazwanych przez fizyków prawami fizyki – utraciło swoje znaczenie fundamentalne, ponieważ później inne, bardziej ogólne stwierdzenia o Przyrodzie zostały odkryte (poprzez obserwacje i pewne rozważania matematyczne). Z tych ogólnych stwierdzeń można wyprowadzić owe pierwotnie sformułowane stwierdzenia już tylko na drodze matematycznej (używając przysłowiowego „ołówka i kartki papieru”), bez uciekania się do doświadczenia. Takie wyprowadzenie może być traktowane jako odpowiedź na pytanie „dlaczego” postawione w odniesieniu do jakiegoś szczegółowego stwierdzenia o Przyrodzie, przy czym odpowiedź ta odwołuje się do bardziej ogólnego stwierdzenia o Przyrodzie i nic więcej. Ten właśnie fakt pozwala mówić o hierarchii praw fizyki. Jako przykład podajmy tu powszechnie znane prawo optyki, że „kąt odbicia równa się kątowi padania”. Zostało ono odkryte przez niderlandzkiego fizyka Snella, który wielokrotnie zmieniał kąt padania światła na powierzchnię odbijającą, za każdym razem mierzył kąt odbicia i za każdym razem otrzymywał równość tych kątów. Sformułował zatem „prawo” mówiące o równości tych kątów. Nie umiał jednak odpowiedzieć na pytanie, dlaczego kąt odbicia równa się kątowi padania. Dopiero po odkryciu przez Maxwella teorii elektromagnetyzmu okazało się, że z niej można wyprowadzić na drodze matematycznej m.in. właśnie prawo Snella o równości kąta odbicia i kąta padania bez podejmowania żadnych takich pomiarów, których dokonał Snell. Zachowując zdrowy rozsądek możemy zatem powiedzieć, że prawo Snella utraciło rangę prawa Przyrody, ponieważ jego treść wynika z innego znacznie głębszego prawa, tj. teorii Maxwella. Z drugiej strony – jak wiadomo – siła przyzwyczajenia jest tak

ogromna, że do dzisiaj funkcjonują w fizyce obok tych ogólniejszych, a nawet najogólniejszych stwierdzeń o Przyrodzie także te najbardziej szczegółowe stwierdzenia i, co więcej, jedne i drugie są nazywane prawami fizyki. Taka sytuacja nawiasem mówiąc może wywołać w głowie niewprawnego badacza, np. w głowie studenta czy ucznia „mętlik teorio-poznawczy”, jeżeli się mu nie wyjaśni, że te wszystkie prawa, tj. m.in. te najbardziej ogólne jak też i te najbardziej szczegółowe, tworzą w sposób naturalny hierarchię. Najbardziej zatem ogólne stwierdzenia o Przyrodzie, z których można wyprowadzić wszystkie inne stwierdzenia o Przyrodzie, mogą być nazwane **fundamentalnymi prawami fizyki**, przynajmniej na pewien czas, dopóki bardziej ogólne i bardziej fundamentalne stwierdzenia o Przyrodzie nie zostaną odkryte. Trzeba tu wyraźnie podkreślić, że odpowiedzi na pytania „dlaczego” odnoszące się do fundamentalnych praw fizyki **nie istnieją**, przynajmniej w dziedzinie fizyki [1, 2].

1.3. Forma praw fizyki

Co się tyczy samej formy praw fizyki, to są one sformułowane w języku matematyki i przedstawiają relacje matematyczne między parametrami zjawisk, czyli wielkościami fizycznymi, mówią zatem jak przebiegają zjawiska Przyrody, tzn. odpowiadają na pytania „jak”, natomiast nie odpowiadają na pytania „gdzie”, „kiedy”, „dlaczego” i oczywiście „ile”. Są zatem prawa fizyki uniwersalne w czasie i przestrzeni, czyli we Wszechświecie, nie odpowiadają bowiem na pytania, gdzie i kiedy zachodzą zjawiska, których one dotyczą. Prawa fizyki nie wyjaśniają także mechanizmów zjawisk, ponieważ nie odpowiadają na pytania, dlaczego zjawiska przebiegają w taki a nie inny sposób. Ponieważ prawa fizyki przedstawiają relacje matematyczne między parametrami zjawisk, czyli wielkościami fizycznymi, więc chociaż te same relacje zachodzą między odpowiednimi kompletami wartości tych wielkości, to, ze względu na to, że tych kompletów wartości jest nieskończenie wiele, prawa fizyki nie podają, dla jakich kompletów wartości wielkości fizycznych są one spełnione, czyli nie odpowiadają na pytania, ile wynoszą te wartości.

Z powyższego zatem wynika, że na podstawie znajomości praw fizyki nie można zrozumieć Wszechświata do głębi, ale można zrobić w tym kierunku poważny krok, w dokonaniu którego **żadna inna nauka nie jest w stanie nam pomóc!** Należy podkreślić, że wszystko, co wyżej powiedziano na temat fizyki, w szczególności odnośnie do roli pytań „dlaczego”, stosuje się również do wszystkich innych nauk przyrodniczych. O fizyce zresztą można powiedzieć, że jest królową nauk przyrodniczych, można także powiedzieć, że wszystkie nauki przyrodnicze są działami fizyki.

Wspomniemy tu o redukcjonizmie fizycznym, który jest „niebezpieczny” dla filozofii, jeżeli znajdzie się w nieodpowiedzialnych rękach człowieka, chcąc-

cego wszystko redukować do fizyki. Taki człowiek jest oczywiście człowiekiem niedokształconym. Jeżeli się jednak dostrzeże, że fizyka jest ograniczona tylko do badań zjawisk przyrody i prób ich wyjaśnienia, to można mówić, iż fizyka ma swoje działy – nauki przyrodnicze (w tym medycyna) i swoje zastosowania: nauki techniczne. Jeżeli zatem mówić o redukcjonizmie fizycznym, to tylko na drogach od tych działów i zastosowań fizyki do samej fizyki.

Trzeba tu także rozróżnić dwie drogi, po których dochodzi się do sformułowania praw fizyki: 1. poprzez obserwację (prawidłowości) zjawisk, co zarazem, niejako *in statu nascendi*, weryfikuje te prawa (tak głównie robiono dawniej), 2. poprzez tworzenie teorii, których owocem są nowe stwierdzenia o przyrodzie, mogące uzyskać rangę praw fizyki dopiero po weryfikacji eksperymentalnej (tak głównie dzieje się teraz). Okazuje się, że jest stosunkowo **niewiele** fundamentalnych praw i teorii fizyki, a także pewnych ogólnych charakterystyk fizyki jako nauki, z których można wyprowadzić na drodze matematycznej **wszystkie** inne stwierdzenia dotyczące przyrody, również i te, które – raczej z powodu tradycji – wciąż nazywane są prawami fizyki.

1.4. Fundamentalne prawa, teorie i charakterystyki fizyki

Do fundamentalnych praw, teorii i charakterystyk fizyki (obecnie!) należą [1-18]:

1. relacje między prawami zachowania a symetriami (Noether),
2. prawa symetrii i przypadki ich niezachowania czy łamania, np. niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych lub łamanie symetrii translacyjnej w magnetycznych i krystalicznych strukturach modulowanych, quasikryształach i politypach,
3. zasada najkrótszego czasu (Fermat) i zasada najmniejszego działania (Hamilton),
4. teoria czasoprzestrzeni i grawitacji (szczególna i ogólna teoria względności) Einsteina oraz mechanika i teoria grawitacji Newtona,
5. zasady kwantowe mikroświata z ich probabilistyczną i statystyczną interpretacją,
6. elektrodynamika klasyczna (Maxwell) i kwantowa (Feynman),
7. model standardowy: kwantowa chromodynamika (oddziaływania silne) oraz teoria oddziaływań elektrosłabych (tu mieści się także wspomniana wyżej elektrodynamika kwantowa Feynmana),
8. teoria chaosu,
9. teoria superstrun,
10. teoria wielkiej unifikacji i supersymetrii,
11. rozróżnienie przeszłości i przyszłości: odwracalność praw fizyki i nieodwracalność zjawisk,
12. termodynamika i fizyka statystyczna,
13. emergentność zjawisk i praw przyrody,
14. „Suma prawdopodobieństw wszystkich wzajemnie wykluczających się zdarzeń wynosi 1”,
15. „Energia zawsze jest dodatnia”,
16. „Skutek nigdy nie może wyprzedzać przyczyny” (zasada przyczynowości),
17. „Wszystkie prawa fizyki mają formę matematyczną”.

1.5. Kanon współczesnej wiedzy fizycznej

Wydaje się, iż można by uznać, że opisany powyżej przedmiot fizyki oraz wszystkie poznane fundamentalne prawa i teorie fizyki, a także pewne ogólne charakterystyki fizyki jako nauki (czyli powyższe siedemnaście punktów), tworzą razem przybliżenie tego, co nazwałbym **kanonem współczesnej wiedzy fizycznej**. W świetle tego, co było powiedziane wyżej, kanon ten jest przedmiotem ewolucji historycznej.

2. Parę słów o teologii. Rola wiary. Syngularyzm nauki i religii

Jak wiadomo, w chrześcijaństwie uprawianie teologii wymaga z jednej strony metod naukowych (typowych zresztą dla nauk humanistycznych, takich jak historia, filozofia, psychologia etc.), z drugiej zaś strony inspiracji wiary. Wiara jest dla teologii fundamentem poszukiwań drogi od człowieka do Boga i od Boga do człowieka, a to przecież jest głównym celem teologii. Co więcej, tak pojmowana teologia ma dawać wzorce etyczne i moralne, a więc służyć ludziom w ich codziennym życiu. Ma służyć także Kościołowi w pełnieniu jego posługi. Można powiedzieć, że tak jak fizyka jest esencją nauki, tak wiara jest esencją religii i teologii. Biorąc to pod uwagę można także powiedzieć, że obie te dziedziny, tj. naukę i religię, cechuje autonomia pojęciowa oraz przedmiotowa, ponieważ przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne. **Cechy nauki i religii** można zatem określić dla każdej z tych dziedzin z osobna jako: niezależność, odrębność, oddzielność, swoistość, samodzielność, autonomia, unikalność, niezwykłość, osobliwość, *res unica*, *beneficium singulare*, syngularyzm. Spośród tych słów wybierzemy słowo najogólniejsze, tj. **syngularyzm**. Pochodzi ono od łacińskiego słowa *singularismus*, które zadomowiło się w niemieckiej literaturze filozoficznej jako *Singularismus* i oznacza nazwę kierunku filozoficznego wyprowadzającego wszystkie osobliwości świata i całą jego różnorodność z jednej jedynej zasady. Zakres pojęciowy słowa syngularyzm pokrywa się w dużym stopniu z zakresem słowa *monizm*, pochodzącego z języka greckiego terminu w ontologii; po niemiecku *Monismus*.

3. Relacja fizyka-wiara i prawa fundamentalne

Co do nauk przyrodniczych, w szczególności fizyki, to trzeba tu powiedzieć kilka słów na temat relacji fizyka-wiara w związku z tym, iż jeszcze niedawno indoktrynowano całe pokolenia Polaków

(i obywateli państw ościennych), że tzw. światopogląd naukowy wyklucza wiarę w istnienie Boga, ponieważ nauka (fizyka!) dowodzi, że Bóg nie istnieje. Było to oczywistym kłamstwem, bowiem w rzeczywistości nie ma (jak dotąd) żadnej ścisłej relacji między fizyką a wiarą, poza subiektywną przecież, ale bardzo silną sferą emocjonalną a także sferą hipotez i przypuszczeń. Mówiąc prościej: **nie ma dowodu naukowego ani na istnienie Boga ani na Jego nieistnienie!**

Trzeba tu zaznaczyć, że niektórzy – wybitni nawet – teologowie mieli i mają pewne obawy co do ewentualnego zagrożenia wiary na skutek rozwoju fizyki. Miałem okazję osobiście poznać czołowego teologa greckiego Kościoła Prawosławnego, dyrektora Kreteńskiej Akademii Prawosławnej prof. dr Aleksandra Papadzerosa. Było to w 1987 roku podczas Międzynarodowej Konferencji "Technologia i Edukacja", która odbyła się w pałacu należącym do Akademii Prawosławnej na Krecie. Podczas licznych dyskusji, które prowadziliśmy we dwójkę z prof. Papadzerosem, zapytał mnie on, czy rozwój fizyki nie jest niebezpieczny dla wiary. Po przedstawieniu mu przeze mnie moich poglądów na ten temat, prof. Papadzeros zamówił u mnie artykuł do czasopisma teologicznego, którego on był naczelnym redaktorem. Artykuł mój pt. **"Przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne"** ukazał się zatem w kilka miesięcy później w Journal of the Orthodox Academy of Crete – Dialogoi Katallagis, October 1987, p. 55, [19] i zawiera w pierwotnej formie niektóre idee przedstawione w niniejszym artykule.

Problem praw fundamentalnych pozostaje i w tym właśnie momencie **może** rozpocząć się **wiara**. Po pierwsze, można wierzyć, że rozwój fizyki prowadzi do zbioru **absolutnie fundamentalnych praw fizyki**, albo po prostu do jednego, najbardziej ogólnego prawa. Można także wierzyć, niezależnie od tego, jakie będą te absolutnie fundamentalne prawa, ani też jaka będzie ich liczba, że Stwórca tych praw powinien istnieć, i w tym względzie fizyka nie jest sprzeczna z wiarą w Boga. Co więcej, można nawet wierzyć, że te absolutnie fundamentalne prawa mogłyby wyrażać bardzo wyraźnie swego Stwórcę i w ten sposób dawać w przyszłości "naukowy" dowód istnienia Boga. Poznanie myśli Boga, a więc potwierdzenie jego istnienia, wydawało się możliwe: **Johannesowi Keplerowi** poprzez usłyszenie Harmonii Sfer, **Izaakowi Newtonowi** poprzez poznanie położeń i pędów wszystkich cząstek materialnych w chwili Stworzenia, **Stevenowi Hawkingowi** wreszcie poprzez poznanie sformułowania zuniifikowanej teorii wszystkich czterech oddziaływań fundamentalnych. Dzisiaj dla niektórych fizyków tzw. **zasada antropiczna** jest niemalże naukowym dowodem istnienia Boga. Zasada ta mówi, że warunki powstania życia we Wszechświecie wynikają z takich a nie innych wartości wielu fundamentalnych stałych przyrody (jak np. prędkość światła, stała grawitacji, poziomy energetyczny w atomie węgla czy też prędkość rozszerzania się Wszechświata) i że te wartości

zostały najprawdopodobniej zaplanowane i nadane przez Stwórcę. Podobnie rzecz się ma, gdy weźmiemy pod uwagę fakt posiadania przez człowieka **zdolności poznawczych** daleko wykraczających poza potrzeby wynikające z procesu ewolucji, a także fakt, że **matematyka odgrywa tak wielką rolę w opisie Przyrody** (Czyżby Wszechświat został zaprojektowany przez Stwórcę?). Z drugiej strony, z **teorii kosmologicznej inflacji** wynika, że nasz Wszechświat mógłby być jednym z wielu wszechświatów, różniących się między sobą wartościami stałych Przyrody i tylko w naszym Wszechświecie byłby zrealizowany *przypadkowo* taki komplet wartości stałych przyrody, który sprzyja istnieniu życia. Tak więc zasada antropiczna niekoniecznie musi wskazywać na istnienie Boga. Jeżeli jednak dodatkowo widzi się piękno zjawisk Przyrody i piękno praw rządzących nimi, jak również bardzo głęboki sens i mądrość Przyrody zarówno w ogólności jak i w szczegółach, to można nawet umocnić swoją wiarę, podobnie jak w przypadku kontemplacji piękna istniejącego w sztukach. Wielu spośród najwybitniejszych fizyków, także w naszych czasach, nie widziało żadnej sprzeczności między wiedzą fizyczną a wiarą w Boga. Niektórzy widzieli nawet komplementarność obu tych dziedzin. To właśnie największy z nich, Albert Einstein powiedział: **"Nauka bez religii jest ułomna, religia zaś bez nauki – ślepa."** Jest tak po prostu dlatego, że przedmiot fizyki jest różny od przedmiotu wiary. Czyli oczywiście także od przedmiotu teologii. To jest właśnie powodem, że – jak wspominałem we wstępie – nie ma dowodu naukowego ani na istnienie Boga ani na Jego nieistnienie, nie można bowiem używać kategorii i pojęć fizyki do dowodzenia czegoś, co się znajduje poza granicami fizyki (Przyrody).

4. Kilka słów o pięknie

Na pytanie „Co to jest piękno?” możemy odpowiedzieć właściwie tylko biorąc przykład ze Św. Augustyna (354-430), który na podobnie fundamentalne, postawione przez siebie pytanie „Czymże jest czas?” odpowiedział: „Jeśli nikt mnie o to nie pyta, wiem. Jeśli pytającemu usiłuję wytłumaczyć, nie wiem.” Takich fundamentalnych pytań, na które nie umiemy praktycznie odpowiedzieć, jest bardzo wiele. Możemy zatem korzystając ze „schematu Św. Augustyna” podstawiać w miejsce słowa „czas” inne słowa wyrażające równie fundamentalne pojęcia, np. „piękno”, „prawda”, „dobro”, „dobroć”, „miłość”, „muzyka”, „fizyka”, „matematyka” etc. I właściwie niewiele więcej potrafimy zdziałać w tej materii. Ale trzeba tu dodać, że na co dzień współistniejemy z tymi pojęciami, czasem przecież bardzo intensywnie. Wypełniają niemal one nam życie. A my tymczasem przeżywając to współistnienie nawet nie bardzo wiemy z kim, czy z czym się „zadajemy”. Przecież postrzegamy piękno człowieka, piękno myśli ludzkiej (na przykład piękno teorii fizycznej), piękno w sztukach: w malarstwie, rzeźbie, architekturze, mu-



Rembrandt van Rijn: Lekcja anatomii, Mauritshuis, Haga. (Internet)



Leonardo da Vinci: Ostatnia wieczerza, fresk w Kościele Santa Maria delle Grazie, Mediolan. (Internet)



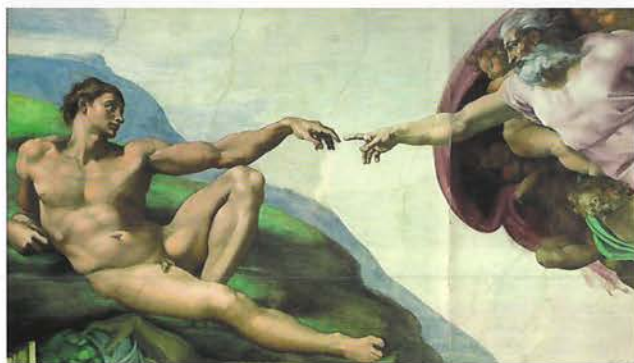
Raffaello Santi: Madonna con Bambino, Muzeum Watykańskie. (Internet)



Leonardo da Vinci: Dama z gronostajem (Muzeum Czartoryskich, Kraków) i Mona Lisa (Louvre, Paryż). (Internet)



Michelangelo: Kaplica Sykstyńska: Stworzenie Świata, Watykan. (Internet)



Michelangelo: Kaplica Sykstyńska: Stworzenie Świata, Watykan. Detal: Bóg przekazuje życie Adamowi. (Internet)



Michelangelo: Pietà, Basilica di San Pietro, Watykan. (Internet)



Michelangelo: David, Galleria Academia, Florencja. (Internet)



Venus z Milo, Louvre, Paryż. (Internet)



Budynek Opery, Sydney. (Internet)



Basilica di San Marco, Wenecja. (Internet)



Góry Meteora, Grecja. (Internet)



Klasztor w Górach Meteora 2, Grecja. (Internet)



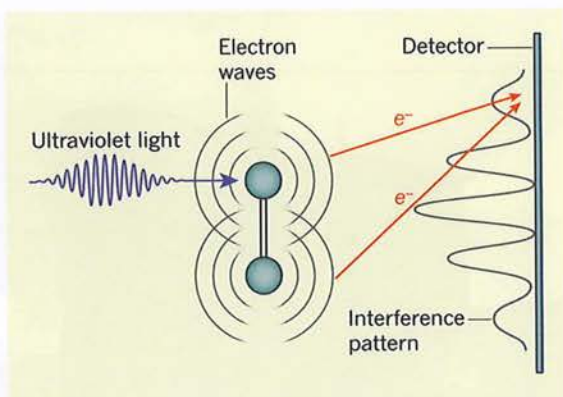
Klasztor w Górach Meteora 1, Grecja. (Internet)

zyce, tańcu, literaturze etc., piękno twórczości artystycznej i naukowej, piękno sztuki odtwórczej (instrumentalnej, aktorskiej etc.), oczywiście piękno przyrody i piękno nauki. Odczuwamy także czasem bardzo silną tęsknotę za pięknem. Powyżej przedstawione są przykłady arcydzieł sztuki malarskiej, rzeźby, architektury, niektórych także na łonie przyrody.

5. O zdumiewającej zbieżności między pięknem a głębią poznawczą doświadczeń fizycznych

Robert P. Crease, pracownik wydziału filozofii w State University of New York at Stony Brook i zarazem historyk w Brookhaven National Laboratory, kilka lat temu zwrócił się do fizyków z prośbą o nominację najpiękniejszego doświadczenia wszech czasów. Wymienimy poniżej listę dziesięciu zwycięzców („top ten”) tego głosowania [20]:

5.1. Doświadczenie Clausa Jönssona (1961, Niemcy) ukazujące zjawisko dyfrakcji elektronów na podwójnej szczelinie a po przejściu tej szczeliny zjawisko ich interferencji. Zaobserwowanie tych zjawisk pokazało, że elektrony mają także naturę falową, a nie tylko znaną do owego czasu naturę cząstkową. Doświadczenie to więc dowiodło tej niezwyklej cechy elektronów (małych cząstek), która się nazywa dualizmem cząstkowo-falowym. Było to powtórzeniem doświadczenia Younga (patrz niżej punkt 5.5) z tą różnicą, że zamiast wiązki światła była tu użyta wiązka elektronów.



Jönsson, dyfrakcja i interferencja elektronów. (Internet)

5.2. Doświadczenie Galileo Galilei, czyli Galileusza (koniec XVI wieku, Włochy)

ze spadającymi ciałami o różnej masie. Galileusz zrzucił dwa ciała o różnych masach z Krzywej Wieży w Pizie i pokazał, że spadają one w tym samym czasie. Do czasu tego doświadczenia panował od dwudziestu stuleci błędny, aprioryczny pogląd Arystotelesa, że ciała o większej masie „powinny” spadać z tej samej

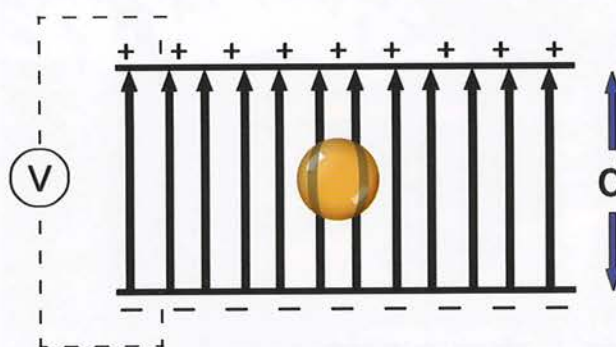


Galileo, Krzywa Wieża w Pizie. (Internet)

wysokości w krótszym czasie, niż ciała o mniejszej masie. Galileusz w tym swoim doświadczeniu nie tylko obalił ten pogląd, lecz także udowodnił, że wszelkie różnice w poglądach na przebieg zjawisk przyrody rozstrzyga nie autorytet lecz doświadczenie (a więc kontakt ze zjawiskami przyrody). Nawiasem mówiąc, gdyby Galileusz zrzucił jeszcze jedno ciało o innej masie, mianowicie małe piórko z ptasiego puchu, to ono oczywiście poleciałoby w dół znacznie wolniej niż te dwa ciała, dzięki zrzucaniu których przeszedł do historii. Gdyby jednak wewnątrz jakiejś rury, w której panował próżnia, zrzucił i to piórko i te dwa ciała, które użył w swoim słynnym doświadczeniu, a także wszelkie inne ciała, to wszystkie te ciała wraz z tym piórkiem spadłyby w tym samym czasie. Zezwoliłoby to na pełne i uzasadnione uogólnienie jego stwierdzenia, że „dwa ciała o różnej masie spadają w tym samym czasie” na stwierdzenie, że „wszystkie ciała o różnej substancji, o różnej masie, o różnym kształcie etc. spadają z danej wysokości w tym samym czasie, jeżeli tylko usuniemy z ich drogi powietrze, lub też tylko zaniedbamy opór powietrza”.

5.3. Doświadczenie Roberta A. Millikana (1909, USA)

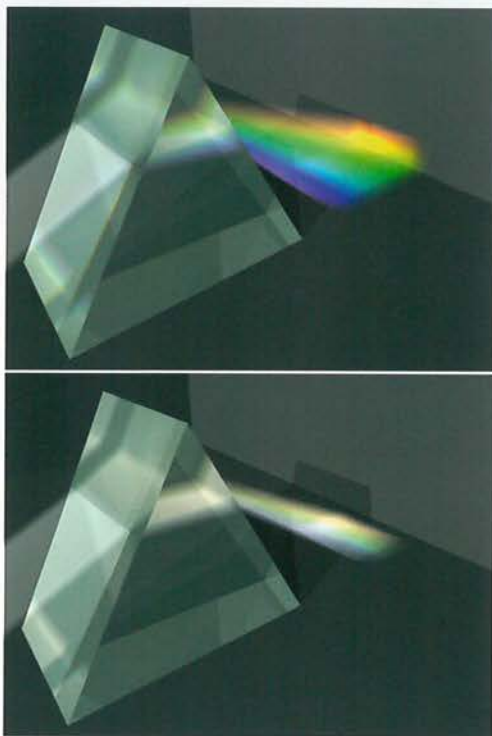
prowadzące do wyznaczenia ładunku elementarnego elektronu polegało na tym, że: a. między dwiema poziomo ustawionymi płytkami metalowymi badacz zjonizował powietrze za pomocą promieniowania rentgenowskiego a następnie rozpylił tam kropelki oleju, do których zaczęły przylepiać się swobodne elektrony pochodzące z jonizacji powietrza, b. gdy górną z tych płytek metalowych Millikan połączył z biegunem dodatnim a dolną z biegunem ujemnym baterii, to kropelki te zaczęły się poruszać w kierunku dodatnio naładowanej płytki pod wpływem działania siły Coulomba, c. zmieniając tę siłę poprzez zmianę napięcia między płytkami i mierząc prędkości tych kropelek oleju niosących po jednym lub po kilka elektronów badacz mógł określić ładunek pojedynczego elektronu obserwując szczególnie te kropelki, które w swoim ruchu jednostajnym (wynikającym ze zrównoważenia siły Coulomba i siły grawitacji działających na daną kropelkę) zwiększały nagle swoją prędkość przez przyłączenie kolejnego pojedynczego elektronu.



Millikan, ładunek elementarny elektronu. (Internet)

5.4. Doświadczenie Izaaka Newtona (początek XVIII wieku, Anglia)

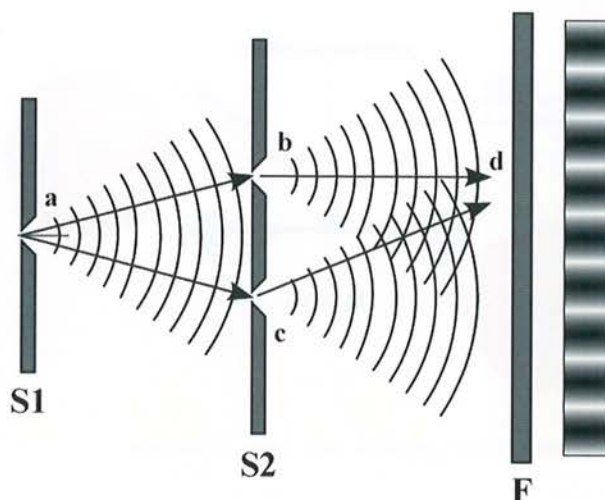
polegające na rozszczepieniu za pomocą pryzmatu światła białego (słonecznego) na składowe różnych barw. Uzyskawszy to rozszczepienie Newton obalił „odwieczny”, aprioryczny pogląd Arystotelesa, który uważał, że światło białe jest najczystsza forma światła a światło barwne jest wzbogacone w stosunku do światła białego o „pierwiastek barwy”, czyli jest czymś więcej.



Newton, rozszczepienie światła przez pryzmat. (Internet)

5.5. Doświadczenie Thomasa Younga (1803, Anglia)

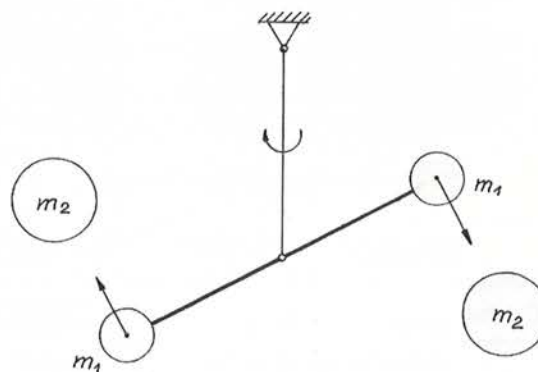
ukazujące zjawisko dyfrakcji światła na podwójnej szczelinie a po przejściu przez tę szczelinę zjawisko interferencji obu rozdzielonych wiązek tego światła. W ten sposób Young dowiódł, że światło ma naturę falową i obalił istniejący od stu lat aprioryczny pogląd Newtona, że światło składa się z cząstek. Trzeba tu jednak dodać, że ten pogląd Newtona był w pewnym sensie proroczy, gdyż – jak wykazano w XX wieku za pomocą innych doświadczeń, które nie znalazły miejsca w przedstawianej tu pierwszej dziesiątce najpiękniejszych – światło ma także naturę cząstkową i składa się z cząstek zwanych fotonami, więc posiada – podobnie jak elektrony – cechę, która się nazywa dualizmem falowo-cząstkowym. Ta różnica w kolejności przymiotników „falowo-cząstkowy” i „cząstkowo-falowy” nie ma głębszego znaczenia, odzwierciedlać ma ona tylko chronologię odkryć natury najpierw cząstkowej a potem falowej u elektronów i odwrotną chronologię takich odkryć dla fotonów.



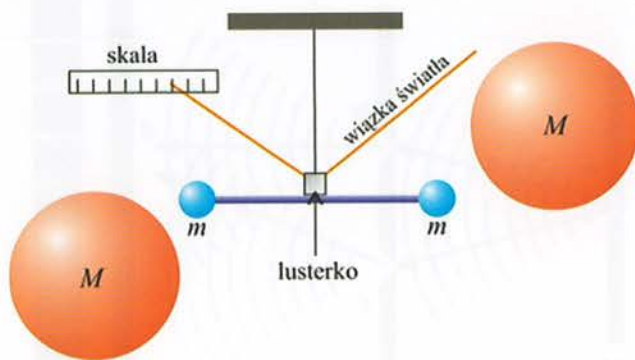
Young, dyfrakcja i interferencja światła. (Internet)

5.6. Doświadczenie Henry'ego Cavendisha (1798, Anglia)

z tzw. wagą skręceń skonstruowaną w ten sposób, że na pionowym drucie zawieszona jest drewniana poprzeczka, na której końcach zaczepione są małe kulki z ołowiu. Cavendish zbliżał równocześnie do obu tych małych kulek duże kule z ołowiu w ten sposób, że dla każdej pary mała kulka – duża kula siła przyciągania grawitacyjnego małej kulki przez dużą kulę powodowała skręcenie tego pionowego drutu w tym samym kierunku. Na tym pionowym drucie była także umieszczona mikroskopijna lampeczka, która rzucała światelko na odpowiednią skalę. Im bardziej był skręcony ten drut, tym dalej było to światelko na tej skali, wskazując w ten sposób kąt skręcenia drutu, który z kolei był miarą sumy sił grawitacji działających w obu parach kul. Znając więc tę siłę skręcającą oraz masy i promienie tych kul mógł Cavendish zapisać formułę Newtona na prawo grawitacji jako równanie o jednej niewiadomej przedstawiającej stałą grawitacji. W ten sposób właśnie wyznaczył on wartość stałej grawitacji. Należy tu dodać, że doświadczenie Cavendisha nosi popularną nazwę „ważenia Ziemi”, ponieważ znajomość wartości stałej grawitacji pozwoliła na wyznaczenie masy Ziemi.



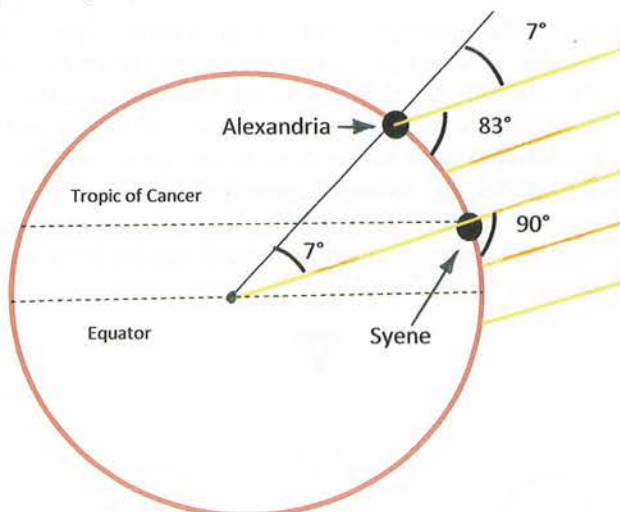
Cavendish, stała grawitacyjna. Schemat. (Internet)



Cavendish, stała grawitacyjna. Idea. (Internet)

5.7. Doświadczenie Eratosthenesa dotyczące pomiaru krzywizny Ziemi (III wiek przed Chrystusem)

polegało na tym, że ustawił on dwa słupy w dwóch punktach leżących na tym samym południku: jeden w Aleksandrii a drugi w Assuanie, czyli Syene (tam gdzie przechodzi Zwrotnik Raka) i dokonał pomiaru długości cienia słupa w Aleksandrii w dzień letniego przesilenia Słońca nad Assuanem, tj. w południe dnia 21 czerwca według naszego kalendarza. W tym dniu słup w Assuanie nie dawał cienia, bo Słońce było w zenicie, czyli promienie słoneczne padały tu prostopadłe na powierzchnię Ziemi, natomiast słup w Aleksandrii dawał cień określonej długości, co wskazywało, że promienie słoneczne padały tu pod pewnym kątem na powierzchnię Ziemi. Po wyznaczeniu tego kąta oraz odległości Aleksandria-Assuan Eratosthenes wyznaczył krzywiznę Ziemi po raz pierwszy w historii.

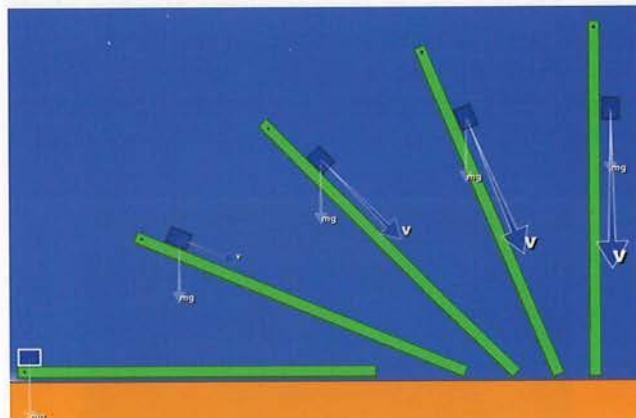


Eratosthenes, krzywizna Ziemi. (Internet)

5.8. Doświadczenie Galileo Galilei, czyli Galileusza (koniec XVI wieku, Włochy)

ze staczającymi się kulkami po równi pochyłej, w którym zaobserwował on, że kulki staczają się z przyspieszeniem. To on pierwszy odkrył wielkość fizyczną

zwaną przyspieszeniem. Tym doświadczeniem Galileusz obalił prastary, aprioryczny pogląd Arystotelesa, że ciała powinny się zsuwać po równi pochyłej ze stałą prędkością.

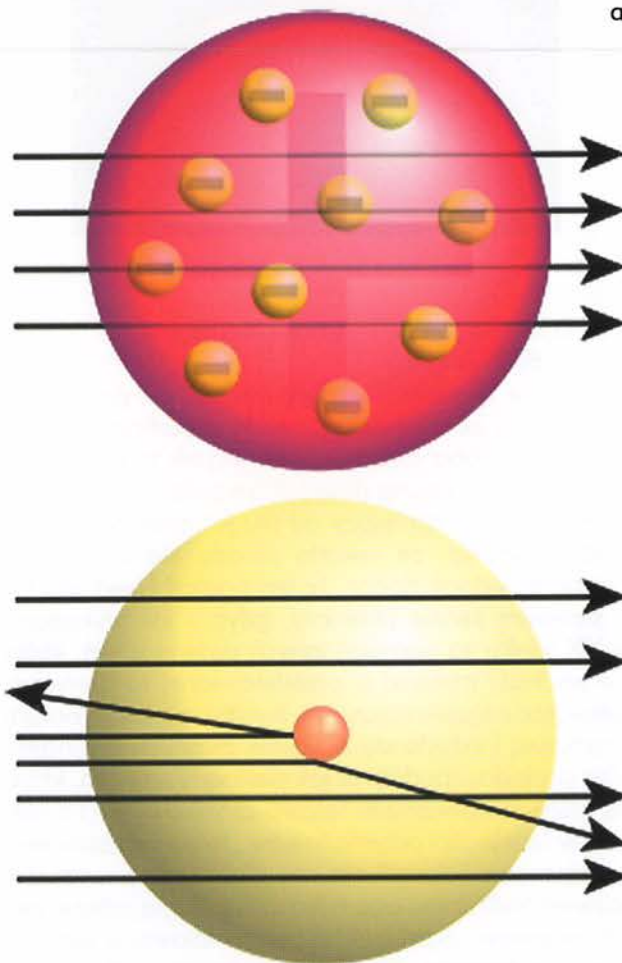


Galileo, równia pochyła, przyspieszenie. (Internet)

5.9. Doświadczenie Ernesta Rutherforda (1911, Anglia)

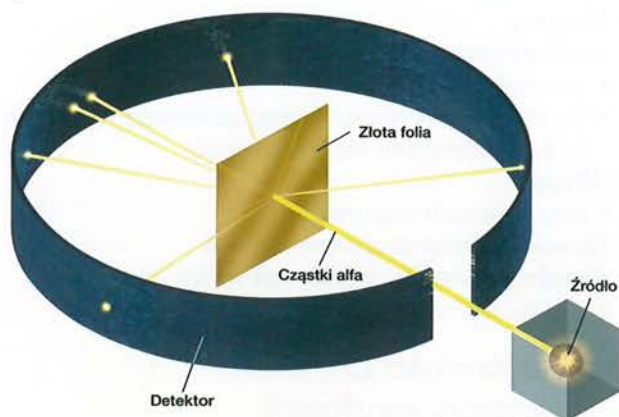
polegające na bombardowaniu cząstkami alfa (czyli dodatnio naładowanymi jądrami helu) cienkiej folii ze złota. Okazało się, że tylko jedna cząstka alfa na

a)



Rutherford, „miejsce” jądra w atomie (a). (Internet)

b)



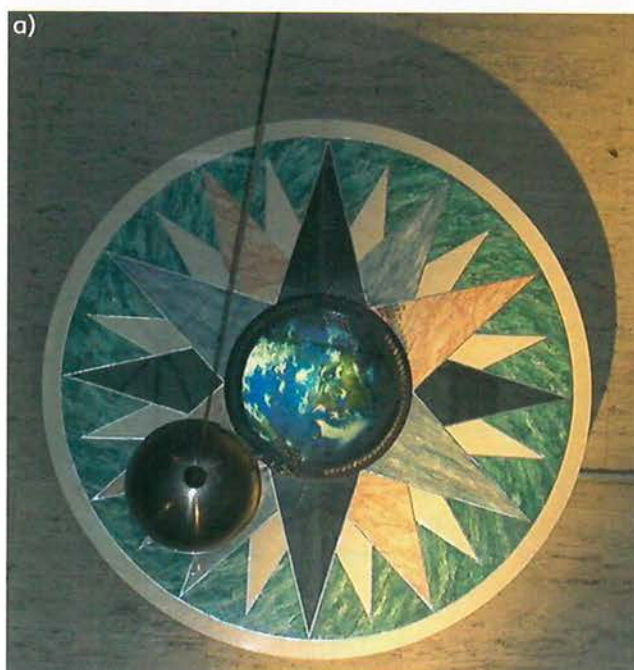
Rutherford, „miejsce” jądra w atomie (b). (Internet)

osiem tysięcy padających odbijała się od folii z powrotem, podczas gdy inne łatwo przelatywały przez folię. Na podstawie wyników tego eksperymentu Rutherford stwierdził, że muszą istnieć wewnątrz folii względnie rzadko rozłożone centra dodatnio naładowane i dzięki temu mogące odbijać cząstki alfa („plus odpycha plus”). Wywnioskował stąd, że prawie cała masa atomu i cały dodatni ładunek skupiony jest w małym jądrze atomowym zajmującym około jednej biliardowej objętości atomu ($1 \text{ biliard} = 10^{15}$). Interpretacja eksperymentu była trafna i Rutherford jest uważany za odkrywcę jądra atomowego. Dzisiaj wiemy, że promienie jąder atomowych są rzędu 10^{-15} m , a atomów – rzędu 10^{-10} m .

5.10. Doświadczenie Jean-Bernard-Léon Foucault (1851, Paryż, Panthéon)

polegające na konstrukcji specjalnego wahadła złożonego z względnie cienkiego drutu stalowego zaczepionego jednym końcem na wysokości 67 m pod kopułą Panthéonu i z dużej kuli żelaznej o masie 28 kg obciążającej na drugim końcu ten drut tuż nad podłogą (czyli drut miał także długość 67 m). Ta konstrukcja istnieje do dzisiaj, przy czym to zaczepienie na górze jest tego rodzaju, że wahadło może się wahać swobodnie w dowolnej płaszczyźnie pionowej. Gdy Foucault wprowadził w ruch wahadłowy ten układ, to okazało się, że płaszczyzna jego wahań zmieniała się z upływem czasu obracając się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, przy czym obrót tej płaszczyzny o kąt 360° trwał 30 godzin. Analogiczne wahadła Foucault – choć nie tak wielkie jak w Panthéonie, ale to nie robi większej różnicy – pobudowano później także w innych punktach kuli ziemskiej. Zważywszy, że oba Bieguny Ziemi znajdują się na jej osi obrotu i że oś ta jest nieruchoma względem gwiazd stałych w dostatecznie długim czasie, to punkt zawieszenia wahadła Foucault na każdym z tych Biegunów oraz jego płaszczyzna wahań pozostają także nieruchome względem tych gwiazd. Ponieważ Ziemia obraca się z Zachodu na Wschód wokół swojej osi,

to dla obserwatora na każdym z Biegunów płaszczyzna wahań obraca się z prędkością 15° na godzinę dając w ciągu 24 godzin obrót o kąt pełny, czyli o 360° , przy czym na Biegunie Południowym obraca się przeciwnie do wskazówek zegara, na Biegunie Północnym zaś zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Na Biegunie Południowym ustawiono wahadło Foucault dopiero w roku 2001 i wtedy wszystko, co było powiedziane wyżej, potwierdziło się, mianowicie że obrót płaszczyzny wahań przeciwnie do wskazówek zegara o kąt 360° trwa tu 24 godziny. Na Biegunie Północnym analogiczny obrót tym razem zgodnie z ruchem wskazówek zegara trwa oczywiście tyle samo. Okazuje się, że w każdym punkcie na Półkuli Północnej łącznie z Biegunem płaszczyzna wahań ana-



Foucault, wahadło, ruch obrotowy Ziemi wokół osi (a). (Internet)

b)



Foucault, wahadło, ruch obrotowy Ziemi wokół osi (b). (Internet)

logicznego wahadła Foucault obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, na Półkuli Południowej zaś łącznie z Biegunem przeciwnie do wskazówek zegara. Jeżeli by ustawić wzdłuż dowolnego południka od każdego z Biegunów w kierunku Równika cały szereg wahadeł Foucault, to prędkość kątowna ω obrotu płaszczyzny wahań tych wahadeł jako funkcja kąta szerokości geograficznej φ malałaby od 15° na godzinę do zera według wzoru $\omega(\varphi) = 15^\circ \sin \varphi$ na godzinę, przy czym dla każdego z Biegunów $\varphi = 90^\circ$, dla Równika zaś $\varphi = 0^\circ$. Innymi słowy czas pełnego obrotu, tj. obrotu o 360° , rósłby wtedy od 24 godzin do nieskończoności, co potwierdza fakt że na Równiku płaszczyzna wahań wahadła Foucault w ogóle się nie obraca. Omawiany tu obrót płaszczyzny wahań wahadła Foucault i jego prawidłowości dowodzą zatem ruchu obrotowego Ziemi wokół własnej osi.

6. Piękno i Prawda

Należy tu podkreślić, że piękno tych doświadczeń jest immanentnie związane z ich fundamentalnym znaczeniem jako kroków milowych w historii fizyki. Dlaczego tak jest? Wydaje się, że nie wystarczy być tylko fizykiem, aby móc odpowiedzieć należycie głęboko na to pytanie. Możemy najwyżej przypuścić, że każde doświadczenie ukazujące prawdę o własnościach Wszechświata (Przyrody) jest piękne. Ale dlaczego możemy twierdzić i głosować, że jedno doświadczenie jest piękniejsze od drugiego? Być może dlatego, że to piękniejsze ukazuje ogólniejszą i głębszą prawdę o Wszechświecie niż to drugie. Nawiasem mówiąc, nie umiemy właściwie odpowiedzieć na pytanie „co to jest piękno?”, które tu powinno być pytaniem wstępnym.

7. Kantowskie kategorie poznania

- Immanuel Kant (1724-1804) postulował, że każdy badacz próbujący poznać jakieś zjawisko Przyrody, czy też całą Przyrodę powinien formułować odpowiednie **Sądy**, ujmować je w odpowiednie **Kategorie**, powinien przyjmować odpowiednie **Postawy**, powinien wreszcie posiadać odpowiednią **Wiedzę**, której elementy muszą być określone przy pewnych warunkach, **Dowody wiedzy** zaś powinny być zawsze eksperymentalne, **Przedmiot wiedzy i przedmiot wiary** muszą być określone (patrz niżej):
- Sądy:**
 - syntetyczne i analityczne
 - aprioryczne i aposterioryczne
- Kategorie:**
 - Ilości
 - Jakości
 - Stosunku
 - Modalności (coś jest możliwe, rzeczywiste, lub konieczne)
 - Przyczyny

- Substancji
- Postawy**
 - ateistyczna
 - fideistyczna
 - To są postawy nienaukowe, ponieważ wyrastają ze światopoglądu nienaukowego
- Wiedza**
 - przy pewnych warunkach
- Dowody wiedzy eksperymentalne**
- Przedmiot wiedzy i przedmiot wiary**
 - muszą być określone

8. O skłonności człowieka do antropomorfizacji

Trzeba tu wspomnieć o pewnych naturalnych skłonnościach człowieka do **antropomorfizacji** polegającej na rozwijaniu teorii poznania oraz na podejściu do każdego aktu poznania w Kantowskich (właściwie „ludzkich”) kategoriach poznania, które zresztą służą człowiekowi do opisu i poznania Przyrody, ale bez możliwości ostatecznego wyjaśnienia mechanizmu zjawisk. Gdy człowiek jednak próbuje „poznać” wiarę w Boga i samego Boga, czy też próbuje „badać” religię i teologię w aspekcie wiary, to i tak – świadomie lub nieświadomie – stosuje tu metody badania Przyrody, czyli także „antropomorfizuje” i... błędzi ponosząc porażkę w ostatecznym rozrachunku. Nie pomogą tu także metody naukowe typowe dla nauk humanistycznych, które przecież też „antropomorfizują”. Na przykład zatem takie stwierdzenia, jak „**Bóg istnieje**” czy „**Bóg nie istnieje**” to także **antropomorfizm**, nie niosą one bowiem aktualnej treści, ani też nie wykraczają poza granice kategorii postrzegania ludzkiego.

9. Elementy każdej teorii przyrody

Tak samo tworzenie jakiejś nowej teorii przyrody wymaga odpowiedniego języka Kantowskich pojęć i kategorii:

- Granice, źródła, wątki, tradycje, metodologia
- Teoria i praktyka
- Wyobrażenia i rozumowanie
- Idea i realność
- Przekaz idei i przekaz informacji
- Początek i koniec
- Skończoność i nieskończoność
- Determinizm i indeterminizm
- Przeciwieństwo i zgodność
- Problem i aspekt

10. Poza granicami fizyki

Wspomniane wyżej „sto tysięcy pytań dlaczego” R. Kiplinga, sygnalizujące, iż ludzie potrzebują przeświadczenia, że świat można zrozumieć, znajduje swoje pełne zastosowanie poza granicami fizyki, tam bowiem dopiero możemy zadawać pyta-

nia typu "dlaczego istnieje Wszechświat", albo "dlaczego dobrze jest postępować dobrze". Trzeba tu wyraźnie powiedzieć, iż nauka (przede wszystkim fizyka) XX wieku mimo swego niebywałego rozwoju uświadomiła wielu uczonym, że istnieją dziedziny i byty, których nie da się poznać metodami naukowymi. Można je natomiast próbować poznać poprzez wiarę w Boga. Chodzi tu na przykład o normy i wartości moralne i etyczne, wybór między dobrem a złem, cierpienie, śmierć, poszukiwanie sensu życia. Tak więc metoda naukowa nie jest wszechmocna. Świadomość tego i świadomość istnienia dziedzin i bytów niepoznawalnych naukowo (tj. w kategoriach pojęć i praw fizyki) zdają się potwierdzać sens pierwszej połowy cytatu Einsteina (patrz rozdział 3.). Sens drugiej zaś połowy tego cytatu wynika stąd, że wiara (religia) może się rozwijać i pogłębiać poprzez poszerzanie naszej wiedzy, które przecież wywołuje refleksje. Trzeba jeszcze dodać, że mimo wspomnianego wyżej niebywałego rozwoju nauki, a może właśnie na skutek tego rozwoju, pozostają aktualne jak nigdy dotąd słowa Sokratesa **"Wiem, że nic nie wiem"**. To, co było powiedziane wyżej, potwierdza w pełni słowa Wielkiego Autora Encykliki *Fides et Ratio* Jana Pawła II: **"Wiara i Rozum są jak dwa skrzydła, na których duch ludzki unosi się ku kontemplacji prawdy"**.

Literatura

- [1] J. Warczewski, "Przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne. Czym jest fizyka? (The subject of physics and the subject of faith are different. What is physics?)", Rozdział w książce "Filozofia przyrody i nauk przyrodniczych 3. Granice nauki; protonauka – paronauka – pseudonauka" (a Chapter in the book „Philosophy of Nature and Natural Sciences 3. Borderland of science; protoscience – parascience – pseudoscience”, Wydawnictwo KUL (Publishers), Lublin 2009, 73- 86 (in Polish)
- [2] J. Warczewski, Uwagi o podstawach dydaktyki fizyki (Remarks on the fundamentals of didactics of physics), *Postępy Fizyki (Advances of Physics)*, 50(4), 1999, 194-203 (in Polish)
- [3] R. Feynman, *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. 1-3, 1963
- [4] R. Feynman, *The Character of Physical Law*, London, 1965.
- [5] L.D. Landau, A.I. Kitaigorodsky, *Physics for Everyone*, Book 1-4, Moscow 1984.
- [6] R.E. Peierls, *The Laws of Nature*, London, 1962.
- [7] W. Heisenberg, *Physik und Philosophie*, Frankfurt a. M., 1959.
- [8] W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, München, 1969.
- [9] S.W. Hawking, *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*, New York, 1988
- [10] D. Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics*, London, 1958
- [11] V.P. Vizgin, Development of correlation of the invariance principles with the conservation laws in classical physics (in Russian), Moskva, 1972
- [12] L. de Broglie, *La physique nouvelle et les quanta*, Flammarion, Paris, 1960.
- [13] M. von Laue, *Geschichte der Physik*, Athenäum – Verlag, Bonn 1950.
- [14] A. Einstein, *The meaning of relativity*, Fifth edition, Princeton University Press, 1955.
- [15] C.F. von Weizsäcker, J. Juilfs, *Physik der Gegenwart*, Athenäum Verlag, 1958.
- [16] R. Penrose, *The Large, The Small and the Human Mind*, Cambridge University Press, 1997
- [17] R. Penrose, *The road to reality. A complete Guide to the Laws of the Universe*, Copyright © Roger Penrose, 2004
- [18] J. Warczewski, On the relation between science and religion. What is physics?, *Advances in Modern Natural Sciences*, Kaluga, Izdatel'stvo KGPU, 2007, Russia, pp. 68-73
- [19] J. Warczewski, The subject of physics and the subject of faith are different, *Journal of the Orthodox Academy of Crete – Dialogoi Katallagis*, October 1987, p. 55
- [20] Robert P. Crease, The most beautiful experiments of all time, *Physics World*, September 2002

Sprostowanie błędu w *Postęпах Fizyki* nr 62 (6) 2011 na str. 276, prawa kolumna, wiersz 24 od dołu: zamiast „Rutherforda” powinno być „Retherforda”. Tu chodzi o Roberta C. Retherforda, który był współpracownikiem laureata nagrody Nobla Willisa E. Lamba i nie miał nic wspólnego z Ernestem Lordem Rutherfordem, również zresztą laureatem nagrody Nobla. W manuskrypcie artykułu prof. Wojciecha Królikowskiego było oczywiście prawidłowo napisane. Wydaje się, że błąd zrobił WORD w komputerze redakcyjnym. Ostatnio było dość dużo tekstów o Rutherfordzie. WORD "nauczył się" tej pisowni i "poprawił" ją tam, gdzie zamiast "u" było "e". Przepraszamy więc za to przede wszystkim Autora tych wzruszających i zarazem porywających wspomnień oraz PT Czytelników.

Rankingi uniwersytetów stają się bardziej wyrafinowane

Andrzej Kasiński

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, Polska Akademia Nauk, ul. Bartycka 18, 00 716 Warszawa

Streszczenie: Główną część artykułu stanowi tłumaczenie dwu redakcyjnych komentarzy z tygodnika Nature z marca 2010 r. Mówią one o wadach międzynarodowych rankingów uniwersytetów i o niebezpieczeństwach związanych z bezkrytycznym posługiwaniem się nimi. Mówią też o próbach udoskonalenia kryteriów oceny uniwersytetów i wypracowania użytecznych metod interpretacji publikowanych ocen. Uzupełnieniem tłumaczenia jest obszerny komentarz tłumacza dodający szereg szczegółów do oryginalnych tekstów, w powiązaniu z realiami badań naukowych w Polsce.

University rankings smarten up

Abstract: The main part of this article is a translation of two editorial comments from Nature, published in March 2010. They discuss the disadvantages of international university rankings and the risks connected with using them uncritically. They also discuss attempts to improve the criteria of rating the universities and to work out useful methods of interpreting the published rankings. The translation is supplemented with an extended commentary of the translator that adds several details to the original texts and relates them to the realities of doing research in Poland.

Komentarz tłumacza: Według najbardziej znanego w Polsce rankingu uniwersytetów, prowadzonego przez uniwersytet Jiao Tong w Szanghaju, dwa najlepsze polskie uniwersytety, Warszawski i Jagielloński, mieszczą się w czwartej setce. Wynik ten jest nagminnie (i z wyraźnie widoczną satysfakcją) cytowany przez różnych polskich dziennikarzy i polityków i używany do uzasadniania skrajnie negatywnych opinii o całości polskiej nauki. Poniższe dwa teksty, przetłumaczone z tygodnika Nature za zgodą redakcji, pokazują słabe strony takich rankingów i przestrzegają przed bezkrytycznym posługiwaniem się nimi.

Gra w oceny¹

Międzynarodowe rankingi uniwersytetów muszą być udoskonalone – i mądrzej interpretowane

Francuski prezydent Nicolas Sarkozy wydaje się mieć obsesję na punkcie słabych wyników uniwersytetów jego kraju w międzynarodowych rankingach – do tego stopnia, że nakazał francuskiemu ministerstwu nauki i szkolnictwa wyższego przyjęcie „celu umieszczenia dwu francuskich instytucji w pierwszej dwudziestce i dziesięciu w pierwszej setce”. Sarkozy nie jest osamotniony: pogoń za poprawieniem ocen uniwersytetów zaczęła wpływać na decyzje dotyczące planów i finansowania na całym świecie – mimo dobrze znanych słabych stron systemów rankingowych.

Istnieje szereg takich systemów, z których najbardziej prominentnymi są: system uruchomiony w roku 2003 przez Uniwersytet Jiao Tong w Szanghaju, jako próba porównania chińskich uniwersytetów z ich odpowiednikami w innych krajach, i drugi, uruchomiony jako komercyjne przedsięwzięcie publikacyjne w roku 2004 w Londynie przez czasopismo *Times Higher Education*. Te rankingi są na ogół oparte o złożone rachunki, które sumują wskaźniki z wagami, takie jak liczba publikacji badawczych danego uniwersytetu i jego reputacja. Jednakże, jak wytknęło wielu krytyków, takie metody koncentrują się za bardzo na badaniach i nie biorą w wystarczającym stopniu pod uwagę innych kluczowych czynników, takich jak inne formy działalności naukowej, ani tego, jak dobrze dany uniwersytet uczy swoich studentów krytycznego myślenia i innowacyjności. Ponadto, te metody mają tendencję do nadmiernego wyróżniania instytucji z dużymi programami biomedycznymi, w których prace mają duże liczby cytowań, przy równoczesnym niedocenianiu tych, które koncentrują się na inżynierii albo naukach społecznych. Jest też wątpliwe, czy uniwersytet jest właściwą jednostką do oceniania. Pojedynczy wydział lub laboratorium są przypuszczalnie bardziej adekwatne w odniesieniu do badań.

Tym niemniej, uniwersytety, które dobrze wypadają w rankingach, zbyt często ochoczo rozgłaszają ten fakt zamiast zadawać krytyczne pytania, i w ten sposób przydają rankingom sztucznie rozdmuchanej wiarygodności. Decydenci – i dziennikarze – także często mają skłonność do dosłownego traktowania rankingów. To zachęca do powstawania mentalności rodem z ligi piłkarskiej, której stosowność jest wątpliwa.

Na szczęście, nowa generacja systemów oceny zaczęła brać pod uwagę niektóre z tych kwestii (patrz następny artykuł). Te systemy usiłują być bardziej wielowymiarowe, porównując uniwersytety w mniejszym stopniu za pomocą pojedynczych, sumarycznych liczb, a bardziej za pomocą specyficznych aspektów, takich jak badania, nauczanie i zaangażowanie w sprawy regionalne i przemysłowe. Przesunęły one też akcent na porównywanie instytucji podobnych do siebie, zamiast wciskać na jedną listę uniwersytety o wielkim budżecie, takie jak Harvard, i mniejsze instytucje, które mogą być znakomite na swój własny sposób. I wreszcie, co jest prawdopodobnie najważniejsze, i co należało zrobić już dawno, zaczęły one przechodzić od publikowania prostych tabel do publikowania baz danych będących podstawą tych tabel, dzięki czemu użytkownicy mogą przeszukiwać internet w celu porównania organizacji według kryteriów istotnych dla nich samych.

Niezależnie od stworzonych problemów, rankingi uwiaryściły potrzebę istnienia baz danych zawierających rzetelne informacje o uniwersytetach, które byłyby narzędziem zapewniającym przejrzystość i sprawdzalność. Rządy i instytucje mogą w tym pomóc przez udoskonalanie i rozszerzanie danych, które już są dostępne. Mogłyby też pomóc przez wzmoczenie wysiłków w celu stworzenia lepszych metod oceniania zasadniczych funkcji uniwersytetów, w tym ich wkładu w gospodarkę i społeczeństwo, i przez proponowanie ich własnych rankingów – jak to właśnie robi Komisja Europejska.

Uniwersytety muszą też być czujne, aby nie pozwolić rankingom na nadmierny wpływ na ich plany. To ryzyko zostało wskazane przez angielską Radę Finansowania Studiów Wyższych (Higher Education Funding Council for England) w raporcie za rok 2008 dotyczącym oddziaływania rankingów (<http://go.nature.com/Ssi6Rr>). Czy je lubimy czy nie, rankingi pozostaną z nami. Wyzwaniem dla instytucji akademickich jest zapobieganie nadużywaniu ich, wyjaśnianie ich ograniczeń i wspieranie wysiłków w celu stworzenia bardziej całościowego oglądu przedsięwzięć uniwersyteckich. Jak niedawno zauważyła Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) w swojej krytyce rankingów (<http://go.nature.com/Lld7d7>), edukacja uniwersytecka nie może „być zredukowana do garstki kryteriów, które pomijają więcej niż uwzględniają”.

¹ EKomentarz redakcyjny z *Nature* 464, nr 7285, s. 7-8 (4 marca 2010), przetłumaczony za zgodą Macmillan Publishers Limited.

Rankingi uniwersytetów stają się bardziej wyrafinowane²

Systemy rankingu światowych instytucji wyższej edukacji i badań staną się bardziej wyrafinowane, mówi **Declan Butler**

Każdej jesieni politycy, administratorzy uniwersytetów, biura finansowania projektów³ i niezliczeni studenci czekają niecierpliwie na ukazanie się Rankingów Światowych Uniwersytetów, publikowanych przez brytyjskie czasopismo *Times Higher Education (THE)*. Miejsce w górnych przedziałach rankingu *THE* może wpłynąć na inwestycje decydentów w wyższą edukację, przesądzić, które instytucje przyciągną najlepszych badaczy albo studentów, i skłonić uniwersytety do reklamowania uzyskanych ocen.

Pracownicy nauki i uniwersytety od dawna krytykowali jednak nadmiernie silne, według nich, oddziaływanie *THE* i innych rankingów uniwersytetów, twierdząc, że metodologia i dane rankingów są problematyczne (patrz *Nature* 447, 514–515; 2007). Na przykład, wiele uniwersytetów doświadcza gwałtownych zmian w ich pozycji z roku na rok, które nie mogą być odbiciem rzeczywistych zmian jakości. Wiele ocen francuskich uniwersytetów jest obniżonych, ponieważ publikacje ich pracowników podają afiliacje przy narodowych agencjach badawczych obok afiliacji przy uniwersytecie, co osłabia wynik uniwersytetu. Uniwersytety i inne zainteresowane instytucje rozwijają obecnie swoje własne rankingi, aby usunąć te wady.

„Rankingi przerosły oczekiwania tych, którzy je uruchomili” mówi Kazimierz Bilanów, dyrektor Obserwatorium Rankingów Akademickich i Doskonałości IREG⁴ (IREG Observatory on Academic Rankings and Excellence), gremium czuwającego nad zapewnieniem jakości rankingów z siedzibą w Warszawie, utworzonego w październiku 2009. „Coś, co często było praktyką mającą na celu zwiększenie nakładu gazety, ma teraz ogromny wpływ na plany instytucji i rządów i ich decyzje finansowe.”

Szereg obecnie planowanych metod oceniania uniwersytetów przenosi nacisk z prymitywnych tabel ligowych na bardziej wyrafinowane oszacowania, które mogłyby dostarczyć lepszych wskazówek zarówno dla decydentów, gremiów finansujących, jak też dla badaczy i studentów. Stwarzają one na-

dzieję na ocenianie uniwersytetów według znacznie szerszego zakresu kryteriów, i wzięcie pod uwagę bardziej nieuchwytnych cech, takich jak doskonałość kształcenia. Lista rankingowa *THE* próbuje przekształcić się w odpowiedzi na krytykę.

Jedna ze skarg dotyczy tego, że rankingi *THE* są silnie zależne od ocen reputacji, opartych na badaniach ankietowych pracowników naukowych, dotyczących ich opinii o tym, które uniwersytety są według nich najlepsze w danej dziedzinie. Niektórzy krytycy dowodzą, że w tych badaniach często używa się zbyt małej liczby naukowców, którzy mogą nie być dobrze poinformowani o uniwersytetach przez nich ocenianych, i że może występować stronniczość na korzyść krajów anglojęzycznych.

W listopadzie 2009, *THE* ogłosił, że dane do jego rankingów nie będą już dostarczane przez QS⁵, firmę dziennikarską zajmującą się wyższą edukacją, z siedzibą w Londynie. „Fakt, że te rankingi mają wpływ na politykę krajową i decyzje dotyczące wielu milionów funtów, jest nam bardzo dobrze znany” powiedziała wtedy redaktorka *THE*, Ann Mroz. „Również krytyka dotycząca metodologii jest nam doskonale znana. Dlatego też czujemy, że mamy obowiązek poprawić sposoby zestawiania rankingów.”

Przeszeregowanie tabel ligowych

W przyszłości, *THE* będzie czerpał swoje dane z Globalnego Projektu Profili Instytucji (Global Institutional Profiles Project), uruchomionego przez dostawcę danych, firmę Thomson Reuters, w styczniu [2010]. Ten projekt ma na celu stworzenie wszechstronnej bazy danych o tysiącach światowych uniwersytetów, uwzględniającej szczegóły finansowania badań, liczbę badaczy i nadanych stopni doktora, i miary osiągnięć edukacyjnych. Firma będzie też używać swoich wewnętrznych danych o cytowaniach i publikacjach, aby stworzyć wiele wskaźników osiągnięć badawczych instytucji, i wbuduje w nie procedury kontrolne, aby ustrzec się przed dezinformacją ze strony uniwersytetów.

² *Nature* 464, nr 7285, s. 16–17 (4 marca 2010); artykuł przetłumaczony za zgodą Macmillan Publishers Limited.

³ Mowa tu o *Funding Offices*, jednostkach zajmujących się pośrednictwem między pracownikami uniwersytetów a agencjami finansującymi projekty (przypis tłumacza).

⁴ Skróć od International Ranking Expert Group. Więcej informacji o Obserwatorium można znaleźć na stronie internetowej http://www.ireg-observatory.org/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=2&Itemid=2 (przypis tłumacza).

⁵ Skróć od „Quacquarelli Symonds”. Pierwszy człon nazwy pochodzi od nazwiska założyciela firmy, Nunzio Quacquarelli. Nazwisko Symonds też jest bogato reprezentowane w Internecie, ale nie udało mi się ustalić związku między nazwą firmy a konkretnym nosicielem tego nazwiska (przypis tłumacza).

Thomson Reuters planuje nadal prowadzić przeglądowe badania reputacji, ale chce mieć do dyspozycji co najmniej 25 000 recenzentów, zamiast 4 000 używanych przez QS dla rankingów *THE* za rok 2009. Utworzył on partnerstwo z angielską firmą badania opinii publicznej Ipsos MORI, aby spróbować zapewnić reprezentatywność badań. „Nie robimy tego na oślep, ale wkładamy w to mnóstwo przemyśleń” mówi Simon Pratt, kierownik projektu badań instytucjonalnych w Thomson Reuters. „Chcemy mieć bardziej zrównoważony pogląd na wszystkie dziedziny.” *THE* nadal będzie szeregował wszystkie uniwersytety za pomocą tabeli ligowej, która według krytyków stwarza fałszywe pozory precyzji, wyolbrzymiającej różnice między instytucjami. Ale nowe rankingi będą bardziej subtelne i szczegółowe, według Pratta, dzięki uwzględnieniu danych, które umożliwią instytucjom porównanie się za pomocą różnych wskaźników ze współzawodnikami mającymi podobne profile.

Porównywanie podobnych sobie instytucji jest kamieniem węgielnym przedsięwzięcia Komisji Europejskiej, zmierzającego do utworzenia globalnej bazy danych o uniwersytetach – Wielowymiarowego Globalnego Rankingu Uniwersytetów (Multidimensional Global Ranking of Universities, U-Multirank). Projekt pilotażowy z udziałem 150 uniwersytetów zostanie uruchomiony w najbliższych miesiącach przez grupę niemieckich, holenderskich, belgijskich i francuskich centrów badawczych, które specjalizują się w metrykach badawczych i edukacyjnych, grupę znaną jako Konsorcjum Oceny Osiągnięć w dziedzinie Wyższej Edukacji i Badań.

U-Multirank ma nadzieję skoncentrować swoje porównania na instytucjach o podobnej działalności i misji. Istniejące obecnie tabele ligowe wciskają w jeden schemat wszystkie typy uniwersytetów, ale, na przykład, porównanie dużego wielodyscyplinarnego uniwersytetu z regionalnym uniwersytecie skoncentrowanym na nauczaniu, ma mało sensu, mówi Frans van Vught, jeden z kierowników projektu U-Multirank i były prezydent i rektor Uniwersytetu Twente w Enschede w Holandii.

Aby zidentyfikować uniwersytety o podobnych profilach, projekt ten będzie wzorował się na siostrzanym projekcie Unii Europejskiej, U-Map, w który van Vught też jest zaangażowany. U-Map buduje klasyfikację uniwersytetów opartą na poziomie ich aktywności badawczej, rodzaju nadawanych stopni i programów studiów oraz na zakresie innych ważnych działań, takich jak ich zaangażowanie regionalne i przemysłowe i otwarcie na świat. U-Multirank stworzy wskaźniki osiągnięć w każdej z tych dziedzin. Po zakończeniu programów pilotażowych, obydwa projekty będą poszukiwały finansowania ze źródeł filantropijnych, aby rozpocząć rzeczywistą działalność usługową, mówi van Vught.

U-Multirank ma też nadzieję uporać się z jednym z głównych zarzutów stawianych wielu istniejącym systemom rankingowym: że koncentrują się one nadmiernie na produkcji wyników badawczych, zaniedbując wiele innych kluczowych ról, jakie pełnią uniwersytety, w szczególności nauczanie. Rzeczywiście, Akademicki Ranking Światowych Uniwersytetów, zestawiony przez Uniwersytet Jiao Tong w Szanghaju w Chinach, znany powszechnie jako indeks szanghajski, koncentruje się wyłącznie na wynikach badawczych i zakresie cytowań, włączając w to czynniki takie jak liczba laureatów nagrody Nobla oraz publikacje w *Nature* i *Science*.

Rankingi, które posługują się zliczeniami cytowań, zwykle nie biorą pod uwagę wielkich różnic częstości cytowań pomiędzy różnymi dyscyplinami. To deformuje rankingi na korzyść instytucji uprawiających badania biomedyczne i działa na szkodę tych, które publikują głównie w naukach społecznych albo w innych dziedzinach o mniejszej częstości cytowań. W przeciwieństwie do tego, zarówno Thomson Reuters, jak U-Multirank będą posługiwały się rozmaitymi znormalizowanymi wskaźnikami bibliometrycznymi, biorącymi pod uwagę tę pułapkę i inne.

Zamiast tabel ligowych, U-Multirank będzie wydawał ogólną ocenę działalności instytucji w zakresie każdego z rozważanych wskaźników, co pozwoli studentom, naukowcom i decydentom politycznym na dostęp do wskaźników najważniejszych dla nich i kombinowanie ich w celu sporządzenia ich własnych rankingów à la carte. „Będą mogli spojrzeć na dane przez ich własne okulary” mówi van Vught.

Ale, jak przyznają wszyscy uczestnicy tych działań, edukacyjne aspekty pracy uniwersytetów są szczególnie trudne do porównywania. Badania naukowe to działalność międzynarodowa, i istnieją rozsądne wskaźniki do porównywania różnych instytucji. W przeciwieństwie do tego, edukacja jest przeważnie organizowana w zakresie krajowym i odzwierciedla różne kultury i tradycje. „To jest o wiele trudniejszy problem” mówi Pratt.

Na przykład, procent studentów odpadających z uniwersytetów we Francji nie może być wprost porównywany z tą samą liczbą w innych krajach, ponieważ wszyscy uczniowie, którzy zdali maturę (*baccalauréat*) automatycznie mają zagwarantowane miejsce na francuskim uniwersytecie. Selekcja odbywa się na końcu pierwszego roku studiów, a nie po zakończeniu liceum, co zwiększa procent odpadnięć. Podobnie, czas trwania i program studiów często bardzo różni się pomiędzy krajami.

Mierzenie idei

To jest luka w ocenach, którą Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) próbuje wypełnić. Przed miesiącem⁶, uruchomiła ona

⁶Oryginalny tekst został opublikowany w marcu 2010 (przypis tłumacza).

Najwyższe oceny?

Systemy rankingu uniwersytetów były krytykowane za przywiązywanie zbyt wielkiej wagi do liczby publikacji badawczych lub za opieranie się na małym zbiorze opinii eksperckich.

Akademicki ranking światowych uniwersytetów 2009, Shanghai Jiao Tong University

- 1 Harvard University
- 2 Stanford University
- 3 University of California, Berkeley
- 4 University of Cambridge
- 5 Massachusetts Institute of Technology
- 6 California Institute of Technology
- 7 Columbia University
- 8 Princeton University
- 9 University of Chicago
- 10 University of Oxford

Światowe rankingi uniwersytetów 2009 Times Higher Education–QS

- 1 Harvard University
- 2 University of Cambridge
- 3 Yale University
- 4 University College London
- 5 Imperial College London
- 6 University of Oxford
- 7 University of Chicago
- 8 Princeton University
- 9 Massachusetts Institute of Technology
- 10 California Institute of Technology

program pilotażowy o budżecie 12.5 miliona dolarów amerykańskich, o nazwie Ocena Wyników Ucznia w zakresie Wyższej Edukacji (Assessment of Higher Education Learning Outcomes, AHELO), celu stworzenia nowych metryk do oceniania wyników nauczania i studiowania. Ten projekt, który nie planuje tworzenia rankingów, będzie próbował zmierzyć złożone aspekty życia uniwersyteckiego – takie jak umiejętność krytycznego myślenia wśród studentów i tworzenia przez nich oryginalnych pomysłów – w rozmaitych kulturach i językach. Na razie, niewiele szczegółów jest znanych, lecz OECD twierdzi, że ma zamiar uruchomić program pilotażowy z udziałem 200 studentów w około tuzinie uniwersytetów w sześciu krajach, w tym w Stanach Zjednoczonych i Japonii. „Będziemy obserwować rozwój praktyki AHELO bardzo uważnie” mówi Ben Sowter, szef badań w QS.

QS ma zamiar nadal rozwijać swój ranking uniwersytetów, mimo utraty więzi z THE. „Będziemy nadal udoskonalać metodologię i poziomy odpowiedzi na ankiety” mówi Sowter, dodając, że jest zadowolony z nowej konkurencji. Inni eksperci mówią, że istnienie innych rankingów będzie korzystne, ponieważ zmniejszy nadmierne oddziaływanie któregoś z rankingów.

Teraz więc nadeszła pora na ocenianie rankingów. Europejskie Stowarzyszenie Uniwersytetów (European University Association), które reprezentuje ponad 800 uniwersytetów, planuje publikowanie rocznych przeglądów wszystkich międzynarodowych rankingów, aby ocenić ich metodologię i prześledzić,

dla czego różne instytucje poprawiają lub pogarszają swoje pozycje. To przedsięwzięcie będzie w przybliżeniu wzorowane na istniejącym przeglądzie systemów rankingowych stworzonym przez szwajcarski Państwowy Sekretariat Edukacji i Badań Naukowych i Konferencję Rektorów Szwajcarskich Uniwersytetów.

Te przeglądy powinny pomóc użytkownikom w podjęciu decyzji, które dane rankingowe najlepiej odpowiadają na kluczowe pytania dotyczące działania uniwersytetów. „Którąkolwiek przedsięwzięcie rankingowe, jakkolwiek byłoby wymyślne, jest nieodpowiedzialne, jeśli przedstawia siebie jako prawidłową odpowiedź na pytanie, ponieważ jedyną prawidłową odpowiedź jest w rękach osoby zadającej to pytanie” mówi Sowter.

(Tłumaczył Andrzej Kasiński,
Centrum Astronomiczne

im. Mikołaja Kopernika, Polska Akademia Nauk)

Komentarz tłumacza 2: Artykuły publikowane w *Nature*, a tym bardziej w *Postęпах Fizyki*, nie mają wielkiej szansy na zauważenie przez dziennikarzy i polityków, a właśnie do nich były adresowane dwa teksty wydrukowane powyżej. Mamy jednak nadzieję, że dostarczą one argumentów tym Koleżankom i Kolegom z naszego środowiska, którzy od czasu do czasu mają okazję prowadzić dyskusje na forum publicznym. Pełnią one rolę sygnału ostrzegawczego, od dawna bardzo potrzebnego, ukazującego niebezpieczeństwa związane z bezkrytycznym

posługiwaniem się rankingami, sprowadzającymi działalność badawczą do zawodów sportowych. Przy tej okazji chciałbym uzupełnić przetłumaczone teksty kilkoma szczegółami.

Autorzy artykułu wstępnego w *Nature* stwierdzili, że porównywanie całych uniwersytetów za pomocą jednej syntetycznej liczby nie ma sensu. Ale skoro takie porównania są robione, to warto zwrócić uwagę na jedną z przyczyn słabej pozycji polskich uniwersytetów w tej klasyfikacji. Jako przykład weźmy Uniwersytet Stanforda, powszechnie znany jako jeden z najlepszych na świecie (proszę jednak zauważyć, że nie ma go w pierwszej dziesiątce rankingu *THE* za rok 2009, podczas gdy jest numerem 2 w rankingu szanghajskim). Na liście wydziałów tego uniwersytetu znajdujemy⁷, między wieloma innymi, następujące pozycje:

- Business
- Inżynieria chemiczna
- Medycyna (+ kilkanaście innych wyspecjalizowanych wydziałów medycznych)
- Muzyka
- Dramat
- Inżynieria elektryczna
- Inżynieria mechaniczna (+ kilka innych wydziałów inżynierskich)
- Sztuka i historia sztuki

Aby więc choć teoretycznie dać szansę polskiemu „zawodnikowi” w tej samej konkurencji, musieliśmy naprzeciwko Uniwersytetu Stanforda wystawić zespół złożony z kilku warszawskich szkół wyższych, a mianowicie Uniwersytetu, Politechniki, Szkoły Głównej Handlowej, Akademii Sztuk Pięknych, Akademii Muzycznej, Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego i Szkoły Teatralnej. Artyści i aktorzy nie zwiększyliby co prawda dorobku publikacyjnego takiej kompleksowej uczelni (i byłoby zupełnym nonsensem rozliczać np. artystów malarzy z publikacji), ale czynni naukowo medycy mieliby szansę zwiększyć liczbę cytowań.

Zauważmy też, że wydziały inżynierskie w USA są z reguły częścią uniwersytetów. Wśród najsilniejszych amerykańskich uczelni nie ma odpowiedników polskich politechnik.⁸ Niedawno przetoczyła się przez polską prasę fala artykułów o Europejskim Instytucie Technologii, którego siedzibą chciał zostać Wrocław. Przy tej okazji różni polscy dziennikarze i politycy twierdzili, że EIT ma stać się europejskim odpowiednikiem amerykańskiego Massachusetts Institute of Technology, o którym mówili, że jest „najlepszą politechniką na świecie”. Otóż, mimo mylącej nazwy,

MIT jest pełnoprawnym uniwersytetem, o czym świadczą poniższe pozycje wybrane z listy jego wydziałów:⁹

- Antropologia
- Biologia
- Chemia
- Nauki o Ziemi, Atmosferze i Planetach
- Języki Obce i Literatura
- Nauki i Techniki Medyczne
- Historia
- Lingwistyka i Filozofia
- Literatura
- Matematyka
- Muzyka i Teatr
- Fizyka
- Nauki Polityczne
- Studia Humanistyczne

Ludzie, którzy nazywają MIT „politechniką” i stawiają go za wzór dla polskich lub europejskich politechnik, udowadniają więc, że wzorzec, który rzekomo chcą naśladować, nie jest im znany.

Inną przyczyną, dla której polskie uniwersytety przegrywają w rankingach z najlepszymi na świecie, jest poziom finansowania oraz różnorodność różnych możliwych źródeł finansowania. W tej dziedzinie Polska wypada kompromitująco, a za to bezpośrednio odpowiedzialne są kolejne polskie rządy, które nie chciały zrobić niczego istotnego w celu poprawy tej sytuacji. Widzieliśmy tylko ciągle ograniczanie niskich nakładów na naukę, pod pretekstem jej reformowania metodami ekonomicznymi („trudne pieniądze”, itp.). Zbyt niski poziom finansowania powoduje ubóstwo sprzętowe, trudności w zdobyciu potrzebnej literatury, utrudnienia w bezpośrednich kontaktach ze światem, a to z kolei czyni Polskę nieatrakcyjnym partnerem do współpracy międzynarodowej. Polskie rządy, poczynając od roku 1990, nie chciały widzieć finansowania nauki w kategorii inwestycji, tylko w kategorii nagrody za dobre albo kary za złe (w pojęciu decydentów) wyniki, i wszystkie traktowały naukę jako obciążenie dla budżetu.

Autorzy artykułów z *Nature* piszą, że ranking Uniwersytetu Jiao Tong powstał jako próba porównania chińskich uniwersytetów z ich odpowiednikami w innych krajach. Takie porównanie miało sens dla samych Chin, pracowicie (i skutecznie) goniących resztę świata w technice, gospodarce i nauce. Sława tego rankingu i, w konsekwencji, jego wielki wpływ na decyzje finansowe w innych krajach, musiał być

⁷ Źródło: <http://www.stanford.edu/academics/departments.html>

⁸ „Najlepsza”, według Jiao Tong, amerykańska politechnika, Virginia Polytechnic Institute and State University, znajduje się w przedziale od 151 do 200 miejsca, następne mieszczą się dopiero w trzeciej setce.

⁹ Źródło: <http://web.mit.edu/education/>

niespodzianką dla jego twórców – uniwersytet, który w swoim własnym rankingu zajmuje miejsce w trzeciej setce, nagle stał się światowym autorytetem w ocenianiu innych instytucji naukowych. Tymczasem rzut oka na kryteria tych ocen każe podejrzewać, że drugim podstawowym celem rankingu szanghajskiego było dostarczenie praktycznych porad dla chińskich studentów, zamierzających podjąć studia w innych krajach. To jest również sensowny cel, ale bezkrytyczne używanie tych samych ocen do ustalenia rankingu uniwersytetów na wzór tabeli mistrzów w lidze piłkarskiej było nonsensem – zwłaszcza, że dobór kryteriów ujawnia dyletanctwo autorów, a wagi przydzielone różnym kryteriom mogą być przedmiotem dyskusji. Oto te kryteria dla rankingu za rok 2010:¹⁰

Liczy z drugiej kolumny pomnożone przez wagi z ostatniej kolumny sumuje się osobno dla każdego „zawodnika”. Największa suma, definiująca zwycięzcę, jest przyjmowana jako 100%, pozostali „zawodnicy” otrzymują procentowe oceny w proporcji do osiągniętej sumy punktów. Oprócz procentowych ocen całościowych (ujawnionych tylko do miejsca 100) tabela ligowa Jiao Tong podaje też oceny procentowe osobno dla każdego z kryteriów.

Dla studenta wybierającego zagraniczny uniwersytet, na którym chciałby się dalej uczyć, informacja o liczbie zatrudnionych tam laureatów

nagrody Nobla może być czynnikiem wpływającym na decyzję. Ale dla przeciętnego uniwersytetu (nie tylko polskiego) poprawienie wyniku w tej kategorii jest celem niemożliwym do osiągnięcia w krótkim terminie, a osiągnięcie go w dłuższym terminie wymaga inwestycji, które mają szansę (ale bynajmniej nie pewność) doprowadzić do sukcesu w perspektywie kilkunastu lat. Sukces lub porażka w staraniach o zdobycie nagrody Nobla mają w sobie wiele z loterii, a kilkakrotnie w przeszłości zależały też od kaprysów pojedynczych osób albo sytuacji politycznej; wystarczy przypomnieć tu historie o tym, dlaczego Einstein dostał, szereg lat po pierwszej nominacji, nagrodę za wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego, a nie za teorię względności, albo dlaczego nie dostała jej Lise Meitner. Umieszczanie tego wskaźnika pod szyldem „jakość edukacji” świadczy o naiwności autorów.

Na podziw zasługuje jednak ich skrupulatność w śledzeniu życiorysów naukowych laureatów. Mianowicie, wysłedzili oni, że pewna liczba absolwentów Uniwersytetu Warszawskiego i Uniwersytetu Jagiellońskiego zdobyła potem nagrody Nobla za wyniki osiągnięte w innych krajach. Za te zasługi, w kategorii „Alumni” w roku 2010, UW dostał 18.5 punktu¹¹, a UJ – 11.9 punktu. Dokładnych liczb, dziedzin ani dat nie da się odczytać z tabeli, ale tylko dzięki tej skrupulatności UW i UJ nie znalazły się jeszcze

Kryteria	Wskaźniki	Nazwa kryterium	Waga
Jakość edukacji	Liczba absolwentów, którzy zdobyli nagrody Nobla i medale Fieldsa	Alumni	10%
Jakość personelu	Liczba pracowników instytucji, którzy zdobyli nagrody Nobla i medale Fieldsa	Award	20%
	Liczba pracowników o największej liczbie cytowań w 21 szeroko zdefiniowanych dziedzinach. Dokładny opis tego wskaźnika znajduje się na stronie internetowej Thomson ISI	HiCi	20%
Wyniki badań	Liczba prac opublikowanych w Nature i Science* od 2006 do 2010	N&S	20%
	Prace uwzględnione w Science Citation Index-expanded i Social Science Citation Index	PUB	20%
Osiągnięcia na 1 pracownika	Suma ważonych wskaźników dla danej instytucji podzielona przez liczbę jej pełnoetatowych pracowników naukowych.	PCP	10%
Suma			100%
* Dla instytucji wyspecjalizowanych w naukach humanistycznych i społecznych, N&S nie jest liczony, a waga związana z N&S jest dzielona między inne wskaźniki.			

¹⁰ Źródło: <http://www.shanghairanking.com/ARWU-Methodology-2011.html#2>. Cytuję tu tylko skrócone objaśnienia kryteriów, pełna kopia objaśnień zajęłaby dwie strony druku.

¹¹ Dokładnie tyle samo punktów ma w tej kategorii University of Texas at Austin (38 miejsce w rankingu 2010), który kiedyś był bazą, długo- lub krótkoterminową, międzynarodowych gwiazd w dziedzinie teorii względności, takich jak Roy Kerr, Rainer Sachs, Alfred Schild, Engelbert Schücking albo Jürgen Ehlers.

niżej. Dwa wnioski, wynikające z tego faktu, warto by zasugerować do przemyślenia naszym decydom: 1. Skoro ludzie wykształceni na UW i UJ potrafili robić odkrycia warte nagrody Nobla, to chyba zdobyte w Polsce wykształcenie dało im dobrą, w skali światowej, pozycję startową? 2. Ale dlaczego musieli wyjechać za granicę, aby zrobić swoje wielkie odkrycia?

Wracając do rankingu szanghajskiego, znów na dyletantyzm jego autorów wskazuje specjalne traktowanie tygodników *Nature* i *Science*, jakby były najbardziej prestiżowymi czasopismami naukowymi. Czytelnikom *Postępów Fizyki* prawdopodobnie nie trzeba tego tłumaczyć, ale na wszelki wypadek odnotujemy: te dwa tygodniki powstały jako czasopisma wielodyscyplinarne. Później jednak, wskutek lawinowego wzrostu liczby publikacji, dążenie do wielodyscyplinarności przerodziło się w wybieranie artykułów, które będą miały największą liczbę czytelników. Stąd przytłaczająca dominacja tematyki biomedycznej w obu tych pismach, i zaledwie tolerowanie publikacji z kilku dziedzin fizyki i astronomii, których tematy mają szansę być zrozumiałe dla niespecjalistów. Dla dziedzin bardziej hermetycznych, na przykład matematyki, kwantowej teorii pola, kwantowej grawitacji albo klasycznej teorii względności, poza rzadkimi wyjątkami, nie ma w tych pismach miejsca. To kryterium ustawia więc szereg dziedzin na pozycji z góry przegranej. O niebezpieczeństwach związanych z bezkrytycznym liczeniem cytowań bez uwzględnienia różnic w częstości cytowań między różnymi dyscyplinami naukowymi była mowa w przetłumaczonych wyżej artykułach.

Ludzie zafascynowani numerami pozycji poszczególnych uniwersytetów w rankingach nie zwracają uwagi na różnice w ocenach, a tu też kryje się pewna subtelność. Na przykład, Harvard University, pierwszy w rankingu Jiao Tong za rok 2010, ma ogólną ocenę 100, następny za nim UC Berkeley 72.4, następne trzy – Stanford, MIT i Cambridge – mają odpowiednio 72.1, 71.4 i 69.6, czyli różnią się od drugiego minimalnie, ale stoją daleko za pierwszym. Zauważmy też, że ich kolejność na liście zmieniła się w porównaniu z tabelką za rok 2009, cytowaną powyżej w artykule. Czy spadek Stanforda z drugiego miejsca na trzecie miałby stać się powodem rozpaczy i dymisji jego rektora? Tego wydają się oczekiwać miłośnicy stosowania sportowych kryteriów do oceny nauki.

Pozycje w rankingu szanghajskim są numerowane do 100. Dalej podane są tylko przedziały 101 – 150, 151 – 200, 201 – 300, 301 – 400 i 401 – 500. Od miejsca 101 ogólne oceny nie są ujawnione (nr 99 – University of Birmingham – ma ogólną ocenę 24), w tabeli można znaleźć tylko oceny w poszczególnych kategoriach. W „naszej” czwartej setce

mamy nienajgorsze towarzystwo, na przykład: Georgetown University – wychowawcę elity politycznej stolicy USA (0 nagród Nobla dla absolwentów), Uniwersytet w St Petersburgu – gdzie pracownikami byli Vladimir Fock i kilka innych naszych (fizycznych) gwiazd (26.1 punktu w tej samej kategorii), Syracuse University – gdzie dawniej pracował Peter Bergmann, a do niedawna nasz (relatywistyczny) gwiazdor Josh Goldberg i cała plejada młodych zdolnych (0 punktów), czy University of Texas at Dallas – do dziś baza starego mistrza Wolfganga Rindlera (również 0). Niskie pozycje w rankingu tych akurat uniwersytetów wyraźnie pokazują, że coś jest niedobrze z samym rankingiem, a nie z nimi. Trzeba też podkreślić, że kolejność uniwersytetów w każdym z przedziałów poniżej miejsca 100 jest ściśle alfabetyczna – te, których nazwa zaczyna się od „The” są pod literą „T” – nie zawiera więc żadnej informacji o faktycznej kolejności ocen.

I jeszcze ostatnia refleksja: sytuacja zmierza ku absurdowi. Z dwu przetłumaczonych powyżej artykułów wynika, że już istnieje cała grupa instytucji oceniających uniwersytety, a powstają dalsze. Czytając te teksty naliczyłem 8 istniejących specjalnych projektów oraz 3 planowane, z których dwa chcą być finansowane ze źródeł filantropijnych (! – to znaczy będą konkurować o pieniądze z ofiarami katastrof naturalnych i głodującymi ofiarami wojen!). To wszystko działa jako nadbudowa nad dawniej istniejącymi bazami danych „bibliometrycznych”, takimi jak baza Thomson Reuters, i równolegle do paronaukowej aktywności ludzi pracowicie liczących punkty na podstawie tych danych i opracowujących wciąż nowe teorie liczenia i oceniania, publikujących prace na ten temat w wyspecjalizowanych periodykach, spotykających się na międzynarodowych konferencjach. Teraz dowiadujemy się, że istnieje już „obserwatorium rankingów”, i że powstała organizacja uniwersytetów, która ma oceniać jakość rankingów. W odpowiedzi na to, kto wie?, być może powstanie organizacja instytucji rankingowych oceniająca jakość ocen rankingów dokonywanych przez uniwersytety... i gdzie to się skończy? A wszystko tylko w jednym celu: aby każdemu uniwersytetowi i każdemu pracownikowi nauki można było przypisać liczbę, na podstawie której kompletny ignorant, bez wnikania w treść naszych prac, będzie mógł zawyrokować: A dobry, B zły, a C do wyrzucenia. Czy koszt tej całej nadbudowy nie jest zbyt wysoką ceną zapłaconą za zapewnienie ministerialnym urzędnikom złudzenia obiektywizmu i kompetencji? Zanim wynaleziono „bibliometrię”, nauka rozwijała się przez kilkadziesiąt lat bez nadzoru rządowych biurokratów, głównie w związku z edukacyjną działalnością uniwersytetów, i dało to raczej dobre efekty.

Każdy może rozsmakować się w fizyce

Andrzej Holas

Instytut Chemii Fizycznej PAN, Warszawa

Streszczenie: W przedstawionej recenzji książki Jerzego Przystawy „*Odkryj Smak Fizyki*” podkreślono rolę jaką może ona spełnić w uprzystępnianiu fizyki jak najszerszemu kręgowi czytelników, zwłaszcza tych zrażonych nieumiejętnym nauczaniem w szkole. Omówiono liczne zalety książki.

Everyone May Enjoy the Taste of Physics

Abstract: In the presented review of the book „*Odkryj Smak Fizyki*” (“*Discover the Taste of Physics*”) by Jerzy Przystawa, its impact on making physics accessible for a wide spectrum of readers, especially those repelled by unskillful teaching at school, is underlined. Numerous merits of the book are discussed.

Niedawno, w grudniu 2011 r., Wydawnictwo Naukowe PWN opublikowało książkę Jerzego Przystawy „*Odkryj Smak Fizyki*”. Jak dowiedziałem się od Wydawcy, „*Książka cieszy się dużym zainteresowaniem, a jej pierwszy nakład sprzedał się w ciągu 2 miesięcy, dodruk już miał miejsce i liczę, że niedługo będziemy mieli kolejny. Książka zbiera bardzo dobre recenzje, czego dowodem mogą być liczne wpisy na różnego rodzaju forach internetowych.*”

Tak niezwykle powodzenie popularyzatorskiej książki ma źródło w szeregu jej specyficznych cech. Jest to lektura dostępna dla rozmaitych czytelników pragnących lepiej zrozumieć otaczający świat: dla amatorów literatury popularnonaukowej, dla początkujących studentów fizyki, dla gimnazjalistów i licealistów wykazujących uzdolnienia i zainteresowanie fizyką, i wielu, wielu innych. Wciągająca czytelnika wartką, pełną dowcipu narracją, mnóstwem szczegółów z życia wybitnych fizyków (często noblistów), barwnym opisem kolejnych kroków i nieoczekiwanych zwrotów na drodze do odkryć. Przypomina w tym literaturę przygodową która tak wciągająca czytelnika, że nie może oderwać się od czytania. To, co wymieniłem, sprzyja studiowaniu książki z zacięciem i bez znużenia. Czytelnik dowiaduje się o fascynujących osiągnięciach fizyki XX wieku opisywanych językiem przystępnym i pełnym humoru, a przy tym wystarczająco precyzyjnym. Poznaje dwa wielkie, rewolucyjne przełomy w fizyce pierwszej połowy XX wieku – teorię względności i mechanikę kwantową, a z drugiej połowy – model narodzin

i rozwoju wszechświata oraz bogactwo świata cząstek elementarnych uporządkowanego genialnym modelem standardowym. Nie znam drugiej książki, która by przedstawiała te problemy równie całościowo, wyczerpująco, a zarazem przystępnie. Zwykle można znaleźć jedynie poszczególne „pod-problemy” rozsiane wewnątrz różnych podręczników, monografii czy czasopism popularno-naukowych. Tutaj zaś mamy spójną, całościową wizję, zaprezentowaną niemal jak w powieści. Dobór materiału i styl jego przedstawienia sprawiają, że humaniści, którzy często są zamknięci na nauki ścisłe, lub ludzie różnych zawodów, zrażeni nieudolnie prowadzonymi lekcjami fizyki w szkole – wszyscy mają okazję przekonać się, że fizyka jest piękna i fascynująca, a jej podstawowe idee są dla nich dostępne. Spodziewam się, że pod wpływem tej książki wzrośnie napływ zdolnych studentów na fizykę. Książka ta z pewnością spełni inspirującą funkcję dla popularyzatorów fizyki (w środowiskach młodzieży szkolnej, nauczycieli przedmiotu, seniorów) będąc źródłem zarówno ciekawych tematów jak i związanych z nimi anegdot i historycznych wydarzeń. Mam nadzieję, że wśród czytelników znajdą się również politycy decydujący o funduszach na rozwój nauk ścisłych w Polsce. Dedykuję im znakomite stwierdzenie polskiego fizyka, profesora Arkadiusza Piekary, zacytowane w książce: *Fizyka jest fundamentem wszystkich nauk przyrodniczych i technicznych. Przestańmy mówić o praktycznych „zastosowaniach” fizyki. Fizyka bowiem nie „znajduje” zastosowania w technice, fizyka stworzyła*

technikę, jest jej źródłem i istotą. I fizyka ciągle tworzy nowe techniki.

Rolą recenzenta jest również wskazanie na niedociągnięcia publikacji. Omawiając zasady zachowania jako przejawy symetrii, autor precyzyjnie podsumowuje zasadę zachowania pędu jako wynikającą z niezmienniczości względem dowolnych przesunięć w przestrzeni (tj. z jednorodności przestrzeni) i zasadę zachowania energii jako wynikającą z niezmienniczości względem dowolnych przesunięć w czasie (tj. z jednorodności czasu). Natomiast zauważam brak dostatecznej precyzji w sformułowaniu i podsumowaniu zasady zachowania momentu pędu jako wynikającej z niezmienniczości względem dowolnego obrotu wokół dowolnej osi (tj. izotropowości przestrzeni). Przykład ilustrujący wnioski płynące z tego prawa jest trafnie dobrany, ale, niestety, przedyskutowany mało zrozumiale.

Przy takich rozmiarach książki (niemal 400 stron) nie sposób sprawdzić w trakcie korekty wszystkie zebrane szczegóły historyczne, wzory, rysunki, itp. Nic dziwnego, że książka zawiera pewną ilość uchybień w tej materii. Nie będę przytaczać ich listy, gdyż nie mają one zauważalnego wpływu na realizację zasadniczego celu książki – pokazać piękno fizyki, „różne drogi dochodzenia do prawdy, bogactwo i różnorodność twórczości naukowej, komplikacje i prostotę odkryć, a także ich znaczenie dla nas wszystkich” – czyli pozwolić czytelnikowi rozmawiać

się w fizyce. Natomiast informuję tych czytelników mojej recenzji, którzy sami chcieliby ocenić wagę uchybień, że zostały one omówione przez Jerzego Przystawę w artykule „*Smak fizyki: pomiędzy historią a popularyzacją*”, będącym odpowiedzią na recenzję (*de facto*, wyłącznie ostrą krytykę) Andrzeja Kajetana Wróblewskiego „*Smak pełen dziegciu*” (obie pozycje można przeczytać w ostatnich numerach „*Wiedzy i Życia*” a także na stronie internetowej tego czasopisma: <http://www.wiz.pl/main.php>, zakładka *odpowiedź na recenzję z nr 2*).

Jako podsumowanie mojej recenzji pragnę cytować słowa Jerzego Przystawy ze wspomnianego artykułu, które, jak uważam, doskonale charakteryzują perfekcyjnie zrealizowane cele książki: „*Pisząc swoją książkę miałem nadzieję, że działam dla dobra wspólnego wszystkich fizyków polskich, że przybliżam laikom, nie mającym o fizyce pojęcia, urodę i atrakcyjność tej nauki, że dam szansę tym wszystkim, którzy uważają fizykę za naukę nudną, trudną i nieprzystępną, na nieco inne o niej pojęcie, i wyjaśnię rolę i znaczenie fizyki w poznaniu i rozumieniu świata*”.

Prof. dr hab. Andrzej Holas
Kierownik Zakładu Kwantowej Teorii
Ciała Stałego i Molekuł, Instytut Chemii Fizycznej
PAN, Warszawa

Instytucje wspierające (Członkowie Wspierający)

Polskie Towarzystwo Fizyczne

(stan na dzień 11.01.2011)

Wydział Fizyki UW

Instytut Fizyki PAN

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

im. H. Niewodniczańskiego

Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Międzynarodowe Laboratorium

Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur

Wydział Fizyki PW

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

Uniwersytet Szczeciński

Uniwersytet Śląski

Wydział Fizyki i Astronomii

Uniwersytet Wrocławski

Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Uniwersytet Jagielloński

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

Jak odkryć smak fizyki?

Grażyna Kontrym-Sznajd

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław

Streszczenie: Ten list jest próbą odpowiedzi na pytanie: jak zwiększyć liczbę studentów na kierunkach technicznych, matematycznych i przyrodniczych. W oparciu o entuzjastyczną reakcję czytelników na książkę Jerzego Przystawy „Odkryj smak fizyki”, można dojść do wniosku, że albo system nauczania jest nieodpowiedni albo brakuje odpowiedniej literatury oraz programów popularnonaukowych. Skoro rozwiązanie tej kwestii zostało uznane przez ekspertów wręcz za strategiczne dla rozwoju naszej gospodarki, mam nadzieję, że ten list sprowokuje szerszą dyskusję na ten temat.

How to discover the flavor of physics?

Abstract: This letter is an attempt to answer the question: how to increase the number of students of technical, mathematical and natural sciences. Based on the enthusiastic response of readers to the book by Jerzy Przystawa "Discover the taste of physics", it can be concluded that either the education system is inadequate or there is a shortage of adequate popular-scientific programs and literature. Since the resolution of this issue has been considered by experts even as strategic for the development of our economy, I hope that this letter will provoke a wider discussion on this subject.

Właśnie otrzymałam Newsletter MNiSW Nr 8/2012, gdzie na wstępie napisano: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju 8 marca 2012 r. ogłosiło IV edycję konkursu, który ma na celu zwiększenie liczby studentów na kierunkach technicznych, matematycznych i przyrodniczych, uznanych przez ekspertów za strategiczne dla rozwoju polskiej gospodarki.

Natychmiast pomyślałam o książce Profesora Jerzego Przystawy „Odkryj smak fizyki”.

Jak zwiększyć liczbę studentów? Może trzeba szukać odpowiedzi w licznych opiniach czytelników o tej książce, których fragmenty przytaczam poniżej:

1. Prof. Przystawa pokazuje, że nie tylko fizyka jest wszędzie, ale nie da się bez niej żyć... Dużo tu obrazowych przykładów przemawiających do wyobraźni opornych. Dodatkową wartością są anegdoty z życia badaczy...
2. Książka zdecydowanie zasługuje na jakiś bardziej odłotowy tytuł bo to nie jest schematyczny styl. Właśnie styl jest tu kluczowy.
3. Anegdoty i barwne wstawki są doskonałymi przerwami w podróży po teorii i problemach świata fizyki.
4. To świetna pozycja w zasadzie dla wszystkich :) Dla rodziców, którzy chcieliby zachęcić swoje dzieci do pasjonowania się nauką, dla humanistów, którzy nie bardzo rozumieją suche wzory, dla

tych co zostali zrażeni koszmarnymi lekcjami fizyki w szkole....

5. Tak powinny wyglądać szkolne podręczniki do fizyki. Anegdoty i przykłady zamiast regułek i wzorów do wkucia.
6. Nie wierzyłam, że fizyka może być pasjonująca.... Tłumaczę to moje doświadczenia szkolne.... itd., itp., cała masa tego typu wpisów. Wszędzie zachwyty i pytania, dlaczego podręczniki szkolne w niczym nie przypominają książki Jerzego Przystawy.
7. W sieci znalazłam tylko jeden negatywny wpis z dnia 29.01.2012, którego autorka pisze: *Fajnie się czyta ale to nie jest źródło solidnej wiedzy - niestety pomimo niewątpliwych starań autora, dużej swady i świetnego stylu, w książce jest mnóstwo błędów merytorycznych, zniekształcen, pomyłek i nie znajdujących potwierdzenia w faktach informacji. Książka jest ok jeśli chodzi o popularyzację nauki w ogóle, z prawdziwą historią fizyki nie ma niestety wiele wspólnego. Skoro żaden z zarzutów nie został sprecyzowany, nie będę polemizować z tą wypowiedzią, odsyłając do Wiedzy i Życia, do artykułu Prof. Jerzego Przystawy „Smak fizyki: pomiędzy historią a popularyzacją” (WiŻ nr 3/2012 str. 80), będącego odpowiedzią na recenzję Prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego „Smak pełen dziegiu” (WiŻ nr 2/2012 str.70). Na stronie in-*

ternetowej <http://www.wiz.pl/smakfizyki> tego czasopisma jest pełna wersja odpowiedzi Prof. Przystawy oraz tekst recenzji Prof. Wróblewskiego. Poza tym książka może mieć erratę, która nie umniejsza jej wartości, a jak widać, rzeczą ludzką jest się mylić, bo nawet w tak krótkim tekście internautki są trzy błędy (niewątpliwych, merytorycznych, zniekształcen). Przytoczę natomiast wypowiedź Pani Maryli Rodowicz, która, przed meczem z Portugalią, zapytana przez Pawła Sztompke o Stadion Narodowy, odpowiedziała z zachwytem: *przeogromny, nowoczesny, pięknie zbudowany! Ciągłe szukamy mankamentów i afer zamiast radować się.*

Żałuję, że nigdy nie miałam przyjemności wysłuchać wykładów Profesora Jerzego Przystawy, wyobrażam sobie, że musiały być bardzo ciekawe. Będąc pracownikiem PAN, nie prowadzę regularnych wykładów dla studentów, jakkolwiek czasami jakieś przygotowuję. Wiele z nich poświęconych jest diagnostyce medycznej. Zajmując się zawodowo metodami matematycznymi tomografii komputerowej, nie miałam pojęcia o pewnych faktach, dotyczących osiągnięć naszej rodzimej radiologii. Dopiero książka Jerzego Przystawy, w której różne informacje są podane na tyle „sprytnie”, że rozbudzą ciekawość, spowodowała, że sięgnęłam do historii polskiej radiologii.



Pewnie wszyscy pamiętamy rok 2008, w którym miał ruszyć wielki zderzacz hadronów, LHC. Prasa i telewizja ostrzegały nas przed końcem świata – cały świat protestował przeciwko eksperymentom, w wyniku których miały powstać

czarne dziury, prowadzące do naszej zagłady (przy okazji podawano jakie to niebotyczne sumy wydają fizycy na tak niebezpieczne zabawy). Dobrze to pamiętam, bo zwrócił się wtedy do mnie przedstawiciel klubu Rotary, prosząc o wygłoszenie, w trakcie spotkania klubowego, wykładu na temat maszyny końca świata (tak nazywano wtedy LHC). Z przyjemnością zaproszenie przyjąłem i natychmiast rozpoczęłem gonitwę po Internecie, żeby znaleźć materiał pomocny w przygotowaniu wykładu z cząstek elementarnych oraz działań Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN). Miałam szczęście, bo z okazji 50. lat CERN, wydano płytkę, przetłumaczoną również na język polski. Istne чудо! – na 52. slajdach, w formie komiksu, opisano świat cząstek elementarnych, historię CERN oraz prowadzone tam ekspery-

menty. Zwrócono przy okazji uwagę na fakt, że właśnie dzięki tym badaniom powstają nowe technologie, m.in. super klisze, na których zdjęcia rtg mają lepszą rozdzielczość, a pacjent jest napromieniowany znacznie mniejszą dawką. Ponadto, konieczność szybkiej komunikacji tak wielkiej grupy ludzi zainicjowała powstanie sieci informatycznej www, itd., itp. „Dzięki tej płytce” byłem w stanie wytłumaczyć politykom, muzykom i innym humanistom wiele rzeczy.

Taka jest też książka Jerzego Przystawy. W miejsce śmiesznych komiksów i animacji, barwny język, anegdota i umiejętność doboru materiału. To niezwykle talent i należy tylko ubolewać, że ujawniony dopiero teraz, bo takich książek potrzeba więcej. Fizyka ma zastosowania w medycynie i biologii, ba! nawet w ekonomii czy socjologii – jest wszechobecna, jak napisał jeden z internautów po odkryciu smaku fizyki.

No właśnie! Odkryć smak fizyki powinni też gimnazjaliści, żeby wybrać w szkołach ogólnokształcących klasy o profilu mat-fiz. Należy sobie uświadomić fakt, że do tych klas najczęściej trafiają dzieci tylko ze względu na matematykę. Wybierają taki profil, bo akurat w pobliżu miejsca zamieszkania nie ma szkół, gdzie są klasy matematyczne. A potem? Czy w trakcie nauki w liceum zaczynają poznawać smak fizyki? Niestety, nie tak często, jakbyśmy tego chcieli.

Może więc warto prześledzić reakcję czytelników na książkę Jerzego Przystawy i wyciągnąć z tego należyty wniosek? A potem zrozumieć na czym polega fenomen tej książki i usprawnić narzędzia dydaktyczne? Profesor Andrzej Holas najwyraźniej rozumiał, oceniając z dużym wyczuciem zarówno potrzeby czytelników jak i wagę takich publikacji. Podpisuję się pod tym, co napisał w Przedmowie, obiema rękoma.

Na tym bym zakończyła, gdyby nie rozmowa z wnukiem, uczniem gimnazjum, który powiedział: *Babcu! Podręczniki są pozbawione ścieżki logicznej, nie ma w nich bodźców intelektualnych.* No tak! I tu tkwi odpowiedź. Książka Profesora Jerzego Przystawy to potężny bodziec intelektualny. Dlatego jedna z internutek napisała: *Cudowna i wspaniała książka, która pozwoliła mi odkryć to, co przegapiłam podczas edukacji szkolnej.*

List ten dedykuję mojej wspaniałej nauczycielce, Pani mgr Ludwice Zabłockiej, dzięki której Jej uczniowie mogli poznać smak fizyki.

Prof. dr hab. nauk fiz. Grażyna Kontrym-Sznajd
jest Kierownikiem Zakładu
Teorii Struktury Elektronowej w Instytucie Niskich
Temperatur i Badań Strukturalnych PAN
we Wrocławiu

List do redakcji „Postępów Fizyki” - jerzy.warczewski@us.edu.pl

Szanowny Panie Redaktorze,

„Smak pełen dziegciu”

Takie właśnie odczucie pozostało mi po przeczytaniu recenzji prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego pod powyższym tytułem w popularno-naukowym czasopiśmie Wiedza i Życie z lutego 2012. Tekst ten dotyczy świeżo wydanej przez PWN, w starannej szacie graficznej i zaadresowanej do szerokiego grona zainteresowanych fizyką czytelników, książki prof. Jerzego Przystawy o tytule „Odkryj smak fizyki”. I stała się rzeczy nieoczekiwana. Otóż Prof. Wróblewski przeprowadził totalny atak na książkę prof. Przystawy. W tym celu użył słów takich jak „informacji ... zmyślonych”, „miara błędów została przekroczona”, „autor książki faszerował tyłoma błędami”, „powodzi błędów”, a w konkluzji uznał jej wydanie za istny „skandal” i w dodatku „kompromitujący” wydawnictwo PWN, które przed kilku laty wydało jego własną książkę „Historia fizyki”.

Książka prof. Przystawy osiągnęła tymczasem jakby szczyty popularności i entuzjastycznych ocen u czytelników. Sam zakupiłem w Empik’u jej trzy egzemplarze jako idealne prezenty dla rodziny. W ciągu nieco ponad miesiąca od ukazania się, książka ta uzyskała godne podziwu dziesiątki tysięcy wpisów i odnośników w internecie. Proszę wpisać do wyszukiwarki słowa „Odkryj Smak Fizyki Jerzy Przystawa”, a zobaczymy (stan na dzisiaj) niemal 60 000 powiązanych różnie wpisów. Całkowicie wystarczy przeczytać nader pochlebne bez wyjątku opinie czytelników na stronach internetowych rozmaitych księgarni, choćby Empik’u czy PWN (brawo wydawca!). Przy okazji żałuję, że Wiedza i Życie nie posiada jeszcze własnej strony internetowej dla komunikacji z czytelnikami.

Z jednej strony obserwujemy chór pochwał i zachwytów, a z drugiej strony zadziwia krytyka „pełna dziegciu”. Sytuacja jest więc niezwykła, bo atak prof. Wróblewskiego wydaje się być wyjątkowy. Tym bardziej, że przytacza on cały szereg merytorycznych z pozor, a w zasadzie niezbyt istotnych „błędów”, które mają pogniebić książkę i celowo zniechęcić jej czytelników, o czym wyraźnie pisze. Interesujące mogą być, dla przykładu, kontrowersje dotyczące sławnych na polu fizyki kobiet. Sprawa pierwsza. Prof. Wróblewski zupełnie nie zgadza się z prof. Przystawą, jakoby rodowita katowiczanka, Maria Goeppert-Mayer, miała kiedykolwiek być do-

puszczona do współpracy w projekcie Manhattan. Ale łatwo jest sprawdzić w jej biografii autorstwa J.P. Ferry i J. Sideman (Chelsea Home Publishers, 2003) lub w dowolnej grubszej encyklopedii, że została tam zaproszona przez Harolda C. Urey’a i to w wyraźnym celu prowadzenia badań nad uzyskaniem uranu 235, a ponadto że szczegóły swej pracy w projekcie Manhattan musiała zachowywać w tajemnicy przed swoim własnym mężem. Inną sławną i dyskryminowaną za życia uczoną była Lise Meitner, której prof. Wróblewski zdecydowanie odmawia rangi „teoretyczki”. Tymczasem jej dwie znane mi biografie (autorstwa R.L. Sime, University of California Press, 1997 i autorstwa P. Rife, Birkhauser, Boston, 2006) prowadzą prosto do niewinnego przecież wniosku prof. Przystawy, że Lise Meitner zajmowała się jednak fizyką teoretyczną i że śmiało można ją tak określić. I tak dalej.

Zarzuty prof. Wróblewskiego wydały mi się małostkowe, wyolbrzymione i bez większego znaczenia dla czytelnika nie będącego zawodowym historykiem. A także, że ta zadziwiająco napastliwa recenzja jest sama zbyt bliska poziomowi „kompromitującego skandalu”, gdyby użyć własnych określeń jej autora. Wieść głosi, że nakład „Odkryj smak fizyki” został błyskawicznie wyprzedany w ciągu dwóch miesięcy.

Krzysztof Cena 16 marca 2012

Prof. dr hab. Krzysztof Cena: Studia fizyki doświadczalnej w Uniwersytecie Wrocławskim. Habilitacja z zakresu biofizyki środowiskowej. Profesor nauk przyrodniczych (1981). Pracował z przerwami w Politechnice Wrocławskiej, gdzie m.in. wypromował 9 doktorów. Łącznie ponad 30 lat pracy za granicą: m.in. w Anglii (1968 – 1973: Environmental Physics - prof. J.L. Monteith, FRS, FRSE) University of Nottingham), Kanadzie (1982 – 1986: visiting professor, Occupational and Environmental Health Program, McMaster University) i, ostatnio, w Australii (1988 – 2007: School of Environmental Science, Murdoch University West Australia). Obecnie w stanie spoczynku. Mieszka pod Krakowem.

Wojciech Błasiak

SCIENCE. It works, bitches

Książkę "Odkryj smak fizyki" Jerzego Przystawy, kupiłem przypadkiem pod choinkę dla żony w grudniu 2011 roku. Kupiłem przypadkiem, gdyż sam jako ekonomista i socjolog nie interesuję się przesadnie fizyką, której naukę na poziomie szkoły średniej ukończyłem w 1971 roku. Przypadek nie był oczywiście zupełnie przypadkowy, gdyż znam od blisko 20 lat autora książki, jako założyciela i lidera ruchu obywatelskiego na rzecz jednomandatowych okręgów wyborczych, którego również jestem działaczem. No i zaczęło się. Już w Święta Bożonarodzeniowe byłem nękany pytaniami – „Czy ty wiesz, że ...?” - „Czy ty wiesz, że światło biegnie z Księżyca na Ziemię 1 sekundę?” - „Wiem. I wiem też, że jak zgaśnie Słońce, to się dowiesz o tym dopiero po 9-ciu minutach.” - „Wcale nie po 9-ciu, tylko 8-miu minutach. A wiesz, że odległości we Wszechświecie mierzy się czasem ruchu światła? ...”

Swoją wiedzę z fizyki oczywiście jakoś uzupełniałem przez ostatnie ponad 40 lat, w oparciu o różnorakie teksty popularnonaukowe i publicystyczne. Tak, że wiedziałem o Wielkim Wybuchu, który nastąpił 14 mld lat temu, i który stworzył nasz Wszechświat. Wiedziałem też o tym, że dowodem koronnym na to jest promieniowanie reliktowe, które po raz pierwszy zobaczyłem na ekranie telewizora marki belweder w 1962 roku w formie „śnieżenia” obrazu. Wiedziałem również, że Wszechświat się rozszerza, a galaktyki się od siebie oddalają z rosnącą szybkością i sam też pędzę wraz z moją Drogą Mleczną z niebotyczną prędkością. No, ale już przy pytaniu o to, czy wiem, co to jest zasada nieoznaczoności Heisenberga, okazało się, że moja wiedza jest delikatnie mówiąc płytka, by nie powiedzieć zbanalizowana. I dlatego sięgnąłem mimo nawału własnych prac po tę książkę.

Ta porządnie wydana przez Wydawnictwo Naukowe PWN książka, licząca 361 stron, z kolorowymi ilustracjami i zdjęciami, zawiera pełne kompendium wiedzy o fizyce zawarte w 12 rozdziałach – *Fizyka bada narodziły Wszechświat; Promieniowanie i kwanty; Mechanika kwantowa; Wokół jądra atomowego; Na drodze do wyzwolenia energii jądrowej; Energia, materia a nawet antymateria; Projekt Manhattan i broń jądrowa; Pierwsza rewolucja einsteinowska: Czas; Druga rewolucja einsteinowska: Przestrzeń; Cząstki elementarne; Symetrie porządkujące opis fizyczny świata; Symetria spontanicznie złamana.*

Oczywiście od razu sięgnąłem po opis zasady nieoznaczoności Wernera Heisenberga. I trafiłem w sam środek zapętlenia fizyki w postaci mechaniki kwantowej, z jej dwoistą strukturą materii falowo-korpuskularnej, co do której nigdy nie wiedziałem, o co

w niej w ogóle chodzi, i koniecznym rachunkiem prawdopodobieństwa zamiast funkcji ciągłych. Ale na szczęście zaraz dowiedziałem się, że sam Albert Einstein nigdy się do końca z mechaniką kwantową nie pogodził, gdyż jak twierdził „*Pan Bóg nie gra w kości.*” I nie pojąłem mechaniki kwantowej, ale przynajmniej zrozumiałem, o co w niej chodzi. I tylko dzięki wyobraźni J. Przystawy, który wymyślił przykład abstrakcyjnego fotoradar, który mierzył szybkość samochodów i określał ich położenie zgodnie z zasadą nieoznaczoności Heisenberga „czyli, że „niepewność pomiaru położenia” razy „niepewność pomiaru szybkości” nie mogłaby być mniejsza niż, powiedzmy, 1000 metrów kwadratowych na godzinę.” Jeśli mierzymy szybkość samochodu z dokładnością do 1000 metrów na godzinę, to położenie z dokładnością 1 metra. Jeżeli jednak abstrakcyjny fotoradar mierzy szybkość z dokładnością do 1 metra na godzinę, to przy „drogowej stałej Plancka” owych 1000 metrów kwadratowych na godzinę nieoznaczoność oznaczenie położenia samochodu musiałaby wynosić 1000 metrów czyli 1 km. To znaczy nie wiemy delikatnie mówiąc, gdzie dokładnie ten samochód z taką szybkością jechał. I odwrotnie. Gdyby fotoradar mierzył położenie z dokładnością do 1 cm, to pomiar szybkości mierzyłby z dokładnością do 100 km na godzinę, a więc mogłoby by to być zarówno 16 km na godzinę, jak i 116 km na godzinę. Nie pojąłem więc zasady nieoznaczoności Heisenberga ale zrozumiałem, o co chodzi w tym sformułowaniu: „*jeśli mierzymy dwie wielkości, A i B, które nie są przemienne i jeśli błąd pomiaru A oznaczmy jako „niepewność A”, a błąd pomiaru B jako „niepewność B”, to [niepewność A]x[niepewność B] jest co najmniej równa stałej Plancka h.*” A więc jak to ujął W. Heisenberg w 1927 roku „*Im dokładniej określimy położenie, tym mniej dokładnie znamy pęd w tym momencie, i na odwrót.*”

Ale dzięki tej książce nie tylko dowiedziałem się mnóstwa nowych dla mnie rzeczy, ale szereg zagadnień wręcz pojąłem. Pojąłem geometrię nieeuklidesową, której nie tyle nie mogłem w wersji geometrii hiperbolicznej Nikołaja Łobaczewskiego zrozumieć w klasie maturalnej, ile nie było nikogo, kto spróbowałby nam wtedy wyjaśnić, jak wbrew aksjomatowi Euklidesa mówiącemu, iż przez jeden dowolny punkt nie leżący na danej prostej można przeprowadzić tylko jedną do niej równoległą, a w geometrii Łobaczewskiego można przeprowadzić więcej prostych. J. Przystawa przedstawił to genialnie prosto i zrozumiale w formie trzech rysunków trójkąta położonego na płaszczyźnie płaskiej (geometria Euklidesa), na przestrzeni eliptycznej kuli i na przestrzeni

hiperbolicznej siodła (geometria Łobaczewskiego). A w obu ostatnich daje się przeprowadzić więcej niż jedną prostą równoległą. Ale chwilę dalej jest rysunek zakrzywienia promieni świetlnych przechodzących w pobliżu Słońca, który obrazuje tezę ogólnej teorii względności Einsteina o zakrzywieniu przestrzeni wokół masy. I od razu jest widoczne gołym okiem, że to jest właśnie przestrzeń hiperbolicznego siodła geometrii Łobaczewskiego. I to ona jest geometrią Wszechświata, a nasza codzienna geometria Euklidesa stosuje się na małych tylko przestrzeniach Ziemi.

Tę książkę czyta się z zafascynowaniem również dlatego, że opisuje nie tylko barwne i wielowymiarowe biogramy wielkich fizyków, ale zaskakujące i powikłane okoliczności wielkich odkryć, gdzie oprócz geniuszu czy żmudnej pracy, decyduje często odwaga i ryzyko czy tylko łut szczęścia. Ta książka jest opisem prawdziwego procesu rozwoju nauki, w którym, jak to ujął cytowany w książce laureat Nagrody Nobla z 2004 roku David J. Gross, „elementy farsy odgrywają równie doniosłą rolę jak momenty triumfu.” Ta książka pokazuje jak wiele dróg prowadzi do prawdy naukowej, jak na nich również błędzą, czy wątpią nawet najwięksi geniusze. I jak z nikomu nieznanych, a czasem i marginalizowanych przez lata, czy nawet ośmieszanych badaczy wyrastają, czy czasem eksplodują geniusze nauki. To jest wręcz materiał empiryczny dla socjologii nauki.

Ta książka jest również hołdem dla nauki. Hołdem dla intelektu ludzkiego. Pokazuje rzeczywisty wymiar znaczenia nauki dla istnienia i rozwoju gatunku człowieczego. Dowodzi słuszności tezy prof. Arkadiusza Piekary, którego książka „Fizyka stwarza nową epokę” uczyniła już za młodu z J. Przystawy fizyka, że to nauka fizyki stwarza świat techniki, a nie technika jest zastosowaniem fizyki. Ta książka uzasadnia dumne, choć i rubaszne zawołanie umieszczane na T-shirtach w hołdzie po odkryciu przez Arno Penziasa i Roberta Wilsona promieniowania reliktowego, będącego dowodem na słuszność hipotezy Wielkiego Wybuchu – SCIENCE. It works, bitches, czyli „NAUKA. To naprawdę działa, wy ... tacy owacy”, jak to tłumaczy autor książki.

Gdy zaś po przeczytaniu tej książki zadzwoniłem do profesora J. Przystawy składając mu gorące gratulacje i osobiste podziękowania za tak znakomity tekst, który nawet socjolog i ekonomista jest w stanie zrozumieć, choć nie wszystko pojąć, w odpowiedzi przesłał mi recenzję tej książki zamieszczoną w „Wiedzy i Życiu” nr2/2012 o tytule „Smak pełen diegciu”. Napisał ją prof. dr hab. Andrzej Kajetan Wróblewski, członek PAN i były rektor Uniwersytetu Warszawskiego. Przeczytałem tę recenzję i znalazłem się w innym świecie. I nie był to świat nauki. Oto czytam, że byłem częstowany jako czytelnik tej książki „wielką ilością informacji błędnych, przeinaczonych lub wręcz zmyślonych. Ponadto najwyraźniej (autor, przyp. WB) nie zna historii fizyki, a informacje czerpie przeważnie

z Internetu, gdzie jak wiadomo, można znaleźć wiele śmieci.” Na dowód tego ten znany i uznany profesor fizyki teoretycznej podaje 15 przypadków owych „błędów”, „przeinaczeń” i „zmyśleń” historycznych oraz 3 przypadki merytoryczne. Dla zważenia zarzutów – praktycznie na każdej z 361 stron jest podawane po 3-4 fakty historyczne czyli szacunkowo do zanegowania jest jeszcze co najmniej ponad 1000 faktów, zaś merytorycznie książka obejmuje cały zakres przedmiotowy fizyki. Ale bardzo ciekawe są zarówno przypadki historyczne, jak i merytoryczne. Oto Profesor pisze tak: „A więc nie jest prawdą, że: Ernst Marsden pochodził Nowej Zelandii (...), że James Chadwick wykonywał w Berlinie pracę tajnego (...), że Karl Schwarzschild zginął na froncie ...” itd. Rzeczywiście, jak wynika z odpowiedzi prof. Jerzego Przystawy, Ernst Marsden tylko wykladał przez dziesiątki lat w Nowej Zelandii, James Chadwick był internowany jako jeńiec wojenny i tylko został oddelegowany do stajni, a Karl Schwarzschild został tylko ciężko ranny na froncie, a zmarł dopiero w szpitalu w Dreźnie. I tak do końca. Owe zaś 3 błędy merytoryczne to wynik niezbędnych uproszczeń, aby również socjolog i ekonomista mógł zrozumieć dość jednak skomplikowane zagadnienia fizyki teoretycznej.

Wniosek końcowy recenzji Uczonego jest zaś następujący: „Czytelnikom, którzy skuszają się na kupno tej książki, gorąco odradzam przyswajanie podanych tam informacji. (...) Wydanie książki „Poznaj smak fizyki” bez opinii kompetentnych recenzentów, uważam za skandal i kompromitację Wydawnictwa Naukowego PWN.”

Dla mnie jako socjologa ta nieprawdziwa i nierzetelna recenzja jest dość czytelna w swej motywacji. I jeśli tego typu recenzje nie będą się spotykać ze zdecydowanymi reakcjami, to tacy ludzie, jak prof. dr hab. Jerzy Przystawa, nie pociągną za sobą młodych entuzjastów nauki. A chciałoby się, aby, podobnie jak w wyżej wspomnianym przypadku odkrycia promieniowania reliktowego, tak i w przypadkach wszystkich innych odkryć (odkryć również książek, w tym niewątpliwie tej książki prof. Jerzego Przystawy), młodzież wkładała T-shirty z napisem SCIENCE. It works, bitches, albo z innym napisem może nawet mniej rubasznym, ale równie sugestywnym.

Wojciech Błasiak jest ekonomistą i socjologiem, doktorem nauk humanistycznych. Wieloletni nauczyciel akademicki, a także polityk (Posel na Sejm II kadencji: 1993-1997), dziennikarz i niezależny wydawca prasowy. Autor i współautor 5 monografii i 35 artykułów naukowych, a także stu kilkudziesięciu artykułów popularno-naukowych i ponad tysiąca artykułów prasowych. Obecnie prowadzi własny Instytut Studiów i Projektów Rozwoju, zajmujący się projektami unijnymi.

POSTĘPY FIZYKI
Prof. Jerzy Warczewski
Redaktor Naczelny

Szanowny Panie,

Piszę do Pana na marginesie „recenzji” prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego w „Wiedzy i Życiu”, dotyczącej książki prof. Jerzego Przystawy pt. „Odkryj smak fizyki”. Napisał ją członek rady naukowej tego pisma, należący do Wydawnictwa Prószyński, a „recenzję” dlatego ująłem w cudzysłów, gdyż jest to w gruncie rzeczy zjadliwy paszkwil na książkę, która w tym wydawnictwie przeleżała kilka lat! Autor w końcu stracił cierpliwość, poszedł do PWN, a książka od razu okazała się sukcesem, który stał się udziałem, było nie było, konkurencji! Od razu zaznaczam, że nie jestem fizykiem, nigdy wcześniej ani o profesorze Wróblewskim, ani o jego osiągnięciach naukowych nie słyszałem. Chętnie przyznaję, że są wielkie. Odłożmy wszakże na bok akademicki spór i wróćmy do meritum. W roku 1993 ukazał się skrypt prof. Henryka Gurgula „Zarys historii fizyki od starożytności do XX wieku”, wydany przez Uniwersytet Szczeciński. Nieco później stał się ów skrypt prawdziwym bestsellerem i, o ile wiem, doczekał się wznowień. Stał się bestsellerem otóż ze względu na zjadliwą recenzję... profesora Wróblewskiego. Podobnie jest z książką prof. Przystawy, która rozchodzi się ponoć jak ciepłe bułeczki. Nie byłoby w „recenzji” prof. Wróblewskiego nic dziwnego – polemiki w końcu są czymś najzupełniej dopuszczalnym – gdyby nie solidna, a całkowicie zbędna porcja jadu. Rzeczowo i delikatnie odpowiedział na to prof. Przystawa w najnowszym numerze „Wiedzy i Życia”.

Moim zdaniem nazbyt delikatnie. Można odnieść wrażenie, że prof. Wróblewski usiłuje narzucić swoje zdanie jako jedynie obowiązującą normę. Robi to w dodatku mało elegancko, tonem pogardliwej wyższości. Abstrahując od wszystkiego innego, powinien darować sobie insynuacje pod adresem prof. Holasa, że napisał recenzję rzekomo w ogóle książki nie czytając; powinien też wiedzieć, że prof. Przystawa to nie „jakiś tam podobno profesor”, skoro przetłumaczył wcześniej dla Wydawnictwa Prószyński dwie ważne prace z dziedziny fizyki, w tym monumentalną, liczącą ponad 1000 stron „Road to Reality” Rogera Penrose’a. Wydaje mi się, że nie powinien prof. Wróblewski przywoływać powiedzenia Einsteina jako naczelnej zasady popularyzacji, bo taki gruby błąd historykowi nie przystoi. Napisałem trochę o tym do „Wiedzy i Życia”, ale nie zamieścili. Szkoda, gdyż dedykowałem tam prof. Wróblewskiemu inną maksymę wielkiego fizyka: Wenn a für Erfolg steht, gilt die Formel $a = x + y + z$; x ist Arbeit, y ist Spiel, und z heißt Maulhalten. Na koniec, żeby nie pozostawić wątpliwości: „Odkryj smak fizyki” to pozycja znakomita, a nawet wybitna. Śmiało może iść w paragon z pozycjami np. Roberta Jungka i temu samemu właśnie służy – popularyzacji hermetycznej nauki. Profesor Przystawa robi to w sposób znakomity, gdyż po prostu UMIE PISAĆ. Nie dla wszystkich po prostu...

Wiktor Kubica, Kraków

Wiktor Kubica z Gronia mgr inż. architekt, artysta fotografik, członek Związku Polskich Artystów Fotografików, scenarzysta filmowy, literat, członek Związku Literatów Polskich

KRONIKA

■ Walne zebranie toruńskiego oddziału PTF

W czwartek 9 lutego 2012 r. o godz. 12:15 odbyło się Walne Zebranie Toruńskiego Oddziału PTF. W wyniku przeprowadzonych wyborów w skład Zarządu TO PTF weszli: dr Janusz Szatkowski (przewodniczący), dr Beata Derkowska-Zielińska (skarbnik), dr hab. Winicjusz Drozdowski (sekretarz), dr Krzysztof Przegiętka (członek) i Piotr Strzelewicz (członek). Powołano też nową Komisję Rewizyjną w składzie: prof. Stanisław Łęgowski (przewodniczący), dr Przemysław Płóciennik i dr Józefina Turło. Bieżącą działalność TO PTF można obserwować za pośrednictwem strony <http://ptf.fizyka.umk.pl>.

■ XXV wykład im. Aleksandra Jabłońskiego

W czwartek 23 lutego 2012 r. o godz. 17:15 w Instytucie Fizyki UMK prof. Włodzisław Duch z Katedry Informatyki Stosowanej Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK wygłosił wykład pt. „Mózgi i umysły, czyli co o sobie wiemy”. Był to już dwudziesty piąty z corocznych Wykładów im. Aleksandra Jabłońskiego, organizowanych od 1988 r. w kolejne rocznice urodzin prof. Jabłońskiego, twórcy toruńskiej szkoły fizyki.

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

<http://postepy.fuw.edu.pl>

- ▶ **ARCHIWUM**
spisy treści wszystkich zeszytów
- ▶ **ARTYKUŁY DO POBRANIA**
m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshihba, Riccardo Giacconi, Aleksiej A. Abrikosow, Anthony J. Leggett, Witalij Ł. Ginzburg, Frank Wilczek, David J. Gross, David Politzer, Roy J. Glauber, Theodor W. Hänsch, John L. Hall, John C. Mather, George F. Smoot III, Albert Fert, Peter A. Grünberg) oraz wykłady z ostatnich Zjazdów Fizyków Polskich (Białystok 1999, Toruń 2001, Gdańsk 2003, Warszawa 2005, Szczecin 2007)
- ▶ **MATERIAŁY DODATKOWE**
uzupełnienia niektórych artykułów
- ▶ **NOWE KSIĄŻKI**
Wydawnictwa Naukowego PWN Warszawa
Jerzy Przystawa, *ODKRYJ SMAK FIZYKI*, 2011
Michel Le Bellac,
WSTĘP DO INFORMATYKI KWANTOWEJ, 2011
Genowefa Ślósarek, *BIOFIZYKA MOLEKULARNA*
Zjawiska, Instrumenty, Modelowanie, 2011
Paul A. Tipler, Ralph A. Llewellyn,
FIZYKA WSPÓŁCZESNA, 2011
Lew D. Landau, Jewgienij M. Lifszyc:
FIZYKA STATYSTYCZNA, 2011 oraz
MECHANIKA KWANTOWA Teoria nierelatywistyczna, 2012

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- **Andrzej Kajetan Wróblewski** opowie o wielkości Marii Skłodowskiej-Curie i o znaczeniu naukowym jej badań, a także o prawdzie i o mitach na jej temat
- **Łukasz Rypina** z Politechniki Koszalińskiej kierownik wielomilionowego projektu „Wirtualna Fizyka – Wiedza Prawdziwa” dotyczącego innowacyjnego systemu nauczania w szkołach ponadgimnazjalnych przedstawi główne założenia tego projektu
- **Jerzy Żuk** opowie o programie i przebiegu ostatniego Zjazdu Fizyków Polskich – Lublin 2011
- **Krzysztof Pomorski** – laureat Medalu Mariana Smoluchowskiego 2011 opowie o swoich osiągnięciach w dziedzinie teorii dynamiki jądrowej

PRENUMERATA

Postępy Fizyki można zaprenumerować w jeden z następujących sposobów.

▶ **PRZEZ ODDZIAŁY PTF:** Jak wiadomo, od 2012 roku członkowie PTF po wpłaceniu składki członkowskiej na konto ZG PTF (patrz niżej) otrzymują bez żadnej dodatkowej opłaty kolejne zeszyty Postępów Fizyki. Prosimy o zaznaczenie przy płatności przynależności do Oddziału PTF. A oto wysokość składek członkowskich: osoby nieposiadające stopnia naukowego doktora, w tym studenci: **40 zł**; osoby posiadające stopień naukowy doktora: **80 zł**; osoby posiadające stopień naukowy dr hab. lub tytuł profesora: **120 zł**; emeryci: **40 zł**. Aby nie opóźniać procesu wydawniczego PF składka członkowska powinna być opłacona jednorazowo każdego roku do końca lutego.

▶ **PRZEZ ZARZĄD GŁÓWNY PTF** (tylko prenumerata krajowa): Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF: 19 1020 1097 0000 7802 0001 3128 (PKO BP IX O/Warszawa) lub w Biurze Zarządu Głównego PTF. Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2012 r. wynosi 72 zł. Dostawa Postępów Fizyki następuje drogą pocztową pod wskazany adres.

▶ **PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWA KOLPORTAŻU PRASY:** RUCH (<http://www.prenumerata.ruch.com.pl>) KOLPORTER (<http://sa.kolporter.com.pl>) GARMOND PRESS (<http://www.garmond.com.pl>) Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2012 r. wynosi 72 zł. Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę – patrz <http://www.ruch.pol.pl>.

Dostępne są również zeszyty archiwalne – prosimy o kontakt z redakcją.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Czekamy na artykuły przeglądowe i monograficzne pod warunkiem, żeby były przystępne dla ogółu fizyków. Układ pracy (tytuł, autor(zy), afiliacja(e), streszczenie po polsku, tytuł angielski, streszczenie po angielsku, tekst, odnośniki literaturowe, podpisy pod ilustracjami itd.) powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postęпах Fizyki* (patrz artykuły w ostatnich zeszytach). Prace w edytorze WORD z ilustracjami w jpg o rozdzielczości co najmniej 300 dpi prosimy nadsyłać e-mailem równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl. Wszystkie prace są recenzowane. Patrz również strona internetowa *Postępów Fizyki*.

REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularyzatorów nauki – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postęпах Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt e-mailowy równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl

POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)

Founded in 1949, published bimonthly in Polish with titles and abstracts both in Polish and English by the Polish Physical Society with a support of the Ministry of Science and Higher Education, the Physics Faculty of the Warsaw University and the Institute of Physics of the University of Silesia.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH” S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Jana Kazimierza 31/33, skrytka pocztowa 12, 00-958 Warszawa, Poland (for details see <http://www.ruch.pol.pl>).

„SCIENCE. It works, bitches!”

– koszulki z tym hasłem zrobiły furorę wśród miłośników fizyki i astronomii po odkryciu promieniowania tła przez Penziasa i Wilsona. I właśnie o tym, jak nauka działa, opowiada profesor Przystawa, świetny i doświadczony wykładowca, który doskonale czuje smak fizyki i rytm odkrycia naukowego.

Odkryj smak fizyki nie tylko jest ciekawym i aktualnym przeglądem przełomowych badań i wniosków fizyków z ostatnich stu lat. Autor przekazuje dużo więcej – przybliża cały świat, w którym poruszają się naukowcy. Odśladania część zakulisową noblowskich odkryć, omawia wątpliwości, jakie budzą nowe teorie, opory z ich przyjęciem, kłótnie wśród badaczy, niechęci i nieporozumienia, a także wzajemne inspiracje. Uświadamia nam, jak wiele odkryć przychodzi za wcześnie i zostaje zapomnianych, bo nikt nie rozumie ich znaczenia. Widzimy, jak często epokowe przełomy zdarzają się całkiem przypadkowo – chociażby ten związany z promieniowaniem reliktowym. A potem jak wielu lat trzeba, by przyswoić nauce nawet już bardzo uznane osiągnięcia. Przyznając nagrodę Einsteinowi, Komitet Noblowski wciąż nie do końca wiedział, co zrobić z jego teorią, i do dziś wielu fizyków nie jest zbyt szczęśliwych z jej powodu.

O tych wszystkich problemach, ale też o euforii odkrycia i fascynacji nauką, opowiada profesor Przystawa niezwykle przystępnie, z humorem i energią. Śledzimy zawiłe losy odkryć, teorii i ich autorów – począwszy od Wielkiego Wybuchu do Modelu Standardowego i uciążliwego bozonu Higgsa. Dawno nikt tak swobodnie i z takim znanstwem nie ukazał smaku fizyki.

Jerzy Przystawa

ODKRYJ SMAK FIZYKI



WYDAWNICTWO NAUKOWE PWN
801 33 33 88 • www.pwn.pl





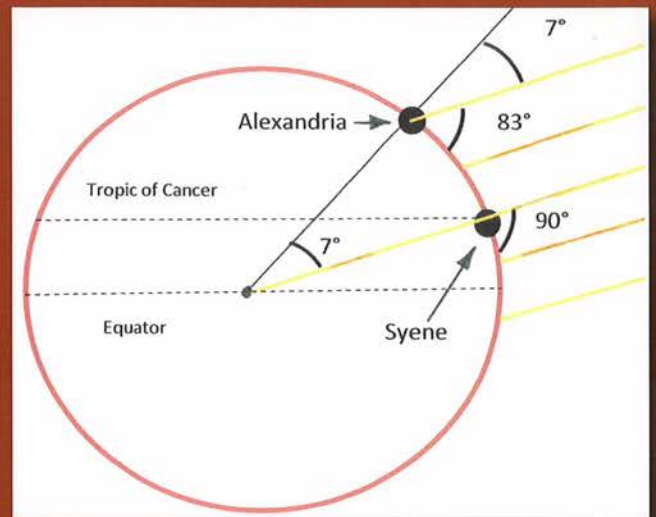
Raffaello Santi: Madonna con Bambino, Muzeum Watykańskie. (Internet). Patrz str. 19



Michelangelo: Kaplica Sykstyńska: Stworzenie Świata, Watykan. Detal: Bóg przekazuje życie Adamowi. (Internet). Patrz str. 19



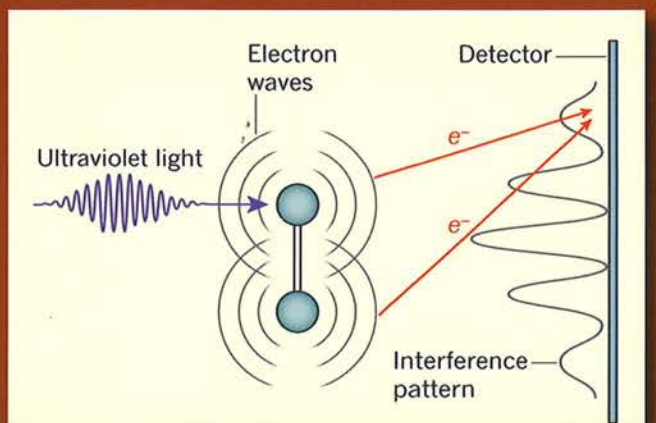
Rembrandt van Rijn: Lekcja anatomii, Mauritshuis, Haga. (Internet). Patrz str. 19



Eratosthenes, krzywizna Ziemi. (Internet). Patrz str. 19



Foucault, wahadło, ruch obrotowy Ziemi wokół osi (a). (Internet). Patrz str. 19



Jönsson, dyfrakcja i interferencja elektronów. (Internet). Patrz str. 19