

# Foton

123  
Zima  
2013

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI  UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI  
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO



[www.varian.com](http://www.varian.com)

## Noblista Peter Higgs



Peter Higgs – młody, obiecujący fizyk



Peter Higgs – spełniony uczony

Źródło: <http://www.ph.ed.ac.uk/higgs/galleries>



## Bogactwo oblicza fizyki – wyzwanie i szansa w szkole

Tak, jak się spodziewano po znalezieniu bozonu Higgsa w CERNie, Nagroda Nobla w 2013 roku została przyznana fizykom teoretykom za zaproponowanie mechanizmu, który nadawałby cząstkom elementarnym masę. Nie jest bynajmniej łatwo przekazać laikom, o co tu w ogóle chodzi. Dzisiejsza fizyka teoretyczna używa zaawansowanych pojęć matematycznych, zupełnie innych niż te, z którymi jako tako zapoznaliśmy się w szkole. Leszek Motyka w swoim artykule o symetrii i jej łamaniu naprowadza czytelników na zrozumienie roli pola bozonu Higgsa. Na zupełnie innym biegunie rozległego pola fizyki znajdują się badania fizyków, których prace doprowadziły do rozkwitu metod diagnostycznych i terapeutycznych w medycynie. Jest okazja, by dowiedzieć się o terapii hadronowej w Krakowie (artykuł Małgorzaty Nowiny-Konopki).

Być może dla niektórych czytelników będzie niespodzianką artykuł Krzysztofa Kułakowskiego o tym, co metody fizyki mogą nam powiedzieć o naturze człowieka. Osoba, która kończy swoją edukację z fizyki na szkolnej znajomości praw Newtona, wiadomościach o prądzie stałym i soczewkach może zupełnie nie zdawać sobie sprawy, w co współczesna fizyka „się wtrąca”. W celu zapoznania uczniów z tą różnorodnością fizyk–nauczyciel musi być nie lada omnibusem i stale się doksztalać. A przecież i preferencje uczniów są rozmaite. Oprócz uzdolnionych olimpijczyków, tych ciekawskich i chcących wiedzieć „jak to działa”, sporo jest „filozofujących”. Świadczą o tym tematy wybierane przez uczniów na konkursach. W tym zeszycie publikujemy artykuł młodzieńki uczennicy II klasy LO na temat chaosu w fizyce i filozofii.

I choć z satysfakcją czytamy o sukcesie naszych uczniów w testach PISA, to jednak bardzo nas niepokoi zupełny brak udziału naszego państwa we wspieraniu kształcenia uzdolnionych uczniów. Nie tylko troska o „średnich” powinna być priorytetem; zwłaszcza, że według moich obserwacji, coraz mniej jest tych średnich uczniów – są albo słabi, albo bardzo dobrzy. Co zrobić, by państwo nie liczyło na grupę nauczycieli entuzjastów, którzy społecznie, ku własnej satysfakcji i *pro publico bono* poświęcają swój czas młodzieży? W tym zeszycie można się „spotkać” z dwojgiem takich entuzjastów: panią Anną Kaczorowską i Jerzym Brojanem.

Zachęcamy do lektury i życzymy wszystkim Szczęśliwego Nowego Roku 2014 i oby ich wysiłek został doceniony bardziej wymiernie.

Z.G-M



## Contents

Many faces of physics – chance to attract students to it <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	1
The history of symmetry, its breaking and searching for the origin of elementary particles mass <i>Leszek Motyka</i> .....	4
Nobel Prize in Physics 2013, long expected laureates <i>Krzysztof Fialkowski</i> .....	11
Experiments on human nature <i>Krzysztof Kulakowski</i> .....	13
Hadron therapy in Krakow <i>Małgorzata Nowina-Konopka</i> .....	16
How to obey Copernicus anniversary? <i>Michał Heller</i> .....	23
Nicolaus Copernicus and his times <i>Maria Pawłowska</i> .....	26
Chaos in physics and philosophy <i>Ester Rączkowiak, high school student</i> .....	35
Jerzy Brojan, awarded by Białkowski's medal and prize of Polish Physical Society <i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	41
7 edition of the national competition of physical „Searching for talented students” <i>Anna Kaczorowska</i> .....	42
Young Physicists' Tournament 2013 and the XXVI International Young Physicists' Tournament <i>Andrzej Nadolny</i> .....	47
Problems for Young Physicists' Tournament 2014 <i>Andrzej Nadolny</i> .....	49
Physics Education XLII Meeting of Polish Physicist <i>Edward Rydygier</i> .....	51
XXIX Workshop: Summer with helium <i>Małgorzata Trybula</i> .....	57
Impressions of the II summer school of the Polish branch of the EAEE <i>Hanna Smolińska</i> .....	58
What to read. <i>The Infinity Puzzle: Quantum Field Theory and the Hunt for an Orderly Universe</i> , F. Close.....	59
<i>Data analysis in exact and technical sciences</i> , A. Zięba.....	60
Announcement. Competition „Chain experiment”.....	61
Polish-Ukrainian Contest – Young Lion Competition <i>Witold Zawadzki</i> .....	62
Humor from the students notebooks <i>Danuta Latos</i> .....	63
<i>Foton</i> and <i>Neutrino</i> on Facebook.....	64



## Spis treści

Bogactwo oblicza fizyki – wyzwanie i szansa w szkole <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	1
Historia symetrii, jej łamania i poszukiwania źródeł masy cząstek elementarnych <i>Leszek Motyka</i> .....	4
Nobel po upływie pół wieku. Nagroda Nobla z fizyki 2013 <i>Krzysztof Fiałkowski</i> .....	11
Ludzka natura badana doświadczalnie <i>Krzysztof Kulakowski</i> .....	13
Terapia hadronowa w Krakowie <i>Małgorzata Nowina-Konopka</i> .....	16
Jak obchodzić Kopernikańskie rocznice? <i>Michał Heller</i> .....	23
„Temu, co zatrzymał Słońce i poruszył Ziemię” w 540. rocznicę urodzin i 470. rocznicę śmierci Mikołaja Kopernika <i>Maria Pawłowska</i> .....	26
Koncepcje chaosu w fizyce i filozofii <i>Ester Rączkowiak</i> .....	35
Rozmowa z Jerzym Brojanem, laureatem Nagrody im. Grzegorza Białkowskiego <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	41
Siedem edycji Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Poszukiwanie Talentów” <i>Anna Kaczorowska</i> .....	42
Turniej Młodych Fizyków 2013 oraz XXVI Międzynarodowy Turniej Młodych Fizyków <i>Andrzej Nadolny</i> .....	47
Problemy Turnieju Młodych Fizyków 2014 <i>Andrzej Nadolny</i> .....	49
Refleksje pojazdowe <i>Edward Rydygier</i> .....	51
XXIX Warsztaty Naukowe <i>Lato z Helem</i> <i>Małgorzata Trybuła</i> .....	57
Wrażenia z II Letniej Szkoły Polskiego Oddziału EAAE <i>Hanna Smolińska</i> .....	58
Co czytać. <i>Zagadka nieskończoności. Kwantowa teoria pola na tropach porządku</i> <i>Wszystoświata, F. Close</i> .....	59
<i>Analiza danych w naukach ścisłych i technice, A. Zięba</i> .....	60
Eksperyment łańcuchowy.....	61
Polsko-Ukraiński Konkursu Fizyczny „LWIĄTKO” <i>Witold Zawadzki</i> .....	62
PIMPY, czyli Popisy Intelktualne Moich Pupilków <i>Danuta Latos</i> .....	63
<i>Foton i Neutrino na Facebooku</i> .....	64



## Historia symetrii, jej łamania i poszukiwania źródeł masy cząstek elementarnych

*Leszek Motyka  
Instytut Fizyki UJ*

8 października 2013 roku Komitet Noblowski ogłosił przyznanie Nagrody Nobla z fizyki Françoisowi Englertowi i Peterowi Higgsowi za teoretyczne odkrycie mechanizmu pozwalającego zrozumieć źródła masy cząstek elementarnych, potwierdzonego eksperymentalnie odkryciem bozonu Higgsa w 2012 roku przez eksperymenty ATLAS i CMS w Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN.

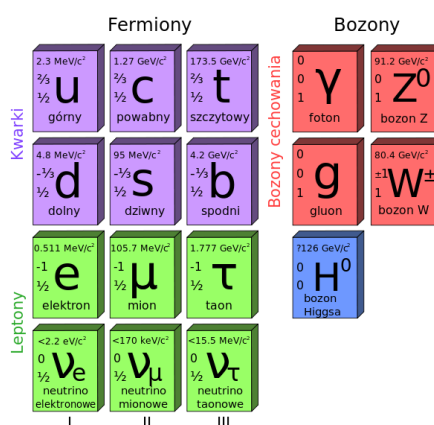
Tegoroczna Nagroda Nobla jest zwieńczeniem ponad półwiecza intensywnych badań teoretycznych i eksperymentalnych nad źródłami masy w świecie cząstek elementarnych. Masa, miara bezwładności, jest jedną z najbardziej podstawowych i uniwersalnych własności obiektów fizycznych. Pytanie zatem o jej źródła dotyka podstaw całej fizyki, jest jednym z fundamentalnych pytań o naturę świata. Eksperymentalne odkrycie bozonu Higgsa pokazało, że fizyka cząstek elementarnych zajmująca się mikroświatem, którego relatywna prostota pozwala na klarowne postawienie i zbadanie problemów podstawowych, potrafi udzielić częściowej odpowiedzi na to ważne pytanie. Historia tego odkrycia jest fascynującą opowieścią o potędze metody dedukcyjnej i niezwyklej skuteczności konstrukcji matematycznych w odkrywaniu natury świata fizycznego. Jest także historią o twórczym przepływie idei między różnymi dziedzinami fizyki, przypominającym dobitnie o jedności i uniwersalności fizyki. Jest wreszcie opowieścią o ogromnym znaczeniu wytrwałości i determinacji w badaniach, koniecznymi, by udzielić niezbitnej, eksperymentalnej odpowiedzi na pytania podstawowe.

Utarło się już by nazywać „mechanizmem Higgsa” teoretyczną konstrukcję opisującą sposób uzyskiwania masy przez cząstki elementarne. Stało się tak pomimo tego, że mechanizm ten miał co najmniej trzech odkrywców – do tych samych wniosków, leżących u podstaw sformułowania mechanizmu Higgsa, niezależnie od siebie doszli: Peter Higgs w 1964 roku i współpracujący z sobą François Englert i Robert Brout. Robert Brout, którego udział w odkryciu jest bez wątpliwości nie mniejszy od tego, czego dokonali François Englert i Peter Higgs, zmarł przed czterema laty i nie mógł znaleźć się w gronie tegorocznych laureatów.

### **Czym jest Model Standardowy?**

Mechanizm Higgsa jest kamieniem węgielnym współczesnej teorii cząstek elementarnych. U podstaw jego sformułowania są wymagania matematycznej spójności teoretycznego opisu fizyki mikroświata i zdolności tej teorii do sfor-

mułowania jednoznacznych przewidywań w oparciu o skończoną liczbę pomiarów eksperymentalnych. Okazuje się, że te pozornie słabe i oczywiste wymagania w odniesieniu do kwantowego mikroświata nakładają bardzo silne ograniczenia na jego matematyczny opis. Umożliwiło to teoretyczne przewidzenie istnienia niezwyklej cząstki elementarnej, bozonu Higgsa, na niemal 50 lat przed jego eksperymentalnym odkryciem.



Cząstki elementarne, z których zbudowana jest materia według Modelu Standardowego

Współczesna teoria oddziaływań elementarnych w mikroświecie: elektromagnetycznych, słabych i silnych nosi nazwę Modelu Standardowego. Ta teoria fizyczna jest niezwykle, pozwala na spójne i jednoznaczne wyjaśnienie zdecydowanej większości obserwowanych procesów i zjawisk fizycznych, poza zjawiskami związanymi z grawitacją i zachodzącymi na kosmologicznie wielkich skalach odległości. Model Standardowy zawiera w sobie teorie wszelkich, prócz grawitacji, oddziaływań w świecie nam znanym, np. fizykę atomową, jądrową, ciała stałego, ale pozwala także na wyjaśnienie tak egzotycznych dla nas zjawisk, jak procesów na skalach odległości tysiące razy mniejszych od rozmiaru protonu, procesów we wnętrzach gwiazd czy ewolucji materii we Wszechświecie na ułamki sekund po jego powstaniu. Jednocześnie ta teoria fizyczna przeszła z sukcesem tysiące niezależnych, niezwykle dokładnych testów eksperymentalnych i należy do najdokładniejszych i najlepiej sprawdzonych teorii fizycznych. Tę imponującą dokładność i uniwersalność Model Standardowy uzyskuje pomimo, że ma jedynie 26 niezależnych parametrów (włącznie z parametrami opisującymi neutrina).

### Co to jest mechanizm Higgsa?

Mechanizm Higgsa pełni szczególną rolę w Modelu Standardowym. To dzięki niemu uzyskują masy inne cząstki elementarne: leptony, kwarki, neutrina, pośredniczące bozony elektrosłabe W i Z (bezmasowe pozostają bozony pośredni-

czące w oddziaływaniach silnych – gluony oraz elektromagnetycznych – foton). Okazuje się, że matematyczne ograniczenia na opis oddziaływań podstawowych silnie preferują (w sensie, który wyjaśnię dalej) cząstki pozbawione masy. Mechanizm Higgsa pozwala zrozumieć, dlaczego, pomimo wszystko, obserwujemy cząstki masywne. W ujęciu mikroskopowym w mechanizmie Higgsa w całkowicie pustej przestrzeni (czyli w doskonałej próżni) mamy niezerową wartość oczekiwaną pola Higgsa – mówimy o kondensacie pola Higgsa (pole Higgsa jest obecne nawet w stanie fizycznym, który interpretujemy jako całkowicie pustą przestrzeń). Nie dostrzegamy bezpośrednio obecności tego pola, ponieważ jest ono powszechne, wszędzie ma taką samą wartość, jest ono uniwersalnym „tłem”, niezależnym od innych procesów fizycznych, w dostępnym nam zakresie energii. Ponieważ przestrzeń jest zawsze wypełniona jednorodnym kondensatem pola Higgsa, to sytuacja taka stanowi dla nas „sytuację odniesienia”. To, co my postrzegamy jako całkowicie pustą przestrzeń, nie jest jednak pustą przestrzenią dla cząstek elementarnych. Pierwotnie pozbawione masy cząstki elementarne, np. bozony elektroslabe  $W$  i  $Z$ , poruszając się w kondensacie Higgsa, wiążąc się z masywnym polem Higgsa, stają się masywne. Tak właśnie działa mechanizm Higgsa, który pozwala – jednocześnie – na istnienie masywnych nośników oddziaływań elementarnych i zachowanie matematycznej spójności teorii opisu.

Można zapytać o fizyczną realność kondensatu Higgsa. Skoro jest powszechny, uniwersalny i jednorodny, to jak odnieść sytuację z istniejącym kondensatem do sytuacji przeciwnej (nieistniejącego kondensatu), by wykazać różnicę i stwierdzić istnienie kondensatu bezpośrednio? Na szczęście, uniwersalność i jednorodność kondensatu jest słuszna jedynie w typowych warunkach – o ile nie zdołamy wywołać wzbudzeń (fal) w tym kondensacie lub „podgrzać go” do tak wielkich temperatur, że ulegnie swoistemu stopieniu. Ekstremalna sytuacja, w której kondensat Higgsa był zniszczony przez wysoką temperaturę, prawdopodobnie miała miejsce w bardzo wczesnym Wszechświecie. We współczesnych eksperymentach fizyki cząstek elementarnych, wymuszamy drgania kondensatu Higgsa, czyli bezpośrednią produkcję kwantów pola – bozonu Higgsa. Ten ostatni sposób odkrycia i zbadania własności kondensatu Higgsa był i pozostaje głównym celem programu fizyki Wielkiego Zderzacza Hadronów w CERN. Latem 2012 roku obydwie główne eksperymenty – ATLAS i CMS – ogłosiły bezpośrednie odkrycie bozonu Higgsa, ciężkiej cząstki elementarnej o masie równej około 130 masom protonu o własnościach zgodnych z przewidywaniami mechanizmu Higgsa dla Modelu Standardowego.

### **Dlaczego potrzeba mechanizmu Higgsa?**

Wy tłumaczenie pochodzenia masy cząstek elementarnych bez mechanizmu Higgsa, w matematycznie spójny sposób, jest bardzo trudne. Te trudności pojawiają się w ramach zaawansowanego języka opisu Modelu Standardowego,



jakim jest kwantowa teoria pola. W ogromnym uproszczeniu, jest to kwantowa teoria obiektów o nieskończonej liczbie stopni swobody, których kwanty są punktowymi cząstkami. Na taką teorię nałożone są pewne oczywiste więzy – takie jak konieczność zachowania prawdopodobieństwa w mechanice kwantowej (nic nie może zniknąć bez śladu lub pojawić się z niczego), czy podstawowe prawa zachowania i zasada przyczynowości. Dodatkowo, obowiązujący obecnie paradygmat fizyki cząstek elementarnych wymaga, by „dobra teoria podstawowa” miała taką samą postać i te same parametry, po uwzględnieniu efektów kwantowych na dowolnie dokładnym poziomie. Tę własność kwantowej teorii pola nazywamy renormalizowalnością. Jest to o tyle ciekawa własność, że – przynajmniej o ile dziś wiemy – nie jest ona podstawowym prawem przyrody wynikającym z empirii czy spójności, a jedynie jest warunkiem pragmatycznym – efektywności i autonomii opisu matematycznego. Brak renormalizowalności teorii powodowałby ogromne osłabienie jej zdolności przewidywania, gdyż rozszerzanie opisu na kolejne zjawiska, procesy i zwiększanie dokładności wymagałoby wprowadzania nowych, niezależnych parametrów, których liczba musiałaby rosnać nieograniczenie wraz z rosnącym zbiorem opisywanych zjawisk i wymaganą dokładnością. Być może własność renormalizowalności ma jakąś głęboką, jeszcze niezrozumianą przyczynę, gdyż jej rola, jako ważnej zasady wiodącej do sformułowania Modelu Standardowego, jest ogromna.

W Modelu Standardowym nośnikami oddziaływań podstawowych są bozony pośredniczące: foton, gluony, bozony elektroślabe W i Z. Każdy z tych bozonów ma wewnętrzny moment pędu (spin) równy jeden w naturalnych jednostkach. Takie bozony nazywane bozonami wektorowymi. Spójne, renormalizowalne kwantowe teorie oddziaływań takich bozonów wymagają pewnej specjalnej symetrii pól kwantowych, zwanej symetrią cechowania. Najprostszym, dobrze znanym fizykom przykładem takiej teorii, jest elektrodynamika kwantowa. W takich teoriach, tak w jak w kwantowej elektrodynamice, symetria cechowania wymaga tego, by w pustej przestrzeni bozony wektorowe miały, tak jak foton, zerową masę spoczynkową. Dla oddziaływań słabych ta własność teorii cechowania w pustej przestrzeni jest jednak sprzeczna z eksperymentalnymi obserwacjami: w oddziaływaniach słabych pośredniczą masywne wektorowe bozony W i Z o masach niemal sto razy większych od masy protonu.

### **W poszukiwaniu ukrytych symetrii i masywnych bozonów**

W latach 60. XX wieku, gdy powstawały nagrodzone prace teoretyczne Higgsa, Brouta i Englerta, znane były liczne przejawy oddziaływań silnych i słabych, ale ich podstawowe teorie nie były jeszcze sformułowane. Wiadomo było jednak, że nie obserwuje się bezmasowych cząstek pośredniczących w oddziaływaniach słabych. Zatem było jasne, że te cząstki, o własnościach bozonów wektorowych, muszą być zbyt masywne, by je wytworzyć przy energiach dostęp-

nych w ówczesnych eksperymentach. Nie było jednak wiadomo, jak sformułować spójną i renormalizowalną kwantową teorię pola masywnych bozonów wektorowych. Poszukiwania wyjścia z tej sprzeczności między eksperymentem a ograniczeniami matematycznymi kwantowej teorii pola były w owym czasie silnie inspirowane odkryciami teoretycznymi w fizyce ciała stałego, zwłaszcza teorią nadprzewodnictwa Landaua i Ginzburga (1950) oraz Bardeena, Coopera i Schrieffera (1957). W tych teoriach kluczową rolę odgrywa kondensat, występujący w nadprzewodniku, który tworzy środowisko odmienne od pustej przestrzeni, wyróżniające pewne stopnie swobody pól cząstek. Środowisko, tworzone przez taki kondensat, jest mniej symetryczne, niż faktycznie pusta przestrzeń. Takie ograniczenie symetrii środowiska przez kondensat nazywa się złamaniem symetrii teorii. Okazuje się, że w środowisku, jakie tworzy nadprzewodnik, pojawiają się masywne wzbudzenia (masywne quasi-cząstki), zamiast bezmasowych. Nasuwało to przypuszczenia, że cząstki mogą uzyskiwać masę wskutek złamania symetrii stanu podstawowego przez hipotetyczny kondensat wypełniający pustą przestrzeń.

W roku 1960 japoński fizyk Yoichiro Nambu badał możliwość występowania takich kondensatów w ramach teorii cząstek elementarnych. Zaproponował scenariusz, w którym równania ruchu relatywistycznej teorii pola są symetryczne (niezmiennicze) ze względu na pewne przekształcenia pól, ale poniżej pewnej temperatury, stan podstawowy tej teorii (stan próżni) już tej symetrii nie ma – symetria teorii jest „ukryta”. Takie zjawisko nazywa się spontanicznym łamaniem symetrii, a za jego teoretyczne odkrycie Nambu otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki w 2008 roku. Nambu badał pewne symetrie oddziaływań silnych, niezależne od punktu przestrzeni – tak zwane symetrie globalne. Jak się wkrótce okazało, mechanizm spontanicznego łamania symetrii globalnej nie pozwala uniknąć generacji nowych, bezmasowych cząstek, towarzyszących ukrytym symetriom. Wkrótce Jeffrey Goldstone zaproponował (1960), a następnie Goldstone wspólnie z Abdusem Salamem i Stevenem Weinbergiem (1962) wykazali twierdzenie Goldstone’a, według którego złamanie symetrii globalnej powoduje pojawienie się bezmasowego bozonu. Wydawało się, że to twierdzenie zamyka drogę do konstrukcji teorii, w której spontaniczne złamanie symetrii pozwoli nadać masy elementarnym bozonom pośredniczącym.

### **Jak odkrywano mechanizm Higgsa?**

Twierdzenie Goldstone’a jest matematycznie ściśle, ale opiera się na pewnych założeniach, w szczególności na tym, że łamane symetrie mają charakter globalny. Autorzy prac, które zostały nagrodzone tegoroczną Nagrodą Nobla, jako pierwsi zrozumieli ograniczenia twierdzenia Goldstone’a i pokazali, kiedy i jak można go obejść, tak by nadać masę cząstkom przez spontaniczne złamanie symetrii w ramach relatywistycznej kwantowej teorii pola. Ponownie inspiracją była fizyka ciała stałego i teoria nadprzewodnictwa. W nadprzewodniku mamy

do czynienia z kondensatem, który łamie pewne symetrie teorii. Pomimo tego, zamiast pojawienia się bezmasowych bozonów Goldstone'a, w nadprzewodniku pojawiają się masywne wzbudzenie gęstości ładunku – tak zwane plazmony. W 1963 roku Philip Anderson (późniejszy laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1977 za prace z teorii ciała stałego) opisał w krótkim, jakościowym komentarzu swoje przypuszczenia na temat możliwego scenariusza pogodzenia twierdzenia Goldstone'a z fizyką nadprzewodnictwa. Ten komentarz stał się jedną z ważnych inspiracji dla Petera Higgsa, Roberta Brouta i François Englerta.

Latem roku 1964 Higgs oraz niezależnie Brout i Englert, uogólnili fenomenologiczny model nadprzewodnictwa Landaua-Ginzburga do relatywistycznej teorii pola, kwantowej elektrodynamiki z kondensatem, łamiącym symetrię stanu próżni. Wykazali, że w tym modelu nie tylko pojawia się masywny bozon, związany ze wzbudzeniem kondensatu (odpowiednik bozonu Higgsa z Modelem Standardowego!), ale również foton w ramach tego modelu staje się masywny, dokładnie tak, jak bozony pośredniczące w oddziaływaniach słabych w Modelu Standardowym! Tak właśnie narodził się mechanizm Higgsa. W swoich najważniejszych pracach z 1964 roku, tegoroczni laureaci Nagrody Nobla wykazali, że twierdzenie Goldstone'a nie ma zastosowania do modelu przez nich rozważanego. Głównym powodem jest fakt, że przekształcenia symetrii w teoriach cechowania są lokalne – to znaczy, zależą od punktu w przestrzeni, podczas gdy twierdzenie Goldstone'a stosuje się jedynie do przekształceń globalnych, niezależnych od współrzędnych.

Scenariusz nadawania mas wektorowym bozonom cechowania przez oddziaływanie z kondensatem pola Higgsa okazał się właściwą teorią dla mikroświata. W 1967 roku Salam i Weinberg zaproponowali opis oddziaływań słabych za pomocą teorii cechowania, skonstruowanej wcześniej przez Sheldona Glashowa, z uwzględnieniem mechanizmu Higgsa, uogólniając model Higgsa, Brouta i Englerta elektrodynamiki kwantowej na tle kondensatu. Na początku lat 70. Gerard t'Hooft i Martin Veltman pokazali, że teoria Glashowa-Weinberga-Salama z mechanizmem Higgsa jest renormalizowalna. Wkrótce potem odkryto eksperymentalnie masywne bozony pośredniczące w oddziaływaniach słabych. 48 lat po pracach Brouta, Englerta i Higgsa, CERN ogłosił odkrycie bozonu Higgsa, jako ostatniej brakującej cząstki elementarnej Modelu Standardowego, który tym samym stał się teorią kompletną.

### **Koniec czy początek?**

Czy ta kompletność i dokładność Modelu Standardowego oznacza koniec fizyki cząstek elementarnych jako pola wielkich odkryć? Czy też może przeciwnie, początek ery nowych wielkich pytań i nowych przełomowych obserwacji?

Jest wiele przesłanek, by oczekiwać właśnie tego drugiego, optymistycznego scenariusza. Model Standardowy, choć niezwykle efektywny w opisie mikroświata w laboratoriach, jest wciąż bezradny wobec kilku wielkich problemów

fizycznych i matematycznych. Prawdopodobnie najważniejszym, nierozwiązanym problemem teoretycznym współczesnej fizyki jest rozszerzenie teorii mikroświata do hiper-ekstremalnego reżimu, w którym nawet pole grawitacyjne (a więc sama czasoprzestrzeń!) podlegałoby efektom kwantowym. W takim reżimie, należałoby oczekiwać jakiejś formy unifikacji teorii grawitacji i Modelu Standardowego w całkowicie nową, głębszą teorię.

Sam Model Standardowy, ekstrapolowany do wielkich skal energii o dwanaście rzędów wielkości większych niż dostępne w Wielkim Zderzaczu Hadronów, wskazuje na możliwość unifikacji podstawowych oddziaływań silnych i elektroślabych w jedno super-oddziaływanie elementarne; wciąż nie wiadomo jednak, jak miałyby wyglądać ta Wielka Unifikacja. Dodatkowo Model Standardowy budzi wątpliwości o charakterze estetycznym. Chcielibyśmy, by prawdziwie podstawowa teoria fizyczna była maksymalnie prosta w sformułowaniu i „naturalna” – to znaczy, by jej najważniejsze przejawy były nieuchronną lub najbardziej prawdopodobną konsekwencją jej zasad. Model Standardowy niezbyt dobrze spełnia te estetyczne wymagania. Przede wszystkim Model Standardowy zaskakuje nas liczbą podstawowych stałych fizycznych – jest ich 26 – wydaje się, że to za dużo, jak na teorię podstawową. Co gorsza, zwłaszcza w sektorze mas cząstek elementarnych, skąd pochodzi aż 13 parametrów Modelu Standardowego, nie widać porządku: masy cząstek elementarnych są rozproszone w zakresie ponad 11 rzędów wielkości! Kolejny problem z Modelem Standardowym bierze się z relatywnie niskiej, w porównaniu do energetycznej skali unifikacji, masy bozonu Higgsa. Okazuje się, że jeśli popatrzeć na Model Standardowy z perspektywy ekstrapolacji od skali unifikacji oddziaływań elementarnych w dół, do energii nam dostępnych, to zmierzona wartość masy bozonu Higgsa jest nieprawdopodobnie („nienaturalnie”) mała. Wreszcie Model Standardowy ma problemy z wyjaśnieniem kosmologicznych obserwacji, wskazujących na ogromne rozpowszechnienie tak zwanej ciemnej materii we Wszechświecie. Wiele wskazuje na to, że ciemna materia jest zbudowana z nieznanymi cząstek elementarnych, cząstek spoza Modelu Standardowego.

Podsumowując rozważania na temat tegorocznej Nagrody Nobla z fizyki, można stwierdzić, że jesteśmy w zupełnie szczególnym momencie w fizyce zjawisk podstawowych. Po ponad stuleciu od pierwszej obserwacji rozpadów słabych i po niemal półwieczu od stworzenia matematycznych podstaw Modelu Standardowego, dysponujemy spójną, w pełni potwierdzoną i niezwykle dokładną teorią wszystkich podstawowych zjawisk zachodzących w naszych laboratoriach. Skończyła się era budowy i sprawdzania Modelu Standardowego, pozostały jednak ważne, otwarte problemy, które wskazują na to, że Model Standardowy nie jest teorią ostateczną. Być może koniec ery odkrywania Modelu Standardowego jest początkiem ery odkrywania Czegoś Nowego.



## Nobel po upływie pół wieku

### Nagroda Nobla z fizyki 2013

*Krzysztof Fiałkowski*

*Instytut Fizyki UJ*

Przyznanie Nagrody Nobla w 2013 roku było niezwykle z dwóch powodów. Po pierwsze, upłynął rekordowo długi czas od opublikowania prac wyróżnionych nagrodą – 49 lat, czyli niemal pół wieku. Po drugie, wyjątkowa była jedno-myślność, z jaką społeczeństwo fizyków oczekiwało nagrody dla tych właśnie uczonych, którym ją przyznano.

Oczywiście te dwa fakty nie były niezwiązane. Przez kilkanaście lat po roku 1964 wielu fizyków rozwijało i sprawdzało doświadczalnie teorię oddziaływań elektroslabych (a później także i silnych) opartą na pomysle tegorocznych laureatów. W końcu okazało się, że wszystko zgadza się i jedynym brakującym ogniwem teorii jest brak dowodu, że cząstka odpowiadająca postulowanemu przez nich polu – bozon Higgosa – naprawdę istnieje. Dlatego odkrycie tej cząstki było oczywistym i wystarczającym warunkiem przyznania Nagrody Nobla tym, którzy ją wymyślili. Odkrycie to nastąpiło w lecie 2012 roku i już po roku teoretycy otrzymali oczekiwaną nagrodę.

Przypomnijmy teraz, jaki był bieg wypadków. W połowie XX wieku fizycy usiłowali znaleźć uogólnienie teorii oddziaływań elektromagnetycznych, które opisałyby słabe i silne oddziaływania jądrowe. Od czasów pracy Yanga i Millsa z 1954 roku głównym kandydatem na takie uogólnienie stało się rozszerzenie tzw. symetrii cechowania obowiązującej w elektromagnetyzmie. Jednak trudnym do obejścia problemem stał się fakt, że we wszystkich takich teoriach cząstki pośredniczące w oddziaływaniach muszą mieć zerową masę, podobnie jak foton. Tak było w szczególności w zaproponowanej w 1961 roku przez Glashowa zunifikowanej teorii oddziaływań elektromagnetycznych i słabych. Tymczasem oddziaływania słabe mają bardzo krótki zasięg, co odpowiada wymianie bardzo ciężkiej cząstki.

Sugerowano, że rozwiązaniem problemu jest tzw. spontaniczne łamanie symetrii dodatkowo wprowadzonego pola cząstek skalarnych (bez spinu), które pozwala na wprowadzenie niezerowych mas bez łamania założenia symetrii teorii, gdy niesymetryczny jest stan fizyczny o najniższej energii. Taka sytuacja jest dobrze znana w fizyce ciała stałego. Teoria oddziaływań elektromagnetycznych jest oczywiście niezmiennicza względem transformacji obrotów (a także wszystkich transformacji Lorentza), ale obniżanie temperatury stopionego żelaza poniżej temperatury Curie prowadzi do powstania domen magnetycznych, w których kierunek magnetyzacji jest wyróżniony. Okazuje się, że takie samo zjawisko może wystąpić w próżni dla teorii pola.

Jednak zgodnie z tzw. twierdzeniem Goldstone'a w takiej teorii pojawiają się wtedy inne cząstki o masie zero, których istnienia nie potwierdza doświadczenie. Dopiero w 1964 roku w niezależnie i równocześnie napisanych pracach Belgowie François Englert i Robert Brout oraz Brytyjczyk Peter Higgs pokazali, że dla pól skalarnych oddziałujących z polami cechowania można uniknąć konsekwencji twierdzenia Goldstone'a i sformułować zgodną z danymi teorię, w której wszystkie cząstki poza fotonem mają niezerową masę. Niemal równocześnie Amerykanie Guralnik, Hagen i Kibble uzyskali też podobne wyniki. Higgs jako pierwszy zwrócił uwagę, że w tej teorii pojawia się ciężka cząstka o spinie zero – tzw. bozon Higgsa.

Odpowiadające tej cząstce pole ma dwie niezwykle własności. Po pierwsze, w stanie o najniższej możliwej energii, czyli tzw. próżni fizycznej, pole to jest niezerowe. Zatem stan próżni nie odpowiada pustej przestrzeni, ale przestrzeni wypełnionej szczególną konfiguracją pola Higgsa. Po drugie, oddziaływanie tego pola z poruszającymi się w nim cząstkami ma szczególne własności: nadaje cząstkom niezerową masę. Zatem fizyczne cząstki o masie zero to tylko te cząstki, które nie oddziałują z polem Higgsa. Z doświadczenia znamy tylko jedną taką cząstkę – foton.

Bozon Higgsa jest cząstką nietrwałą i o jego istnieniu możemy przekonać się tylko badając możliwe produkty rozpadu. Masa bozonu Higgsa nie dała się jednak przewidzieć w teorii i przez niemal pół wieku trwały bezskuteczne poszukiwania tej cząstki. Dopiero w 2012 roku eksperymenty na największym akceleratorze świata LHC (Large Hadron Collider) wykazały, że przy zderzeniach najwyższych energii powstaje bardzo krótko żyjąca cząstka o masie ponad stukrotnie większej od protonu, której własności zgadzają się z przewidywaniami Higgsa, Brouta i Englerta. Z trójki twórców teorii chwili tej dożyło tylko dwóch (Brout zmarł w 2011 roku) i im przypadła Nagroda Nobla. Wśród ogromnej rzeszy eksperymentatorów odpowiedzialnych za przygotowanie i przeprowadzenie doświadczeń na LHC bardzo trudno byłoby wyróżnić kogoś, czyje zasługi były tak wielkie, że uzasadniłyby dołączenie go do grona laureatów.

Warto może jeszcze zastanowić się, jak pogodzić tak wielkie opóźnienie w przyznaniu nagrody z testamentem Nobla, w którym mowa była o odkryciu z ostatniego roku przed jej wręczeniem. W fizyce cząstek stosowana zwykle wymówka jest bardzo prosta: teoria zasługuje na wyróżnienie dopiero wtedy, kiedy potwierdziły ją eksperymenty. Czasem zresztą sytuacja jest odwrotna i eksperyment zostaje nagrodzony dopiero wtedy, gdy powstaje teoria poprawnie go opisująca.



François Englert i Peter Higgs



## Ludzka natura badana doświadczalnie

Krzysztof Kułakowski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, AGH, Kraków



Fizyka wśród humanistów pełni czasem rolę straszaka – użycie ma grozić katastrofą [1, 2]. Bywa przywoływana jako przykład, czym nie są nauki społeczne [3]. Spotykamy też opinie, że socjologia nie osiągnęła – jak fizyka – jeszcze etapu w pełni rozwiniętej nauki [4, 5, 6]. Istnieje jednak wiele grup badawczych, które nie przejmując się tymi argumentami stosują narzędzia fizyki statystycznej do modelowania układów społecznych [7, 8]. Patrząc od strony podstaw pojęciowych, wiele z tych prac mieści się w ramach ewolucyjnej teorii gier [9, 10, 11]. Ta teoria zainspirowała szereg eksperymentów, których wyniki porzeczają kwestionując obraz człowieka jako jednostki samolubnie racjonalnej. Poniżej przytaczam kilka zastosowań pomiarów ilościowych – klasycznego narzędzia fizyki – do badania ludzkiego zachowania.

Na wydziale psychologii uniwersytetu w Newcastle stała maszyna do kawy i herbaty [12]; można tam było również dolać sobie mleka. Obok stało pudełko na pieniądze. Co kilka miesięcy rozsyłano wszystkim maile przypominające, że kto się napił, powinien wrzucić należną kwotę. Ostatni mail rozesłano miesiąc przed rozpoczęciem badań. Badanie polegało na tym, że co tydzień wymieniano obrazek wiszący nad maszyną. Raz były to oczy patrzące na tego, kto patrzy, a raz kwiaty. Oczy – kwiaty – oczy – kwiaty, i tak w kółko. Co tydzień zliczano też pieniądze w pudełku. Wynik był ewidentny: kiedy na obrazku pojawiały się oczy, w pudełku pojawiało się więcej pieniędzy.

Można sobie wyobrazić, że istota w pełni racjonalna, *homo economicus*, nie płaciłaby w ogóle. Można również domyślać się, że osoba wychowana zgodnie z normami społecznymi dojdzie do przekonania, że ryzyko bycia złapanym na picciu za darmo jest większe, niż koszt 50 centów za kawę czy 10 centów za mleko. I będzie płacić. Ale płacić na widok oczu na obrazku – tego się nie da wytłumaczyć racjonalnym rozumowaniem.

Przykład drugi to tzw. gra w ultimatum [13, 14]. W grze biorą udział dwie osoby: jedna występuje w roli dawcy, druga jest biorcą. Dawca dostaje od eksperymentatora pewną sumę. Ma zaofiarować biorcy część tej sumy, od zera do

100%. Jeśli biorca się zgodzi, podział dochodzi do skutku. Jeśli nie, ani dawca, ani biorca nie dostaje nic, zaś dawca musi zwrócić pieniądze. Trzeba dodać, że warunki gry zapewniają anonimowość – dawca i biorca nie spotykają się twarzą w twarz, nie ma też możliwości, aby grali z sobą jeszcze raz. Byłoby naturalne ze strony biorcy, aby przyjmował każdą, choćby niewielką sumę. Wyniki wskazują jednak, że w wielu przypadkach dochodzi do odrzucenia oferty, jeśli dawca oferuje za mało. Dlaczego? Eksperyment powtórzono na szympancach, konstruując specjalny podajnik bananów [15]. Badane małpy nie obrażały się na zbyt małe porcje. Z punktu widzenia teorii gier szympansy zachowały się bardziej racjonalnie, niż ludzie. W innej wersji gry, tzw. gry w dyktatora, biorca nie może odrzucić oferty. Racjonalny dawca nie dałby nic. Jednak w większości przypadków (76%) oferta wynosiła połowę całej sumy [16].

Inne doświadczenie tego typu jest znane jako gra w dobro publiczne. Grupa grających ma wpłacić coś do wspólnej puli. Wpłaconą sumę mnoży się przez dwa i wynik dzieli równo pomiędzy graczy. Najbardziej opłaca się nie wpłacić nic i zgarnąć swój udział, pochodzący z cudzych wpłat. Jeżeli jednak wszyscy tak zrobią, żadnego zysku nie będzie. Wynik gry ujawnia, że jesteśmy bardziej skąpi, kiedy mamy czas na zastanowienie się [17]. Ten wynik ciekawie koresponduje z doświadczeniami neurofizjologicznymi, które świadczą, że czasem nasze decyzje podejmujemy szybciej, niż uświadamiamy sobie sam fakt decydowania [18, 19].

Klasycznym przykładem doświadczenia, które można przeprowadzić na sali wykładowej, jest propozycja, aby każdy ze słuchaczy napisał na kartce liczbę z przedziału od zera do jedynki, podpisał się i oddał kartkę. Przed przeprowadzeniem konkursu ogłasza się, że z zebranych liczb obliczona będzie średnia i pomnoży się ją przez 0,7. Czyja liczba będzie najbliższa wynikowi, ten wygra. Tok rozumowania uczestnika konkursu mógłby przebiegać następująco: średnia z liczb z podanego przedziału jest 0,5, wpiszę więc 0,35. Sprytniejszy uczestnik mógłby przewidzieć, że tak rozumować będzie większość słuchaczy, będzie więc bliżej wygranej wpisując 0,245. Kolejne kroki rozumowania dają wynik 0,1715, 0,12005 i tak dalej; nieskończenie wiele kroków daje zero. Wybierając swoją liczbę, w istocie staramy się ocenić, ile kroków zrobią inni. Inni zadają sobie to samo pytanie, wpisanie zera niekoniecznie jest dobrym pomysłem. Studenci Caltech szacują się nawzajem na 2–3 kroki [14].

A pomysł tej gry jest znany jako konkurs piękności Keynesa. Uczestnicy otrzymują sto fotografii kobiet i mają wybrać sześć najładniejszych. Wygrywa ten, kto wybierze fotografie wybierane najczęściej. Naiwna strategia polega na wyborze tych fotografii, które uczestnikowi gry podobają się najbardziej. I w tym przypadku można mówić o kolejnych krokach: co sądzimy o powszechnych preferencjach, co o sądach na temat preferencji i tak dalej. Keynes opisał tę grę w 1936 roku jako model zachowania się inwestorów [20].



Wydaje mi się, że tych przykładów wystarczy, aby obronić ideę doświadczenia w odniesieniu do nas samych. Trzeba się liczyć z tym, że niektóre standardy fizyki nie będą w takich doświadczeniach spełnione. Wyniki liczbowe raczej nie będą powtarzalne, zapewne wiele istotnych czynników okaże się trudnych do kontroli, zapewne poszczególne przypadki nie będą niezależne statystycznie, zapewne badany układ nigdy nie będzie izolowany..., ale to może lepiej. Człowiek, który niezależnie od działania innych zachowywałby się zawsze tak samo, byłby nie tylko mało interesującym obiektem badań, ale byłby człowiekiem smutnym. A przecież nie o to chodzi.

Podziękowanie: Pani dr hab. Marii Nawojczyk serdecznie dziękuję za cenne uwagi krytyczne.

#### Literatura

- [1] A. Sokal, J. Bricmont, *Modne bzdury. O nadużyciach nauki popełnianych przez postmodernistycznych intelektualistów*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2004
- [2] S. Andreski, *Czarnoksiężstwo w naukach społecznych*, Oficyna Naukowa, Warszawa 2002
- [3] N. Elias, *Czym jest socjologia?* Aletheia, Warszawa 2010, s. 22
- [4] Stanford Encyclopedia of Philosophy, [plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/](http://plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/)
- [5] S. Moss, B. Edmonds, *Towards good social science*, JASSS, vol. 8, no. 4 (2005)
- [6] K. Popper, *Spoleczeństwo otwarte i jego wrogowie*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1993, t. I, s. 55
- [7] C. Castellano, S. Fortunato, V. Loreto, *Statistical physics of social dynamics*, Rev. Mod. Phys. 81 (2009) 591
- [8] *Econophysics and Sociophysics: Trends and Perspectives*, B.K. Chakrabarti, A. Chakraborti, A. Chatterjee (Eds.), WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2006
- [9] M.A. Nowak, *Evolutionary Dynamics*, Belknap Press, 2006
- [10] J. Hofbauer, K. Sigmund, *Evolutionary Games and Population Dynamics*, Cambridge UP, 1998
- [11] K. Sigmund, *The Calculus of Selfishness*, Princeton UP, 2010
- [12] M. Bateson, D. Nettle, G. Roberts, *Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting*, Biology Letters 2(3), Sep. 22, 2006
- [13] J. Henrich *et al.*, *Costly punishment across human societies*, Science 312, 23 June 2006, 1767
- [14] C.F. Camerer, *Behavioral Game Theory. Experiments in Strategic Interaction*, Princeton UP, Princeton 2003
- [15] K. Jensen, J. Call, M. Tomasello, *Chimpanzees are rational maximizers in an ultimatum game*, Science 318, 5 October 2007, 107
- [16] D. Kahneman, J.L. Knetsch, R.H. Thaler, *Fairness and the assumptions of economics*, Journal of Business, 59 (1986) No 4, Pt 2, S285
- [17] D.G. Rand, J.D. Greene, M.A. Nowak, *Spontaneous giving and calculated greed*, Nature 489, 20 September 2012, 427
- [18] B. Libet, *Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action*, The Behavioral and Brain Sciences 8 (1985) 529
- [19] B. Libet, *Mind and Time: The Temporal Factor in Consciousness*, Harvard University Press, Cambridge 2004
- [20] J.M. Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Macmillan, London 1936



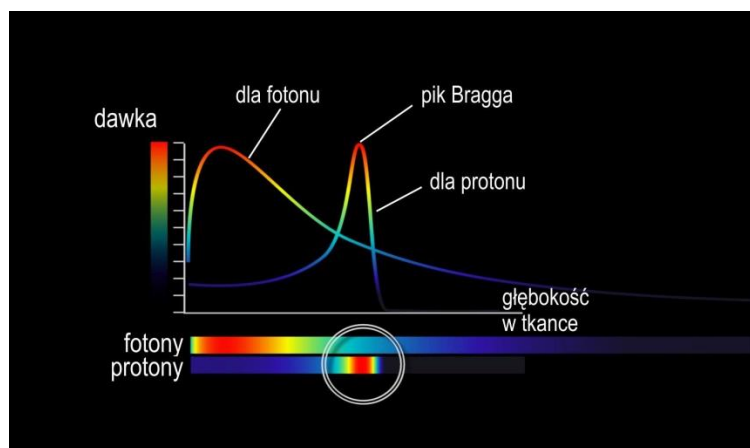
## Terapia hadronowa w Krakowie

*Małgorzata Nowina-Konopka  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków*

Pod koniec XIX wieku, wkrótce po odkryciu Roentgena, do leczenia nowotworów używano promieniowania rentgenowskiego. Promieniowanie to wnikając w tkankę niszczy ją, stopniowo tracąc energię. Słowo „stopniowo” jest tu ważne. Oznacza, że tuż przy powierzchni tkanki straty energii wiązki są największe, a następnie liniowo maleją z głębokością. W konsekwencji uszkodzone zostają wszystkie komórki znajdujące się na drodze wiązki: najbardziej zdrowe przed guzem, nieco mniej komórki guza, a najmniej, ale jednak, komórki poza nim.

Terapia hadronowa jest rodzajem radioterapii wykorzystującym do naświetlania komórek nowotworowych strumień rozprędzonych cząstek. Obecnie w procesie leczenia stosuje się głównie protony, a niekiedy ciężkie jony, np. jony węgla.

Oddziaływanie protonów z materią ma tzw. charakter zasięgowy. Rozprędzone do pewnej prędkości protony wchodząc w tkankę tracą początkowo niewiele energii. Na pewnej ściśle określonej głębokości, zależnej od ich energii, ta strata staje się maksymalna, po czym zanika, gdyż protony się zatrzymują. Na wykresie zależności energii wiązki od głębokości penetracji powstaje pik, znany jako pik Bragga.



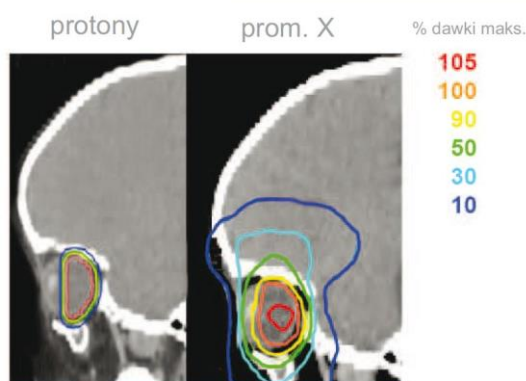
Fot. 1. Zależność strat energii wiązki fotonów i wiązki protonów wnikających w głąb tkanki od głębokości. Widoczny pik Bragga

Oznacza to, że depozycja energii protonów ma maksimum w wąskim przedziale na końcu zasięgu, czyli protony niszczą tkankę tylko w wybranym obsza-

rze. Można tak dopasować parametry wiązki protonów, żeby zniszczyć wyłącznie komórki nowotworowe, zachowując całkowicie zdrową tkankę wokół guza. Na tym właśnie polega ogromna przewaga terapii protonowej w porównaniu z rentgenowską.

Strumień wysokoenergetycznych protonów otrzymuje się w cyklotronach. Cyklotrony składają się z magnesów dipolowych tworzących obszar jednorodnego pola magnetycznego. W niewielkiej szczelinie pomiędzy dipolami generowane jest oscylujące pole elektryczne. Protony „wstrzyknięte” ze źródła w obszarze jednorodnego pola magnetycznego poruszają się wewnątrz duantów torem zbliżonym do łuku. Gdy wpadają w szczelinę pomiędzy duantami zostają przyspieszone w polu elektrycznym, a następnie ponownie zawracają w polu magnetycznym. Wraz z każdym obrotem w cyklotronie wzrasta energia cząstek i zwiększa się promień zataczanych przez nie łuków. Wielkość cyklotronu i siła magnesów ograniczają maksymalną możliwą do uzyskania energię ekstrakcji cząstek. Od niej zależy głębokość penetracji w głąb ciała pacjenta. Na przykład energia wiązki protonów równa 60 MeV wystarczy co najwyżej do leczenia nowotworów oka, gdyż odpowiada głębokości penetracji tkanki około 30 mm, czyli porównywalnej ze średnicą oka. Natomiast leczenie nowotworów zlokalizowanych w głębszych rejonach ciała ludzkiego wymaga już energii wiązki rzędu 230 MeV, mającej zasięg około 30 cm.

#### Porównanie możliwości formowania wiązki: protony i fotony



Fot. 2. Porównanie możliwości formowania wiązki protonów i fotonów w oku pacjenta

#### **Wielka inwestycja i kolejne etapy jej realizacji**

Rosnąca wciąż liczba zachorowań na nowotwory dziesiątkujące społeczeństwo stała się bodźcem do utworzenia we wrześniu 2006 roku konsorcjum pod nazwą Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej – NCRH, którego członkami

zostało 10 znaczących polskich instytucji naukowych i medycznych, a mianowicie: Instytut Fizyki Jądrowej PAN – jako główny koordynator – oraz: Centrum Onkologii – Instytut Marii Curie-Skłodowskiej, oddziały: w Warszawie, w Krakowie i w Gliwicach, Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach, Uniwersytety: Jagielloński, Warszawski, Śląski, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Politechnika Warszawska i Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana w Świerku.

### **IFJ PAN koordynatorem projektu**

O takim wyborze koordynatora zdecydowało doświadczenie zespołu fizyków i inżynierów z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w pracy z wiązką protonów w cyklotronie AIC 144 oraz odpowiedni teren i zainteresowanie środowiska medycznego.

Do celów medycznych przeznaczono zbudowany w 1992 roku w IFJ PAN cyklotron AIC 144. Maksymalna energia wiązki przyspieszanych protonów, jaką można na nim uzyskać, wynosi 60 MeV, co jak wspomniano wcześniej, odpowiada zasięgowi w tkance równemu około 30 mm. Tak więc uruchomienie terapii nowotworów oka stało się pierwszym celem realizowanego projektu.

### **Pierwsze eksperymentalne terapie**

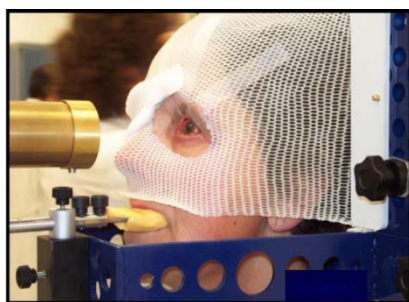
Budowa stanowiska do radioterapii protonowej trwała sześć lat. Zaczynano od przysłowiowego „zera”. Najpierw ruszyły prace konstrukcyjne i mechaniczne potem budowa elektroniki obsługującej eksperyment, aż po indywidualne elementy dla pacjenta. Do zakupionego fotela terapeutycznego dostosowano dwa układy RTG dla pozycjonowania pacjenta i zoptymalizowano ich działanie.



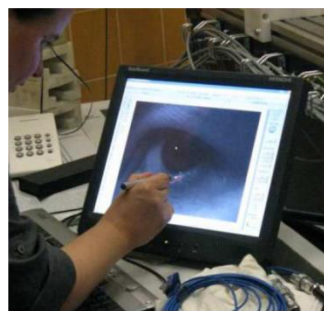
Fot. 3. Fotel terapeutyczny

Do napromienienia tak nietypowo umiejscowionych nowotworów wiązkę szybkich protonów przyspieszonych w cyklotronie izochronicznym AIC 144 formuje się indywidualnie i z ogromną precyzją dla każdego pacjenta. Stanowisko radioterapii wraz z systemami formowania i dozymetrii wiązki protonów zostało skonstruowane przez fizyków, inżynierów i informatyków z IFJ PAN i jednostek współpracujących. W projekcie tym uczestniczyli także fizycy i lekarze z Uniwersytetu Charite w Berlinie.

Przygotowaniem pacjentów do terapii zajęli się lekarze ze Szpitala Uniwersyteckiego Collegium Medicum UJ i Centrum Onkologii w Krakowie. Przed zabiegiem okuliści wszywają choremu do oka znaczniki tantalowe, które jak lusterka odbijają promienie rentgenowskie. Względem tych znaczników fizycy ustalają odpowiedni kierunek wiązki protonów. W IFJ PAN przygotowano stanowisko do pracy z pacjentem, gdzie wykonuje się „gryzak” i maskę dla pacjenta, wycina w niej odpowiedni otwór, obrysowuje kontury granic guza, by w formie elektronicznej wprowadzić je do komputera.



Fot. 4. Maska i gryzak



Fot. 5. Wprowadzanie konturu oka do komputera

Wykalibrowano sprzęt dozymetryczny. Dla każdego indywidualnego przypadku projektuje się i weryfikuje kolimatory i modulatory zasięgu oraz oczywiście szczegółowy kształt samej wiązki protonów. Wszystko to wymaga odpowiednich systemów informatycznych i oprogramowania. Uruchomienie stanowiska jest rezultatem pracy wielu specjalistów: fizyków, informatyków, techników i lekarzy.

18 lutego 2011 roku w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie zakończyła się u dwojga pacjentów ostatnia sesja napromieniania złośliwego nowotworu, zlokalizowanego wewnątrz gałki ocznej. Zależnie od indywidualnych potrzeb sesja to 1–3-minutowe naświetlania wykonywane przez cztery kolejne dni. Chodzi o to, by nie nastąpiła regeneracja lub mutacja nie całkiem zniszczonych komórek rakowych. Podczas całej sesji protony niszczą DNA wszystkich komórek guza. Rehabilitacja polega na stopniowym usuwaniu ich przez organizm.

Przeprowadzona sesja napromieniania czerniaka oka (zwanego melanomą) jest pierwszym tego typu zabiegiem nie tylko w Polsce, ale i pierwszym w Europie Środkowej. Wykonały go współpracujące zespoły lekarzy ze Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie, Collegium Medicum UJ i Centrum Onkologii w Krakowie oraz fizyków i techników z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

– Obecnie znanych jest kilka metod leczenia czerniaka oka, a mianowicie: radioterapia, czyli brachyterapia i terapia protonowa, termoterapia przezskórnicza oraz metody chirurgiczne, jak: przektwardówkowe wycięcie guza, wyłuszczenie gałki ocznej (enukleacja) i wypatroszenie oczodołu (egzenteracja). Brachyterapia polega na wszczepieniu izotopu promieniotwórczego do wnętrza guza lub w bezpośrednim jego sąsiedztwie. W Krakowie stosuje się tę metodę od 43 lat z użyciem trzech izotopów:  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  i  $^{125}\text{I}$ . Terapia protonowa nie jest metodą alternatywną do brachyterapii – mówi prof. Bożena Romanowska-Dixon ze Szpitala Uniwersyteckiego CM UJ, kierownik Kliniki Okulistyki i Onkologii Okulistycznej – ponieważ stanowi **jedyną** szansę zachowania oka i jego użytecznej funkcji.

Zaletą wdrożonej w Krakowie metody jest niezwykła, nieosiągalna innymi metodami precyzja napromieniania, sięgająca ułamka milimetra. Wiązka protonów poruszająca się z prędkością ok. 100 000 km/s wnika w oko pacjenta, zatrzymuje się dokładnie w planowanym miejscu i niszczy komórki nowotworowe. Dzięki nieznacznym rozproszeniom i zjawisku piku Bragga, wiązkę protonów można niemal doskonale uformować i zogniskować w obszarze występowania nowotworu. Oznacza to, że zdrowe tkanki, jak np. soczewka, nerw wzrokowy czy centralna siatkówka (plamka żółta) znajdujące się na drodze do guza są oszczędzone, a niszcząca energia protonów zabija wyłącznie komórki rakowe.

– W ramach eksperymentu medycznego terapię przeszło 15 pacjentów. Po pozytywnym zaopiniowaniu Agencji Oceny Technologii Medycznych IFJ uzyskał w 2013 roku zgodę NFZ na finansowanie takiej usługi medycznej, dzięki czemu kolejni pacjenci będą mogli być leczeni – powiedział prof. Paweł Olko. Szpital Uniwersytecki w Krakowie uzyskał kontrakt na regularne leczenie wiązką protonową nowotworów oka. W ten sposób Polska weszła do elitarnego klubu ośmiu państw europejskich dysponujących terapią protonową.

– Pacjenci, którzy przeszli terapię są obserwowani u nas przez kilka miesięcy. Czują się dobrze. Efekt leczenia jest taki, jakiego sobie życzyliśmy – guz nie rośnie, a w kilku przypadkach zaczął się obkurczać. Najważniejsze jest jednak to, że guz po napromieniowaniu staje się nieaktywny, więc nie ma zagrożenia przerzutów – mówiła prof. Bożena Romanowska-Dixon. Radioterapia protonowa jest bardzo skuteczna i może być stosowana w leczeniu niemal wszystkich nowotworów oka, m.in. czerniaka, naczynek czy siatkówczaka u dzieci.

### **Cyklotron Proteus-235**

Aby leczyć nowotwory dowolnych narządów głębokość penetracji protonów powinna wynosić około 32 cm, co odpowiada energii wiązki rzędu 230 MeV. Stąd konieczny jest większy cyklotron, przyspieszający protony do takiej energii.

W Bronowickim Centrum Cyklotronowym został już zainstalowany i uruchomiony izochroniczny cyklotron Proteus-235 wraz z infrastrukturą techniczną. Będzie on służył do radioterapii gałki ocznej, nowotworów w pobliżu nerwu wzrokowego oraz guzów pozagałkowych, a także do leczenia nowotworów położonych głębiej. Ośrodek będzie przygotowany do świadczenia wysoko wyspecjalizowanych usług medycznych w dziedzinie radioterapii protonowej. Docelowo będzie mógł przyjąć 150 pacjentów okulistycznych rocznie, a 500 z nowotworami innych narządów.

Grubości ścian i sufitu pomieszczenia cyklotronu oraz hal eksperymentalnych będą wynosiły 3–4 m, jak w pełno osłoniętym bunkrze, co zapewni całkowitą ochronę ludzi i środowiska przed promieniowaniem jonizującym. Układ zostanie wyposażony w tzw. selektor energii, umożliwiający doprowadzenie do stanowisk eksperymentalnych wiązki o regulowanej energii w zakresie od 60 do 235 MeV i prądzie wiązki od 1 do 10 nA. Będą zastosowane najnowocześniejsze metody formowania i prowadzenia wiązki z uwzględnieniem zmiany energii i skanowania wiązki.

Wiązka protonów z cyklotronu Proteus-235 zostanie również wykorzystana do prowadzenia eksperymentów w zakresie fizyki jądra atomowego. Badania dotyczyć będą struktury jąder atomowych, gigantycznego rezonansu dipolowego i kwadrupolowego, przekrojów czynnych na transmutacje, a także oddziaływania nukleon-nukleon oraz podstawowych symetrii fizyki jądrowej. Będą prowadzone badania względnej skuteczności biologicznej promieniowania silnie jonizującego i odporności układów elektronicznych na promieniowanie silnie jonizujące.

### **Ramię gantry<sup>1</sup>**

Druga faza budowy CCB dotyczy stanowiska gantry, czyli obracanego ramienia służącego do protonoterapii nowotworów zlokalizowanych w miejscach najtrudniejszych do leczenia. Ramię gantry umożliwi skierowanie monoenergetycznej wiązki protonowej o średnicy kilku mm w pełnym zakresie kątów napromienienia wokół wybranej osi poziomej, tzw. osi izocentrum. Inaczej mówiąc, pacjent leżący na stole będzie mógł być napromieniowany z dowolnej strony, czyli tej, z której dojście do guza jest dla niego najkorzystniejsze.

---

<sup>1</sup> Gantry z ang. znaczy żuraw, w technice słowo gantry określa konstrukcję wsporczą, np. mostu lub zespołu świateł sygnalizacyjnych.

Gantry stanowi zestaw magnesów o masie 10 ton umocowanych na konstrukcji stalowej ważącej 150 ton. Średnica konstrukcji wynosi 11 m. Urządzenie pozwala na napromieniowanie powierzchni określonej z dokładnością lepszą niż 1 mm<sup>2</sup>. Oprócz filtrów i kolimatorów urządzenie jest wyposażone w niezwykle czułą tzw. wiązkę skanującą, dzięki której można napromieniać nieregularne objętości tarczowe polami o modulowanej intensywności wiązki (IMPT) wewnątrz objętości o wymiarach do 40 × 30 × 30 cm<sup>3</sup>. Przemiatanie wiązkami protonowymi będzie wkrótce powszechnie stosowane w radioterapii, gdyż najlepiej nadaje się do kompensacji ruchu narządów w trakcie ich napromieniania (np. ruchy oddechowe przy leczeniu nowotworów płuc).

W celu pełnego wykorzystania możliwości badawczych i terapeutycznych gantry, budynek obsługi zostanie wyposażony w systemy umożliwiające precyzyjne pozycjonowanie pacjenta, tomograf komputerowy, salę anestezjologii dla przygotowania dzieci cierpiących na nowotwory oraz w systemy planowania leczenia dla radioterapii konwencjonalnej i protonowej. Zainstalowana zostanie infrastruktura informatyczna, sprzęgająca stanowisko gantry z cyklotronem, stanowiskiem radioterapii nowotworów gałki ocznej i stanowiskiem eksperymentalnym z wiązką poziomą. Dzięki szybkiej zmianie energii i intensywności wiązki będzie możliwe równoległe prowadzenie eksperymentów na wszystkich stanowiskach eksperymentalnych i terapeutycznych. Zapewniona zostanie również kompatybilność systemów planowania leczenia NCRH z systemami stosowanymi we współpracujących ośrodkach onkologicznych oraz możliwość transferu danych medycznych pomiędzy wszystkimi ośrodkami współpracującymi w projekcie.

Tak nowoczesne stanowiska gantry są stosowane w zaledwie kilku ośrodkach w USA, Japonii, Niemczech i Szwajcarii. Koszt tej części projektu to ok. 95 mln zł, z czego 67,5 mln zł to środki UE. Całkowity koszt budowy Centrum Cyklotronowego Bronowice to ok. 240 mln zł, z czego ponad połowa będzie pochodzić z unijnego dofinansowania w ramach Programu Innowacyjna Gospodarka. Pozostałe pieniądze przekaże budżet państwa. Instalacja tego typu sprzętu sprawi, że znajdziemy się w ścisłej czołówce ośrodków stosujących i rozwijających tą technikę eksperymentalną i radioterapeutyczną.



Fot. 6. Widok Centrum Cyklotronowego w Bronowicach





## Jak obchodzić kopernikańskie rocznice?<sup>1</sup>

Michał Heller

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Zasadniczo nie mam nic przeciwko obchodzeniu okrągłych i mniej okrągłych rocznic wielkich ludzi i ważnych wydarzeń. Mają one niewątpliwie pewien walor dydaktyczny i są wyrazem szacunku dla własnej historii, a niekiedy wyrównaniem długu za dziejową niesprawiedliwość. Ale czy czasem w tym wszystkim nie szukamy także własnego interesu? W tym także nie ma nic złego, bo jeżeli nie dbalibyśmy rozsądnie o własne interesy, nie byłoby postępu ludzkości. Trochę gorzej sprawa się przedstawia, gdy z wielkiego człowieka robimy sobie idola, nie starając się dorównać jego formatowi, lecz przykrawając go do naszych standardów. Myślę, że zawsze coś takiego miało miejsce, ale w naszej epoce mass mediów zjawisko to przybiera niepokojące rozmiary.



Fot. K. Magda, IFUJ

Biorąc udział w obchodach 540. rocznicy narodzin Mikołaja Kopernika i równocześnie 470. rocznicy jego śmierci, chciałbym uniknąć tych ubocznych efektów i dlatego w tym krótkim wystąpieniu pragnę się skupić na roli Kopernika w historii nauki raczej, niż na jakichś jego osobistych cechach. W przypadku uczonego z Fromborka nie jest to proste, ponieważ na jego rzeczywiste naukowe osiągnięcia nałożyły się spory ideologiczne, światopoglądowe i teologiczne, które mocno rozmyły, a może nawet zniekształciły sytuację.

<sup>1</sup> Słowo wstępne, wygłoszone 30 października 2013 r. w bazylice Ojców Franciszkanów w Krakowie przed krakowską premierą Oratorium Braniewskiego *Mikołaj Kopernik*, koncertu z okazji obchodów 540. rocznicy urodzin i 470. rocznicy śmierci Mikołaja Kopernika.

Dzieło Kopernika było nowatorskie, ale mocno tkwiło w odziedziczonej przez niego naukowej tradycji. Kopernik miał niewątpliwie nową wizję Wszechświata, choć w dedykacji swojego dzieła papieżowi Pawłowi III doszukiwał się jej poprzedników już u starożytnych, ale w każdym razie tę nową wizję umieścił w całkowicie ptolemeuszowym dyskursie, myślał – podobnie jak Ptolemeusz – w kategoriach deferensów i epicykli, a także stosował zasadniczo tę samą matematykę, co jego poprzednicy. Stary paradygmat okręgów przełamał dopiero Kepler. Uczynił to bardzo niechętnie, pod przymusem danych obserwacyjnych (zwłaszcza dotyczących orbity Marsa). Z wielkimi oporami zrezygnował z doskonałych sferycznych symetrii, dopiero wtedy, gdy musiał zgodzić się z tym, że planety poruszają się po elipsach w ten sposób, że Słońce znajduje się w jednym z ognisk takiej elipsy.

Ale chodziło nie tylko o kształt planetarnych orbit. Planety poruszają się po nich, ściśle respektując pewne matematyczne prawidłowości, które dziś nazywamy prawami Keplera. Dlaczego te, a nie inne prawidłowości? – tego Kepler nie wiedział, po prostu wydedukował je z wyników obserwacji.

Następny krok należał do Izaaka Newtona, twórcy mechaniki klasycznej i teorii grawitacji. Być może pomysł powszechnej grawitacji podsunęło Newtonowi spadające jabłko, ale testem nowej teorii stały się ruchy planet. Ze swojej teorii powszechnego ciężenia Newton wyprowadził matematyczne prawidłowości wykryte przez Keplera w ruchach planet. Teoria grawitacji stała się teorią układu planetarnego i pośrednio także całego Wszechświata, a prawidłowości Keplera przestały być tylko wnioskami z obserwacji, lecz zostały podniesione do rangi praw przyrody.

Czy zatem Kopernik został zdystansowany przez Keplera i Newtona? Nie całkiem: w wielkich osiągnięciach kryją się załóżki jeszcze większych osiągnięć. Z perspektywy późniejszych dokonań wyraźnie widzimy, że naprawdę ważny krok dokonany przez Kopernika nie polegał na poruszeniu Ziemi i zatrzymaniu Słońca, lecz **na przeniesieniu układu odniesienia z Ziemi na Słońce**. Był to ważny – bo pierwszy – krok w kierunku zasady równouprawnienia wszystkich układów odniesienia. Ostateczny wniosek z tej zasady wyciągnął Albert Einstein. W swojej Szczególnej Teorii Względności pokazał on, w jaki sposób z tego, że wszystkie inercjalne układy odniesienia (tzn. układy poruszające się względem siebie bez przyspieszeń) są równouprawnione, wynikają daleko idące wnioski dotyczące czasoprzestrzennej struktury Wszechświata. A gdy zasadę równouprawnienia usiłował rozciągnąć na wszystkie układy odniesienia, okazało się to niemożliwe bez włączenia w ten zabieg pola grawitacyjnego. W ten sposób powstała Ogólna Teoria Względności, czyli einsteinowska teoria grawitacji. Jest ona nie tylko podstawą współczesnej kosmologii, lecz ma także bardzo praktyczne zastosowanie w postaci używanego przez nas na co dzień urządzenia zwanego GPS. Ilekroć więc spoglądamy na mały monitor tego urządzenia, by zdecydować czy jechać prosto, czy skrócić w prawo żeby doje-

chać do celu, korzystamy z długiego ciągu osiągnięć, sięgającego wstecz aż do samotnej pracy kanonika z Fromborka.

Czego nas uczy lekcja płynąca z „Kopernikowskiej rewolucji”? Nowe rzeczy, które zmieniają świat („innovacje”, jak dziś lubimy mówić), nie powstają przez negowanie przeszłości i budowanie „od zera” – w ten sposób powstają konstrukcje bez fundamentu, czyli skazane na zagładę – lecz przez odważne wyciąganie wniosków z tego, co się zastało.

Mówimy, że Kopernik „zatrzymał Słońce i poruszył Ziemię”. Ta metafora rzeczywiście oddaje historyczną prawdę. Ale dziś, z perspektywy kilku stuleci, to dokonanie wydaje się nam oczywiste. Słońca nie trzeba było wcale zatrzymywać. Wszystko się porusza. Słońce obiega centrum Galaktyki, a ponieważ przestrzeń rozdyma się jak nadmuchiwana bańka mydlana, wszystkie galaktyki oddalają się od siebie z ciągle rosnącymi prędkościami. Ruch-dynamika jest jedną z najistotniejszych własności Wszechświata.

W naszej wiedzy o Wszechświecie niemal co dekadę musimy dokonywać korekt, które lubimy nazywać rewolucjami. Ale dziś przyspieszyć tempo kosmicznej ekspansji przez dodanie nowego członu do równań Einsteina jest łatwiej niż kiedyś zmusić Ziemię, by drgnęła i zaczęła się poruszać. Bo inercja ludzkiej myśli jest ogromna. Myśleć „z prądem” to mała sztuka. Na to, by dorzucić kilka nowych epicykli, czy dostrzec kolejną anomalie w ruchach galaktyk, stać prawie każdego odpowiednio wyszkolonego badacza, ale „myśleć pod prąd”, nie dając się przy tym ponieść niezdyscyplinowanej fantazji, to cecha geniusza. Czy obchodzenie kolejnych rocznic kopernikańskich nie jest wyrazem nadziei i oczekiwania, że znowu pojawi się ktoś, kto biegowi naszej planety nada nowy kierunek?



Fot. K. Magda, IFUJ

Wystawa w krużgankach bazyliki oo. Franciszkanów w Krakowie



**„Temu, co zatrzymał Słońce i poruszył Ziemię”  
w 540. rocznicę urodzin i 470. rocznicę śmierci  
Mikołaja Kopernika**

*Maria Pawłowska*

*Biblioteka Instytutu Fizyki UJ*



Nazwisko Kopernika bywa zazwyczaj utożsamiane wyłącznie z odkryciem, że Ziemia i inne planety krążą wokół Słońca. Wszyscy wiedzą, że jest autorem dzieła *De revolutionibus orbium coelestium* (*O obrotach sfer niebieskich*), w którym przedstawił heliocentryczną wizję Wszechświata. Wprawdzie koncepcja heliocentryzmu pojawiła się już w starożytnej Grecji, ale dopiero dzieło Kopernika dokonało przełomu i wywołało jedną z najważniejszych rewolucji naukowych, nazywaną przewrotem kopernikańskim. Wyobrażenie, że ten знаmienity uczyony zapatrzone był wyłącznie w niebo jest zupełnym błędem. Interesował się bowiem wieloma, pozornie odległymi dziedzinami nauki, takimi jak: matematyka (zwłaszcza trygonometria), technika (hydraulika, miernictwo, budowa wodociągów), kartografia, medycyna, prawo świeckie i kościelne, ekonomia, numizmatyka, strategia wojskowa, astrologia, literatura klasyczna i malarstwo. Kopernik był prawdziwym człowiekiem renesansu.

**Młodość Kopernika, pobyt we Włocławku, studia w Krakowie**

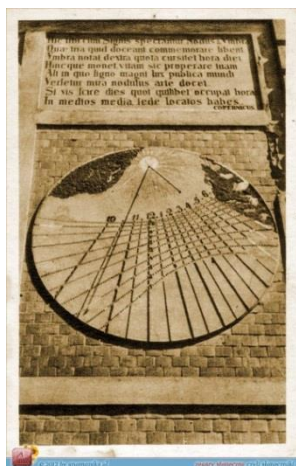
Mikołaj Kopernik urodził się 19 lutego 1473 roku w Toruniu. Był czwartym dzieckiem Mikołaja Kopernika, kupca i ławnika toruńskiego, oraz Barbary z Watzenrodów. Obydwie rodziny pochodziły ze Śląska – rodzina ojca ze wsi Kopernik koło Nysy, rodzina matki z Watzenrode, małej miejscowości koło Świdnicy. Mikołaj Kopernik, ojciec, przez szereg lat mieszkał w Krakowie, dopiero w wieku dojrzałym przeniósł się do Torunia, ale ze swym miastem

rodzinnym utrzymywał ściśle kontakty. Kopernikowie mieli czworo dzieci: Barbarę, Katarzynę, Andrzeja i Mikołaja. Mikołaj pierwsze nauki pobierał w szkole parafialnej przy kościele św. Jana w Toruniu. Tam nauczył się łaciny, podstaw matematyki i astronomii. W 1483 roku, po śmierci ojca, Mikołajem i Andrzejem zaopiekował się brat matki Łukasz Watzenrode, kanonik wrocławski, a od roku 1489 biskup warmiński.

W latach 1488–1491 młody Mikołaj Kopernik prawdopodobnie uczęszczał do cieszącej się wielkim uznaniem szkoły katedralnej we Wrocławku. Jednym z nauczycieli przyszłego astronoma miał być Mikołaj Wodka – Abstemius z Kwidzyna (1442–1494) – astronom, lekarz nadworny, astrolog i medyk kapituły wrocławskiej, wcześniej wykładowca uniwersytetu



Dom Mikołaja Kopernika w Toruniu (pierwszy z prawej), obecnie Muzeum M. Kopernika



w Bolonii. To on mógł odkryć „talent” astronomiczny Kopernika i prawdopodobnie razem z nim zaprojektował zegar słoneczny umieszczony na jednej z kaplic katedry wrocławskiej.

Zegar na ścianie katedry we Wrocławku zwany jest „kompasem”, wskazuje nie tylko czas, ale również długość dnia i aktualny znak zodiaku. Jest to jeden z najstarszych zegarów słonecznych w Europie.

Na przełomie 1491 i 1492 roku Mikołaj Kopernik rozpoczął studia na Wydziale Sztuk Wyzwolonych w Akademii Krakowskiej, wpisując się do metryki jako *Nicolaus Nicolai de Thuronia*.

Johannes	pauli	Ostrowski	solus latinus
Joseph	Johannes	de Stampont	solt duos ge
Stamslaub	Johannes	de Wdano	solt totid
Andreas	alexandry	de Wymelca	solt totid
Johannes	Johannes	de pomradilla	solt e ge
Andreas	Johannes	de Dobryze	solt 2 ge
Nicolaus	Nicolaus	de Thuronia	solt totid

Wpis Mikołaja Kopernika do *Matricae Studiosorum* na semestr zimowy 1491/1492

Czasy jego krakowskich studiów przypadły na okres największego rozkwitu tej wyższej uczelni i okres świetności tzw. krakowskiej szkoły astronomiczno-matematycznej. W *Kronice świata*, tworzonej w latach 1480–1492, uczony

norymberski H. Schedel pisze: *Obok kościoła św. Anny znajduje się uniwersytet, głośny z bardzo wielu sławnych i uczonych mężów, w którym uprawiane są wszelkie umiejętności: nauka wymowy, poetyka, filozofia i fizyka. Najbardziej jednak kwitnie tam astronomia, a pod tym względem, jak wiem od wielu osób, w całych Niemczech nie masz szkoły sławniejszej.* Podczas pobytu na studiach w Krakowie, ówczesnej stolicy Polski, Kopernik prawdopodobnie zetknął się z takimi uczonymi jak: Wojciech z Brudzewa, Jan Schilling z Głogowa, czy Maciej Bylica z Olkusza. Na dachu domu przyległego do Collegium Maius mieściło się obserwatorium astronomiczne; prawdopodobnie Kopernik, używając instrumentów astronomicznych подарowanych Uniwersytetowi przez Marcina Bylicę (globus nieba, torquetum, astrolabium arabskie) prowadził stąd obserwacje nieba. Studia na uniwersytecie krakowskim ukończył w roku 1495, ale nie otrzymał tytułu *magister atrium*. Stało się tak dlatego, że kapituły wysyłające kanoników na studia do uniwersytetów krajowych lub zagranicznych wymagały, by w zamian za opłacenie studiów uzyskali oni stopień magistra lub doktora, co zamykało drogę prawną do dalszego kształcenia się. Ponieważ gorącym życzeniem Mikołaja i jego wuja Łukasza Watzenrode były dalsze studia

Kopernika za granicą, dlatego Mikołaj nie zabiegał o to, by kończąc krakowską akademię uzyskać stopień magistra.



Wojciech z Brudzewa (1446–1495), polski astronom i matematyk, przedstawiciel krakowskiej szkoły matematyczno-astronomicznej, filozof, pedagog, dyplomata

### Studia we Włoszech

Dzięki staraniom wuja i protektora Łukasza Watzenrode, ówczesnego biskupa warmińskiego, Mikołaj wyjechał do Italii, by kontynuować naukę. Wprawdzie na uniwersytecie w Bolonii, zgodnie z poleceniem wuja studiował prawo, ale uczestniczył również w wykładach słynnych profesorów bolońskich i nie zaniebdywał swoich zainteresowań astronomicznych, prowadząc obserwacje gwiazd i planet oraz współpracując w tym zakresie z Dominikiem Novarą, profesorem astronomii tamtejszego uniwersytetu. Bywał w tym czasie w wielu tętniących życiem ośrodkach naukowych Italii, m.in. w Rzymie, gdzie prawdopodobnie wygłosił wykład z matematyki dla sporej grupy studentów, ważnych osobistości i znawców nauki. Być może właśnie podczas pobytu w Rzymie spotkał się z wielkim artystą renesansu – Leonardem da Vinci.

Na krótko wrócił Kopernik do Fromborka, by prosić kapitułę o zgodę na dalsze studia, tym razem przedmiotem jego zainteresowań była medycyna. Padwa, gdzie odbywał studia, była w tym czasie jednym z najpoważniejszych ośrodków

włoskiego renesansu i słynęła z wysokiego poziomu wiedzy medycznej. Prawdopodobnie studia lekarskie były dla Kopernika tylko pretekstem do przedłużenia pobytu w interesującym środowisku, gdzie mógł pogłębiać wiadomości astronomiczne. Z pobytu w Padwie wyniósł nie tylko wiedzę medyczną, ale również znajomość literatury rzymskiej i języka greckiego, natomiast podczas krótkiego pobytu w Ferrarze w roku 1503 uzyskał stopień doktora prawa kanonicznego.

### ***A w środku wszystkich planet ma swoją siedzibę Słońce – Narodziny nowej koncepcji budowy Wszechświata***

Jesienią 1503 roku trzydziestoletni Mikołaj Kopernik zamieszkał w Lidzbarku Warmińskim i zaczął wypełniać obowiązki kanonika katedry fromborskiej. W rzeczywistości był jednak osobistym pomocnikiem, sekretarzem i lekarzem biskupa Łukasza Watzenrode. Mimo rozlicznych obowiązków potrafił znaleźć czas na rozwijanie swoich zainteresowań astronomicznych. W tym czasie opracował pierwszy szkic nowej teorii budowy świata, który zawarł w *Komentarzyku* (*Commentariolus*). Praca, którą w formie odpisów rękopiśmiennych rozesłał do przyjaciół matematyków w Krakowie, zyskała rozgłos i uznanie. Po 1510 roku Kopernik postanowił, że nie będzie piął się po szczeblach kariery kościelnej, zrezygnował ze służby przy boku biskupa Watzenrode i przeniósł się do Fromborka, gdzie pracował jako kanonik katedry. Dzięki temu zyskał więcej czasu na badania, zgromadził księgozbiór i niezbędne instrumenty astronomiczne, a na wieży katedry fromborskiej przygotował specjalne miejsce do prowadzenia obserwacji astronomicznych.



Astrolabium, kwadrant i triquetrum – przyrządy astronomiczne używane przez M. Kopernika

Ponieważ instrumenty Kopernika były dość prymitywne i za ich pomocą udawało się uzyskać pomiary z niewielką dokładnością, to jednak dzięki nim genialny uczony opracował zupełnie nową koncepcję budowy Wszechświata. Wyliczone przez niego średnie odległości planet od Słońca niewiele różnią się

od tych, które uzyskano wykorzystując najnowocześniejsze urządzenia obserwacyjne.

Mikołaj Kopernik wyliczył czas pełnego obiegu Ziemi wokół Słońca na 365 dni 6 godzin i 10 minut (zgodnie z dzisiejszymi pomiarami czas ten wynosi 365 dni 5 godzin 48 minut 46 sekund). Wyprowadził również wzory, które pozwalały obliczać, kiedy nastąpi zaćmienie Słońca oraz Księżyca.

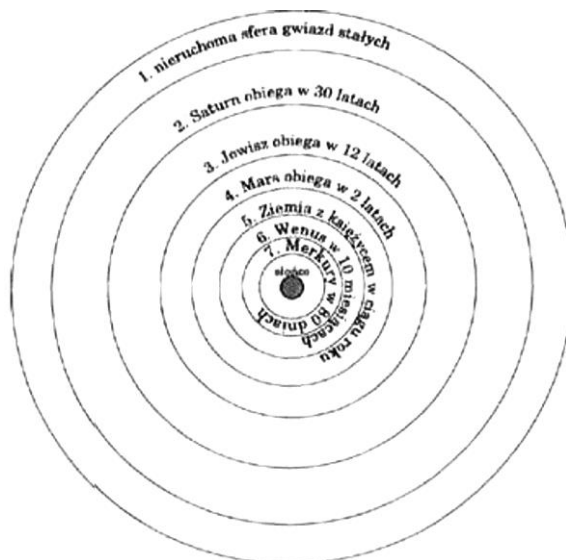
Przed wszystkim jednak znamy Kopernika jako twórcę nowej teorii budowy Wszechświata, tzw. **teorii heliocentrycznej**. Zanim omówimy podstawowe założenia tej teorii przypomnijmy, że do czasu Kopernika panowała **teoria geocentryczna**, stworzona przez Ptolemeusza, której istotą było przekonanie, że w centrum Wszechświata znajduje się nieruchoma Ziemia, wokół której krążą pozostałe ciała niebieskie: Słońce, planety, Księżyc i gwiazdy.



Mapa Wszechświata Ptolemeusza (system geocentryczny)

Wprowadzenie przez polskiego astronoma Mikołaja Kopernika **sytemu heliocentrycznego**, zgodnie z którym środkiem układu planetarnego jest Słońce wokół którego porusza się nie tylko Ziemia, ale również inne planety, wprowadzało niemałe zamieszanie. Z dnia na dzień okazało się, że Ziemia nie jest niczym nadzwyczajnym we Wszechświecie; mało tego, istnieją również inne planety poruszające się wokół Słońca, a nie wokół Ziemi. Zgodnie z tą rewolucyjną teorią pozorny ruch dzienny Słońca, planet, gwiazd i Księżyca wynika z tego, że Ziemia obraca się wokół własnej osi (ten ruch trwa 24 godziny i wyjaśnia następstwo dnia i nocy). Kopernikańska heliocentryczna teoria Wszechświata dowodzi, że Ziemia krąży wokół Słońca, a każde takie okrążenie trwa jeden rok, więc obserwatorowi znajdującemu się na Ziemi tylko się wydaje, że Słońce przesuwa się na tle kolejnych gwiazdozbiorów.





System heliocentryczny Kopernika; na rysunku uwzględniono 6 planet: Merkury, Wenus, Ziemia z Księżycem, Mars, Jowisz, Saturn; brakuje planet nieznanych Kopernikowi: Uran (odkryty w 1787 r.), Neptun (1840), Pluton (1930)

Prawdopodobnie już w roku 1533 Kopernik ukończył swoje dzieło *O obrotach sfer niebieskich* (*De revolutionibus orbium coelestium*), jednak zwlekał z jego wydrukowaniem, obawiając się reakcji hierarchii kościelnej, a także dlatego, że wciąż poprawiał i wygładzał rękopis. Dopiero pod koniec lat trzydziestych XVI wieku Jerzy Joachim de Toris, zwany Retykiem, namówił go do opublikowania dzieła i osobiście zawiózł rękopis do Norymbergii, gdzie ukazało się drukiem w 1543 roku. Pierwsze wydanie zawierało przedmowę anonimowego autora, w której przedstawiono teorię Kopernika jako hipotezę przydatną do konstruowania efektywnych modeli matematycznych opisujących ruch planet. Stwierdzenie to przeczyło przekonaniom polskiego astronoma, który wiedział, że jego teoria jest prawdziwa, dlatego drugie wydanie dzieła, przygotowane dwadzieścia lat później w szwajcarskiej Bazylei, nie zawiera już tej zakłamej przedmowy. Legenda mówi, że Kopernik zobaczył pierwsze drukowane wydanie swojego dzieła dopiero na łożu śmierci, więc zapewne nie przeczytał kontrowersyjnej *Przedmowy* i następującego tekstu: *Czytelnik [...] nie musi potępiać autora za głoszenie tak skandalicznej opinii. [...] Czytelnik powinien po prostu uznać to za hipotezę, gdyż ani astronom, ani filozof nie może dojść do pewnego wniosku inaczej niż na drodze boskiego objawienia.*

Wielu ludzi zaniepokoił konflikt między dosłownym rozumieniem Pisma Świętego a niezrozumiałymi poglądami zawartymi w dziele Kopernika. Tymczasem Galileusz (1564–1642) i Kepler (1571–1630) zaczęli twierdzić, że teoria heliocentryczna daje prawdziwy opis przyrody. Natomiast Giordano Bruno

(1548–1600) uważał, że Słońce nie jest środkiem Wszechświata, bo „istnieje niezliczona ilość słońc; wokół tych słońc poruszają się niezliczone „Ziemie”, podobnie jak siedem planet obiega nasze Słońce”. Za te poglądy, uznane za herezję, Giordano Bruno został spalony na stosie. W 1616 roku rzymska Kongregacja Indeksu, ustanowiona przez kościół katolicki dla zwalczania herezji uznała, że katolicy nie mogą czytać dzieła Kopernika, które trafiło do indeksu ksiąg zakazanych. Na tę samą listę trafiły również dzieła: Keplera *Skrót astronomii kopernikańskiej* i Galileusza *Dialog o dwu najważniejszych układach świata, Ptolemeuszowym i Kopernikowym*. Księgi te usunięto z indeksu dopiero w 1835 roku, ponad dwieście lat później.



Giordano Bruno, pomnik na Campo di Fiori w Rzymie

Mimo to system kopernikański podbudowany obserwacjami Galileusza, uzupełniony prawami Keplera i Newtona (1642–1727), stał się mocną podstawą nowoczesnej astronomii.

*Kopernik dosłownie „wynalazł” Układ Słoneczny, system, w którym wszystkie planety, łącznie z Ziemią, krążą wokół Słońca. Ta rewolucyjna wizja urzekła Kopernika, gdyż ukazywała system piękny i spójny. Problem polegał na tym, że niezależnie od tego, co polski astronom powiedział lub zrobił, nie mógł przekonać ludzi, iż zamieszkują poruszającą się i wirującą wokół własnej osi planetę (O. Gingerich, J. MacLachan, *Mikołaj Kopernik. Gdy Ziemia stała się planetą*. Pułtusk 2005, s. 117).*

### **Działalność publiczna Mikołaja Kopernika**

Kopernik, jako sekretarz biskupa warmińskiego, a później urzędnik kapituły warmińskiej, brał czynny udział w życiu politycznym Warmii. Podczas wojny

z Krzyżakami w 1520 roku zorganizował obronę zamku kapitulnego w Olsztynie. To właśnie w Olsztynie, gdzie przebywał w latach 1516–1521, napisał traktat o biciu monety, tu dokonywał obserwacji ruchu planet, a na krużganku sporządził do dziś zachowaną tablicę, umożliwiającą śledzenie wiosennych i jesiennych zrównań dnia z nocą.



Przygotował również projekt reformy monetarnej w Prusach Królewskich, który zawarł w kilku pracach: *Rozmyślenia*, *Sposób bicia monety* oraz *O szacunku monety*. Jako pierwszy sformułował prawo o wypieraniu lepszego pieniądza przez gorszy, o mniejszej zawartości kruszcu.



Banknot 1000 złotych z 1982 roku (awers i rewers)

Od 1523 roku Kopernik pełnił funkcję generalnego administratora diecezji warmińskiej. Stanowisko to wymagało sporządzania map, które prawdopodobnie opracowywał wspólnie z Bernardem Wapowskim (1450–1535), najwybitniejszym polskim kartografem XVI wieku.

Jako administrator dóbr kościelnych Kopernik analizował ceny zboża i chleba na Warmii, co pozwoliło mu w roku 1531 opracować tzw. „Olsztyńską takse chlebową”, która regulowała ceny pieczywa, chroniąc ludność przed nieuzasadnioną drożyzną, a piekarzom wyznaczała właściwe relacje cenowe, uwzględniające poniesione koszty i nakład pracy. Na szczególne podkreślenie zasługują prowadzone przez Kopernika badania zjawisk społeczno-gospodarczych, w których wykorzystywał zaczerpniętą z nauk przyrodniczych metodę bezpośredniej obserwacji zjawisk i ich skutków.

**Literatura**

- [1] L.A. Birkenmajer, *Mikołaj Kopernik jako uczony, twórca i obywatel. W 450 rocznicę jego urodzin*, Kraków 1923
- [2] K. Estreicher, *Pamiętki kopernikowskie w Uniwersytecie Jagiellońskim*, Warszawa 1973
- [3] O. Gingerich, *Książka, której nikt nie przeczytał. Kopernik, XVI-wieczny Internet i milion dolarów*, Warszawa 2004
- [4] O. Gingerich, J. McLachan, *Mikołaj Kopernik. Gdy Ziemia stała się planetą*, Pułtusk 2005
- [5] A. Markuszewska (red.), *Mikołaj Kopernik i jego czasy*, Toruń 2013
- [6] S.P. Mizwa (ed.), *Nicholas Copernicus, a tribute of nations*, New York, The Kościuszko Foundation, 1945
- [7] S.P. Mizwa (ed.), *Nicholas Copernicus 1543–1943*, New York, The Kościuszko Foundation, 1945
- [8] J. Repcheck, *Sekret Kopernika. Jak się zaczęła rewolucja naukowa*, Poznań 2008
- [9] E. Rybka, *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, Warszawa 1972
- [10] J. Sikorski, *Prywatne życie Kopernika*, Warszawa 1995
- [11] Kopernikański Portal Naukowy UMK w Toruniu: <http://copernicus.torun.pl/biografia/1503-1543/7/>



Pomnik Mikołaja Kopernika w Krakowie



## Koncepcje chaosu w fizyce i filozofii<sup>1</sup>

*Estera Rączkowiak*

*kl. 2 Tbe – Technikum Ekonomiczne  
Zespół Szkół im. Gen. Tadeusza Kutrzeby w Obornikach*

W rzeczywistości żadne „ja”, nawet najbardziej naiwne, nie jest jednością, lecz bardzo zróżnicowanym światem, małym gwiazdzistym niebem, chaosem form, stopni i stanów, dziedzicznych obciążeń i możliwości. Każda jednostka dąży do uznania tego chaosu za jedność i mówi o swoim „ja”, jak gdyby ono było zjawiskiem prostym, zdecydowanie ukształtowanym, jasno nakreślonym; ale jest to złudzenie, właściwe każdemu człowiekowi, nawet najdoskonalszemu, jest – jak się zdaje – pewną koniecznością, postulatami życia, tak jak odychanie i jedzenie.

Hermann Hesse, *Wilk stepowy*

Jesteśmy bytami, które chcąc nie chcąc, stykają się z otaczającą rzeczywistością nieustannie. Z tego powodu, już starożytni filozofowie zaczęli zastanawiać się nad właściwościami tych realiów, próbując ustalić pierwsze przyczyny oraz wyłonić jakiś ogólny porządek rządzący światem. Chcieli oni ukazać przasadę wszechrzeczy, czyli tzw. *arché*. Według nich świat początkowo był chaosem, a następnie został uporządkowany przez Boga – tak powstał Kosmos (w języku greckim oznaczający ład i porządek). Od pryncypów, przez Ptolemeusza, Kopernika aż do Einsteina włącznie, uznawano pogląd, że Kosmos jest statyczny i niezmienny. Współczesna nauka stwierdza jednak, że Wszechświat rozpoczął swoje istnienie od stanu najwyższego porządku i trwa w stanie maksymalnego chaosu. Również według poety, satyryka i aforysty – Stanisława Jerzego Leca, *chaos to Ład, który zniszczono przy Stworzeniu Świata*. Innymi słowy: na początku był Kosmos, a obecnie cały świat materii dąży do chaosu – wbrew temu, co sądzili greccy filozofowie. Istotny jest fakt, iż zakres wszelkich praw – fizycznych, biologicznych, chemicznych itd. – jest zarazem czymś w rodzaju „bezpiecznego” podłoża pod ludzkie bytowanie. Pomyślmy, czy nie czujemy się lepiej, gdy wszystko, co nas otacza, jest ułożone i pewne? Czy nie jest tak, że możemy odetchnąć z ulgą, gdy mamy pewność, że po nocy nastąpi dzień, a po dniu noc? Poza tym prawdą jest, że ludzie to takie istoty, dla których niewiedza jest wręcz niezręczna, gdyż wskazuje na naszą ograniczoność poznawczą i intelektualną. Mówiąc wprost – człowiek nie lubi nie wiedzieć. Prawa natury pokazują i udowadniają rozwój intelektualny człowieka, zapewniają mu poczucie, że obszarów niedostępnych jego poznaniu jest coraz mniej. W tym momencie nasuwa się



<sup>1</sup> Praca finalistki konkursu „Fizyczne Ścieżki” 2013.

pytanie, czy owa bezgraniczna wiara w prawa przyrody nie jest zgubna? Czy pod ich „płaszczkiem” nie kryje się jakiś znaczący element, który może nam pokazać, że świat wcale nie jest taki harmonijny i poukładany? Według mnie, piękno chaosu tego świata może zostać dostrzeżone jedynie przez umysł wolny od ograniczeń, którymi są właśnie wszelkie prawa. Ale... czym właściwie jest chaos? Według Owidiusza, chaos to całkowity brak porządku (tak jak w rozumieniu potocznym): *Przed morzem i ziemią, i tym, które odkrywa wszystko, niebem, jedna była postać całej natury świata, którą nazwano chaosem, surowe i nieuporządkowane siły i nic poza bezkształtną bryłą, w której zgromadziły się początki rzeczy, niezgodą rozłącznie.* Jednak w fizyce nie jest chaosem to, co gwałtowne, nieprzewidywalne lub nieuporządkowane, bowiem istnieje tzw. chaos deterministyczny. Sam termin wydaje się wewnętrznie sprzeczny. Łączy w sobie bowiem chaos, czyli brak porządku i determinizm, jednoznacznie porządkujący procesy. Takie ujęcie zmieniło radykalnie nasze wyobrażenie o charakterze świata opisywanego klasyczną mechaniką Newtona. Teoria chaosu jest często nazywana dynamiką nieliniową, gdyż w istocie jest rozszerzeniem klasycznej mechaniki na procesy nieliniowe. Z tego powodu świat klasycznej fizyki był w znacznym stopniu światem prostych zjawisk liniowych. Tymczasem obecnie wiemy, że świat jest przeważnie nieliniowy, a procesy liniowe występują w nim rzadko i na pewno nie są typowe dla całej materii. Jedną z najważniejszych konsekwencji dawnego podejścia było przekonanie, że ruch powinien być regularny i przewidywalny. Z tego powodu jądrem mechanicznego schematu świata stał się właśnie determinizm przeciwstawiany stochastyczności. Problem fizyków z uwzględnieniem przez nich nowych odkryć mechaniki kwantowej jest wyraźnym dowodem na to, że przez wiele lat jednoznaczną przyczynowość wiązano z mechaniką w sposób nierozzerwalny. To ona pomagała wyobrazić sobie porządek świata. Z jej powodu Einstein w liście do Borna z 1944 r. napisał następujące słowa: *Ty wierzysz w Boga, który gra w kości?* Można to odczytać jako zarzut w stosunku do zwolenników nowej fizyki, którzy zgodzili się przecież na rezygnację z determinizmu. Dzięki teorii chaosu naukowcy dokładnie poznali i zrozumieli procesy, które od dawna badali. Dobrym przykładem, lecz nie jedynym, jest turbulencja, w której dla pewnych wartości parametrów dynamicznych obserwowano porządek, dla innych zaś pojawiało się zachowanie skomplikowane i trudne do zobrazowania. Opisujące ją równania nieliniowe były znane od początku ubiegłego stulecia i znaleziono ich przybliżone rozwiązania, ale dopiero niedawno sformułowano ścisłą teorię tego zjawiska. Pod tym względem teoria chaosu nie jest zatem teorią istotnie nową. Można ją uważać za dalszy, ważny krok w ciągu teorii realizujących program badawczy mechaniki. Procesy chaotyczne nie muszą ograniczać się do świata makroskopowego i obserwuje się je także w mikroświecie. Prace fizyków wykazały, że chaos kwantowy jest bardziej ograniczony i regularny od klasycznego i pod tym względem mechanika klasyczna jest bardziej nieregular-

na niż kwantowa. Ograniczenia chaosu kwantowego wynikają stąd, że w mikroświecie dopuszczalne są tylko określone stany dynamiczne, np. w atomie elektronu mogą znajdować się tylko na wyróżnionych orbitach, w porównywanym z atomem układzie planetarnym, tory planet nie są niczym ograniczone. Dochodzimy w ten sposób do stwierdzenia, że w deterministycznej mechanice klasycznej możliwe są procesy mniej regularne i bardziej chaotyczne niż procesy zachodzące w indeterministycznym świecie kwantowym. W dyskusjach poświęconych działaniu układów nieliniowych czasem pojawia się zagadnienie praw celowych i ich roli w przyrodzie. Arystoteles stworzył słynną klasyfikację przyczyn i podzielił je na: sprawcze, celowe, formalne i materialne. Dla nauk przyrodniczych, których zadaniem jest wyjaśnianie powodów powstania i przebiegu zjawisk szczególnie ważne okazały się przyczyny celowe i sprawcze, czyli wszelkiego rodzaju siły i oddziaływania. Celowość odgrywała bardzo ważną rolę w nauce, zwłaszcza w biologii. Przykładowo, rozwój organizmu tłumaczono jako skutek jego dążenia do celu, którym jest uzyskanie dojrzałej postaci. Podobnie charakter celowy zdawało się mieć wiele przystosowawczych cech zwierząt, np. długa szyja żyrafy. Lamarck w swojej teorii ewolucji również podkreślał rolę przyczyn celowych. Jednak według Marka Tempczyka teoria Darwina ukazała proces powstawania i rozwoju gatunków jako grę przypadków – mutacje czy selekcyjne oddziaływania czynników środowiskowych – w ten sposób biologia dołączyła do fizyki, w której od czasów Galileusza zajmowano się jedynie przyczynami sprawczymi, czyli siłami. Wracając jednak do teorii kwantowej, a raczej jej twórcy – Maxa Plancka – twierdził on, że: *Dla wierzącego Bóg stoi na początku, dla fizyka zaś – na końcu wszelkich dociekań*. Dlaczego zatem wyeliminowano z fizyki teologiczne spojrzenie na świat? Otóż fakt ten uprościł naukę, nadał jej jednolitą metodologię i przyczynił się do ogromnego postępu badań. Postęp ten był jednak okupiony rezygnacją z ważnego wątku refleksji o otaczającym nas świecie. Wkrótce pojęcie celu zniknęło z fizycznego opisu świata. Czy stwierdzenie, że regularny ruch planet nie wynika z tego, że ich celem jest wyrażenie harmonii ciał, lecz z regularności rozwiązań równań ruchu opisujących grawitacyjne oddziaływania tych ciał miało z tym jakiś związek? Obserwowane w przyrodzie: harmonię i celowość, uznano za efekt uboczny. Choć ludzie wierzący w prawa fizyki widzieli wyraz celowego planu Boga, to dopuszczalna jest ona tylko w perspektywie filozoficznej i religijnej, gdyż wykracza poza naukę. Michaił Łomonosow w *Wierszach* twierdził, że: *Nauka i religia nie mogą się ze sobą klócić, chyba, że ktoś kierowany pychą i chęcią mędrkowania, zasieje między nimi wrogość*. Zatem, próbując udzielić odpowiedzi na zadane wcześniej pytanie, czy teologiczne spojrzenie na świat wyeliminowano dlatego, aby oszczędzić naukowcom zbędnego chaosu myślowego? Chcąc rozstrzygnąć tytułową „walkę” (która takową może, lecz nie musi być) pomiędzy fizyką a filozofią, ontologiczny „spór” o chaos, posłużę się przykładami z różnych sfer życia. Pragnę wspomnieć, że gdybyśmy uznali, iż

układy złożone mają własności nieredukowalne, wynikające z ich całościowego działania, to rozwój świata materii prowadziłby do pojawienia się nowego spojrzenia – Wszechświat przestałby być wielką, cyklicznie działającą maszyną, a zacząłby przypominać organizm, rozwijający się od form prostych do coraz bardziej złożonych. Takich koncepcji w filozofii było wiele! Otóż podkreślały one szczególnie przełomowe znaczenie dwóch wydarzeń – powstania życia oraz intelektu. Istnieje nawet powiedzenie, że wraz z pojawieniem się ludzi, Wszechświat zaczął sam siebie poznawać i rozumieć. M. Thomsen uważał, że *aby zrozumieć cały Wszechświat, należy poznać najpierw samego siebie*. Według niego, *świat żyje i myśli*. Nieprawdopodobne! Istotnym elementem tej wizji rozwoju świata było przekonanie, że układy złożone powstają w sposób przypadkowy i mogą istnieć jedynie w wyjątkowo korzystnych warunkach. Oceny takie prowadziły do wniosku, że szanse na spotkanie kosmitów są raczej niewielkie. W takim stanie rzeczy Ziemia jawiła się jako niezwykle rzadki wyjątek w nieprzychylnym w zasadzie Kosmosie. Dlaczego nieprzychylnym? Planety i przestrzeń kosmiczna mają niekorzystny wpływ na znane formy życia. Życie na Ziemi jest więc traktowane jako niezwykle mało prawdopodobny zbieg okoliczności. Obraz materii nie został „odkryty”, gdyż pojawiła się dalsza komplikacja. Twierdzono, że układy złożone mają własną dynamikę i wcale nie muszą czekać, aż łaskawy los da im szansę rozwoju. W tym miejscu pojawia się teoria układów nieliniowych, których uporządkowanie i rozwój nie są konsekwencją niezależnych przypadków, lecz wynikają z samej istoty zachodzących w nich procesów. Powiązane z sobą części selektywne oddziałują z otoczeniem, tworząc określone porządki i mają wyraźne tendencje rozwojowe, tak więc, zdolny do samorealizacji system wcale nie jest biernym przedmiotem zachodzącym w środowisku procesów. Dlaczego? Ponieważ wpływa na nie i jednocześnie dostosowuje się do nich, co zdecydowanie zwiększa jego możliwości. Wkrótce trendem stało się wiązanie ukierunkowanego rozwoju życia z własnościami tworzących go pierwiastków i ich zorganizowanych układów. Organizmy przestały być mało prawdopodobnymi wyjątkami, za to stały się typowymi układami. Dzięki symulacjom komputerowym i zastosowaniu dynamiki nieliniowej okazało się, że wystarczy, aby układ w minimalnym stopniu dopasował się do zmian, które początkowo mogą być przypadkowe, a szybko powstają w nim struktury, których dalsza przypadkowa ewolucja jest już niemalże nieprawdopodobna. W 1994 roku Nilsson i Pelger badając ewolucję oka stwierdzili, że wystarczy, aby całość reagowała na drobne zmiany, a szybko powstanie organ rozwinięty, ważny i użyteczny dla organizmu. Innym przykładem jest skrętność pewnych wielkocząsteczkowych związków organicznych, które w organizmach mają skomplikowaną strukturę przestrzenną. Często są skręcone i wtedy – potencjalnie – możliwe są oba kierunki skrętności: prawy i lewy. W późniejszym czasie zaobserwowano jednak, że w organizmach występują tylko cząsteczki lewoskrętne. Prowadziło to więc do pewnej nierównowagi,



która w gruncie rzeczy nie mogła być dziełem przypadku. Można obrazowo powiedzieć, że przyroda okazała się w tym wypadku „oszczędna”, gdyż po wykonaniu dokładnych obliczeń, okazało się, iż jedna z możliwych skłonności jest odrobinę bardziej korzystna energetycznie – ta znikoma różnica, nieodgrywająca w procesach chemicznych dostrzegalnej roli, wystarczyła do wyeliminowania z przyrody odmiany mniej korzystnej. Dziś w nauce dominuje przekonanie, że ewolucja materii nie jest przypadkowa, a samoorganizacja skomplikowanych struktur znacznie ją przyspiesza i stabilizuje. Jest to istotnie związany z dynamiką materii. Wielu badaczy dostrzega ten ukierunkowany rozwój nie tylko w sferze życia, lecz także pozostałych szczeblach organizacji materii. W tym momencie nie obeszłoby się bez wspomnienia filozofii sławnego antropologa francuskiego Teilharda de Chardin. Stworzył on koncepcję rozwoju całego świata materialnego poczynając od cząstek elementarnych, poprzez atomy, cząsteczki, organizmy komórkowe, po człowieka i społeczeństwo. Uważał, że każdy składnik materii posiada świadomość proporcjonalną do swego stopnia złożoności, a celem Wszechświata jest osiągnięcie najwyższej możliwej świadomości – po czym nastąpi koniec świata przewidywany przez Biblię. Podobnie uważał Władysław Grzeszczyk: *Na początku jest chaos. A po nim – koniec*. Doskonale ilustruje to pogląd, że Wszechświat jest określoną, dynamiczną całością, która rozwija się, dążąc do ostatecznego celu, tworząc po drodze coraz bardziej złożone obiekty materialne. W takim świecie człowiek nie jest przypadkowym produktem sprzyjających warunków, lecz ważnym etapem rozwoju materii. De Chardin równie trafnie spostrzega, że ***dzieje Wszechświata toczą się według programu z góry założonego przez Boga***. Spójrzmy wstecz – według klasycyzmu renesansowego, inspirowanego sztuką i światopoglądem antycznym, świat jest DOSKONAŁYM dziełem sztuki, które cechuje niezwykły ŁAD, PORZĄDEK I HARMONIA. *Deus artifex* natomiast jest twórcą tego dzieła. Czy więc chaos ma miejsce w świecie, czy nie? Determinizm? Chaos deterministyczny? Zapewne... Wracając – koncepcja samoorganizacji i ewolucji nie jest jednak ostatnim krokiem na drodze przechodzenia od świata całkowicie statycznego do świata dynamicznego pod każdym względem. Wciąż pozostają w nim chociażby podstawowe składniki materii i ich własności – jedynie pojawiają się ich coraz bardziej złożone układy. Twórcy dynamiki nieliniowej podkreślają, że same prawa organizacji układów złożonych także są uniwersalne i niezmiennie. Jest to widoczne podczas dróg przejścia od porządku do chaosu. Matematycy poznali trzy takie drogi, a przyroda dostarcza wielu przykładów każdej z nich. Upierałabym się tutaj nawet, że prawa rozwoju układów nieliniowych są nawet bardziej uniwersalne od praw rządzących cząstkami elementarnymi. Zatem, czy w chaosie istnieje porządek? Reasumując wszystkie fakty, które przedstawiłam w tej pracy, możemy stwierdzić, że chaos jest porządkiem, gdyż wszelkie procesy zachodzące w przyrodzie, a tym samym w fizyce, mają jakiś cel, do którego osiągnięcia dążą. Niejednokrotnie jest on

dla nas ukryty. Mimo, że dla wielu mógłby to być (potoczny) chaos to jednak wszystko ma swoje „dlatego”, swoje wytłumaczenie, rozwiązanie, a więc „chaotyczne” nie jest. Możemy sądzić, że jest tak w każdej dziedzinie życia, włączając filozofię. Sprawcą tego idealnego, harmonijnego chaosu wydaje się być BÓG.

**Na podstawie:**

I. Stewart, *Czy Bóg gra w kości*, Nowa matematyka chaosu, PWN, Warszawa 1996

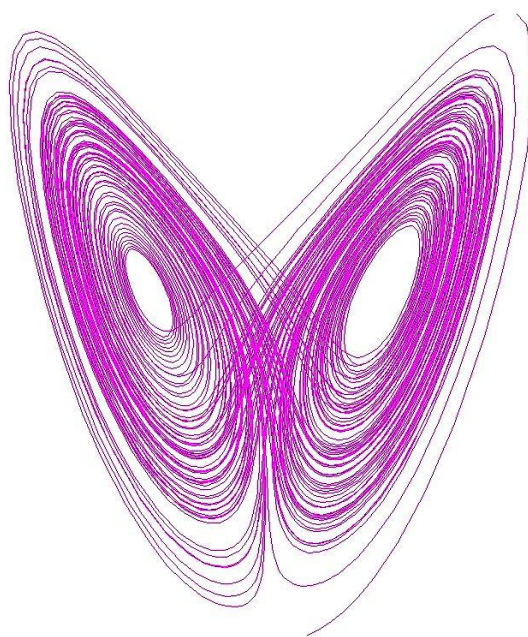
E. Ott, *Chaos w układach dynamicznych*, WNT, Warszawa 1993

M. Tempezyk, *Teoria chaosu a filozofia*, CiS, Warszawa 1998

J. Kozłowski, J. Pietrzak, *Dynamika nieliniowa i chaos na przykładzie układu RLC*,  
Postępy Fizyki, tom 45, zeszyt 2, 1995

M. Gutzwiller, *Chaos kwantowy*, Świat Nauki, marzec 1995

A. Fuliński, *O chaosie i przypadku*, Postępy Nauki, 1993



Ikona chaosu deterministycznego



## Rozmowa z Jerzym Brojanem, laureatem Nagrody im. Grzegorza Białkowskiego przyznanej przez Polskie Towarzystwo Fizyczne

Zofia Gołąb-Meyer

Gratulujemy przyznania panu przez PTF Nagrody i Medalu im. Grzegorza Białkowskiego za rok 2012, m.in. za udział w pracach Centralnej Komisji Egzaminacyjnej i prosimy o wypowiedź dla czytelników *Fotonu*.



*Co sprawia (sprawiało) Panu największą satysfakcję w nauczaniu fizyki?*

Nie jestem obecnie aktywnym nauczycielem fizyki (pracę w pełnym wymiarze zakończyłem 5 lat temu, ostatnie lekcje w klasie poprowadziłem chyba 2 lata temu), więc na pierwsze pytanie odpowiem w czasie przeszłym: najfajniej było, gdy udało mi się zaskoczyć uczniów niespodziewanym wynikiem doświadczenia, paradoksalnym wynikiem obliczeń albo dwoma pozornie poprawnymi, ale wzajemnie sprzecznymi, rozwiązaniami zadania. Oczywiście nie chodzi mi tylko o powierzchowny efekt, ale o związaną z nim refleksję, konieczność pogłębionej analizy. Nigdy nie lubiłem pytań formalnych, odklepywania definicji, wątkowania schematów, choć zdaję sobie sprawę, że muszą one stanowić znaczącą część nauczania.

*Czy obserwuje Pan zmiany w poziomie uczniów i ich stosunku do fizyki na przestrzeni, powiedzmy, 30 lat?*

Na to pytanie trudno mi odpowiedzieć m.in. z tego powodu, że przez pierwsze 10 lat pracowałem na uniwersytecie, następne 7 lat – w liceum elitarnym, co do poziomu nauczania fizyki (i co do liczby godzin!), następne 20 lat w szkole raczej przeciętnej. Porównanie na przestrzeni 30 lat musi więc być mylące. Ale oczywiście jest, że spadek liczby godzin nauczania fizyki, przesunięcie dużej grupy młodzieży z innych szkół średnich do liceów, dostosowanie stylu zadań maturalnych do poziomu większości zdających (wśród których wielu nie powinno przystępować do matury w ogóle, bez żadnej straty dla kraju i dla nich samych) oraz dewaluacja dyplomu wyższej uczelni w sumie muszą dawać skutek, jaki widzą wszyscy.

*Co sądzi Pan o zadaniach maturalnych z fizyki i ich zmianach na przestrzeni ostatnich lat?*

W ciągu 3 lat mojej pracy w CKE próbowałem nieco zmienić styl zadań maturalnych, co ostatecznie zakończyło się klęską – po części z powodu popełnionych przeze mnie błędów, ale głównie z powodu bezwładności systemu, oporów i konfliktów. W skrócie, chciałem w arkuszach egzaminacyjnych nieco zmniejszyć udział zadań rachunkowych, a zwłaszcza zadań żądających od ucznia wiadomości werbalnych, powierzchownych i wycinkowych. Może mój następcza choć w części weźmie to pod uwagę, a jeśli tak będzie, „coś po mnie pozostanie”.



## Siedem edycji Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Poszukiwanie Talentów”

*Anna Kaczorowska*  
Koordynator Konkursu

### 1. Idea konkursu

Już ponad 2620 uczniów z 200 szkół w całej Polsce wzięło udział w kolejnych edycjach Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Poszukiwanie Talentów”, którego organizatorem jest Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Polskie Towarzystwo Fizyczne. Ten Konkurs jest wyjątkowy! Nie trzeba rozwiązywać zadań, które wymyślają srodzy fizycy. Przeznaczony jest dla młodzieży w wieku 14–19 lat. Aby do niego przystąpić należy wykonać prace z dziedziny literatury, fotografii, sztuki, których tematem jest fizyka oraz wykonać przynajmniej jedno doświadczenia fizyczne. Uczestnik przedstawia to, co go najbardziej fascynuje, cieszy, zachwyca, co poznał i zrozumiał i tę swoją wiedzę połączoną z emocjami stara się przekazać w formie artystycznej. Doświadczenie fizyczne należy wykonać w domu lub w szkole i przesłać jego opis. Jedno doświadczenie – to niewiele. No, ale to jest „program minimum” – na pewno nie wystarczy, aby zdobyć laury. Prace należy przesłać do Komitetu Organizacyjnego, który je oceni i przyzna punkty. Osoby, które uzyskają minimum 10 punktów otrzymają dyplom i specjalną odznakę „Złoty Kwant”. Każda edycja miała nieco inny dyplom i nieco inną odznakę (fot. 1 i 2). Uczestnicy, którzy uzyskali największą liczbę punktów byli zapraszani do Warszawy. W czasie dwudniowego pobytu uczestnicy przed komisjami, które tworzą doktoranci Studium Doktoranckiego, „bronią” swoich prac, tzn. odpowiadają na pytania specjalnie przygotowane dla nich, związane z ich pracą. Doświadczenia trzeba na oczach komisji wykonać i zinterpretować. Ta część już nie jest prosta. Tym sposobem są wyłaniany laureaci. Tytuł laureata przyznajemy osobom, które uplasowały się na miejscach od pierwszego do szóstego.

Po części silnie stresującej jest część przyjemniejsza. Proponujemy zwiedzanie pracowni naukowych naszego wydziału, spotkania z pracownikami oraz zwiedzanie Warszawy.

We wrześniu każdego roku Wydział Fizyki współtworzy Festiwal Nauki. Jedną z imprez festiwalu jest wystawa najciekawszych plakatów, projektów znaczków, rysunków i fotografii przysłanych na konkurs. Wystawa jest ostatnim wydarzeniem konkursu.



Fot. 1.



Fot. 2.

## 2. Kategorie konkursu

Kategorii jest sześć: Pisanie o fizyce, Doświadczenia, Fizyka i Sztuka, Fizyka i Fotografia, Nauczanie Fizyki oraz udział w innych konkursach. Nie trzeba brać udziału we wszystkich kategoriach, ale można, wtedy zdobywa się więcej punktów. Chyba najciekawsze są dwie kategorie: Nauczanie Fizyki i wywiady z fizykami, które są częścią kategorii Pisanie o fizyce. W pierwszej z nich należy wymyślić historijkę na tematy fizyczne lub zabawę dla dzieci, która przybliży im dowolne zagadnienie fizyczne. Jeśli taką zabawę przeprowadzi się w przedszkolu lub szkole podstawowej, to dostaje się za to dodatkowe punkty. Z praktyki minionych edycji wynika, że kategoria ta wcale nie jest łatwa, ale sprawia ogromną satysfakcję tym, którzy podjęli się wejść w rolę pedagogów rozwrzeszczanej przedszkolnej gromady i poskramiać ją pokazując na przykład elektryzowanie ciał czy rozszerzalność termiczną. Inną ciekawą konkurencją są wywiady z fizykami. Wywiad może być przeprowadzony osobiście lub przez internet. Może być zarówno z nauczycielem fizyki, jak i z laureatem Nagrody Nobla. Po pierwsze potrzebny jest kontakt, po drugie trzeba ułożyć dobre pytania związane z pracą naukową, po trzecie trzeba wywiad przeprowadzić, opracować i przesłać jako pracę konkursową. Jeśli opublikuje się go w lokalnej prasie, to dostanie się dodatkowe punkty. Wydaje się, że ta konkurencja jest dużym wyzwaniem, uczy samodzielności, zaradności, samodzielnego zdobywania informacji. Uczonymi, którzy chcieli rozmawiać z uczniami byli między innymi: prof. J. Steiberger, prof. F. Wilczek, prof. B. Paczyński, prof. K. Chałasińska-Macukow, prof. M. Kicińska-Habior, prof. H. Szydłowski.

## 3. Nagrody

Nagrody są fundowane dla finalistów i ich nauczycieli (fot. 3). Już udział w finale można traktować jako część nagrody, ponieważ koszt pobytu w Warszawie jest pokrywany przez organizatorów. Dwudniowy finał rozpoczyna się zrobieniem wspólnej fotografii. Jest ona wykorzystana do kalendarza na następny rok szkolny, który otrzymują wszyscy uczestnicy finału. Ponadto każdy uczestnik dostaje książkę o tematyce fizycznej i coś jeszcze – pendrive, pryzmat rozszczepiający światło itp. Nagradzamy najciekawsze doświadczenia, najlepsze plakaty, najdowcipniejsze limeryki, najbardziej interesujące wywiady z uczonymi, najpiękniejsze fotografie. Nagrody książkowe to albumy i encyklopedie. Dla laureatów od czwartego do szóstego miejsca mamy sprzęt elektroniczny. Na przykład w roku 2012 były to aparaty fotograficzne, w 2013 – e-readery. Sukces uczniów nie byłby możliwy, gdyby nie ich nauczyciele. Ci, których uczniowie uzyskali tytuł laureata, otrzymują od nas również sprzęt elektroniczny. W 2012 roku były to tablety, w 2013 aparaty fotograficzne. Staramy się wzbogacić pracownie fizyczne szkół, które biorą udział w konkursie. Dzięki Oddziałowi Warszawskiemu PTF w 2013 roku dwanaście szkół otrzymało mikroskopy z kamerami do projekcji. W 2012 roku wszystkie szkoły,

których uczniowie byli finalistami, otrzymały plakaty edukacyjne prezentujące najnowsze kierunki badań w fizyce oraz płytki DVD z nagranyymi najciekawszymi doświadczeniami. 20 szkół, których uczniowie byli laureatami więcej niż trzykrotnie, otrzymało pirometry. Podałam przykłady przyrządów fizycznych, które otrzymują szkoły. Patrząc wstecz mogę powiedzieć, że udział w konkursie w istotny sposób przyczynił się do wzbogacenia pracowni fizycznych.



Fot. 3. Stół z nagrodami

Główną nagrodą w każdej edycji jest wycieczka samolotem do ośrodka fizyki współczesnej dla sześciu laureatów – zdobywców pierwszego, drugiego i trzeciego miejsca w dwóch grupach wiekowych. Od 2013 roku, decyzją Senatu Uniwersytetu Warszawskiego, laureaci w grupie szkół ponadgimnazjalnych otrzymują indeksy na Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

#### 4. Wycieczki edukacyjne

Każda z siedmiu podróży była inna, bo tworzył ją inny zespół wyjątkowych indywidualności oraz każda była wycieczką do innego miejsca. Były to: Instytut Badania Ciężkich Jonów w Darmstadt, Instytut Silnych Pól Magnetycznych oraz Synchrontron w Grenoble, CERN w Genewie, Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych w Dubnej pod Moskwą oraz Elektrownia Jądrowa w Leibstadt w Szwajcarii. Wspólne było to, że na lotnisku w Warszawie w chwili powrotu rodzice odbierali swoje dzieci te same, ale nie takie same. Każda podróż przyczynia się do rozwoju człowieka, ale te podróże były wyjątkowo intensywne. Miały bardzo bogaty program naukowy i bardzo ciekawy program turystyczny. Zawsze podróż wiązała się z poznaniem interesujących ludzi. Pierwszą grupę stanowili uczestnicy wycieczki – laureaci – osoby wybitnie uzdolnione. Kolejną byli pracownicy instytutów, którzy nas przyjmowali. Na przykład niezapomniane było spotkanie w CERNie z laureatem Nagrody Nobla z 1988 roku Jackiem

Steinbergerem<sup>1</sup> (fot. 4). Uczestniczka konkursu Karolina Wlach w ramach prac konkursowych przeprowadziła z profesorem wywiad. Gdy została laureatką, pochwaliła się tym drogą elektroniczną profesorowi Steibergerowi, a pan profesor wyraził chęć spotkania się z nami w CERNie, gdzie ma swoje biuro. Spotkanie odbyło się przy „naszym” okrągłym stole na zewnątrz kafeterii. Profesor odpowiadał na pytania. Mówił o konieczności ekologicznego pozyskiwania energii i ekologicznego korzystania z techniki, o wręczeniu w Sztokholmie Nagrody Nobla. Z wypowiedzi Profesora wynikało, że nie jest zwolennikiem nagród za osiągnięcia naukowe, ponieważ na sukces, w szczególności w dziedzinie wysokich energii, składa się wiele czynników. Nigdy nie jest on zasługą jednego człowieka. Niebagatelną rolę odgrywają pieniądze na badania, tym bardziej, że w tej dziedzinie są one wyjątkowo drogie.



Fot. 4. W CERNie z prof. J. Steinbergerem

W Rosji niezapomniane było spotkanie z kapłanem cmentarza 7000 Polaków w Miednoje zamordowanych w 1941 roku z rozkazu władzy radzieckiej. Cmentarz podobny do tego w Katyniu. Mieliśmy możliwość złożenia kwiatów i modlitwy za zmarłych (fot. 5) oraz rozmowy o tych, co zginęli i o tych, którzy obecnie mieszkają w Dubnej, Twerze, Moskwie i są Polakami.



Fot. 5. Cmentarz w Miednoje

<sup>1</sup> Redakcja poleca wywiad z Jackiem Steinbergerem przeprowadzony przez Z.G-M, *Foton* 66/wiosna 2000, s. 30.

W czasie pobytu w Szwajcarii laureaci odwiedzili dom, w którym mieszkał Albert Einstein. Pokoje urządzone są w taki sposób, jak były za czasów, gdy mieszkał w nich Mistrz. Czuliśmy się w nich „jak u siebie”. Z ostatniej podróży są dwa wspomnienia zilustrowane na fotografiach 6 i 7. Elektrownię jądrową mogliśmy zwiedzić w czasie jej pracy, w strefach, w których oczywiście nie ma promieniowania. W czasie spaceru po najświetniejszej i najbogatszej ulicy Zurychu – Bahnhofstrasse – przed sklepem jubilerskim zobaczyliśmy ogromny samodek złota, a na nim napis „mniejsze egzemplarze mamy na I piętrze”.

Zapraszam do wzięcia udziału w konkursie.



Fot. 6. Po zwiedzeniu elektrowni jądrowej w Leibstadt



Fot. 7. Po mniejsze egzemplarze nie poszliśmy na I piętro...

Tabela 1. Liczba uczestników Konkursu Fizycznego „Poszukiwanie Talentów”

Edycja	Liczba uczestników	Wycieczka edukacyjna
2005	512	Symposium Młodych Ambasadorów Fizyki na Tajwanie
2006	460	Darmstadt, Instytut Badania Ciężkich Jonów
2007	312	Grenoble, Instytut Silnych Pól Magnetycznych i Synchrontron
2008	286	CERN – Genewa
2011	374	Dubna, Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych
2012	351	Dubna
2013	331	Leibstadt. Elektrownia Atomowa





## **Turniej Młodych Fizyków 2013 oraz XXVI Międzynarodowy Turniej Młodych Fizyków**

*Andrzej Nadolny*

W Turnieju Młodych Fizyków 2013 wzięło udział 25 drużyn z 16 miejscowości: Bielska-Białej, Gdyni, Katowic, Krakowa, Legnicy, Łodzi, Międzyrzecza, Piły, Poznania, Rabki-Zdroju, Słupska, Tarnowa, Warszawy, Włocławka, Wrocławia i Zabrze.

W I etapie drużyny pracowały nad problemami wybranymi przez siebie z zestawu siedemnastu problemów turniejowych, który na początku roku szkolnego został opublikowany na (nowej) stronie internetowej Turnieju <http://tmf.org.pl>, a także w 119 numerze *Fotonu*.

Na podstawie oceny nadesłanych prac zostały wybrane drużyny do uczestnictwa w zawodach II etapu, czyli półfinałowych. Odbły się one 9 marca w Warszawie z udziałem drużyn z Gdyni, Łodzi, Słupska, Warszawy i Wrocławia oraz 14 marca w Śląskim Międzyuczelnianym Centrum Edukacji i Badań Interdyscyplinarnych w Chorzowie z udziałem drużyn z Katowic, Międzyrzecza, Rabki-Zdroju i Tarnowa.

W trakcie zawodów wzorowanych na konferencji naukowej drużyny przedstawiały rezultaty własnych prac w postaci prezentacji komputerowych (PowerPoint), prowadziły dyskusje z oponentami, starającymi się znaleźć słabe punkty, same również występowały w roli oponentów oraz recenzentów działań innych drużyn.

Drużyny, które zajęły najwyższe miejsca w zawodach półfinałowych, wzięły następnie udział w zawodach finałowych rozegranych 26 maja w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Reprezentowały one:

- III Liceum Ogólnokształcące im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni,
- Grupę Twórczą „Quark” z Pałacu Młodzieży w Katowicach,
- I Liceum Ogólnokształcące im. Eugeniusza Romera w Rabce-Zdroju,
- XIV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica w Warszawie.

Wystąpienia finałowe, w przeciwieństwie do zawodów półfinałowych, były prowadzone w języku angielskim. Oceniało je jury pod przewodnictwem prof. dr hab. Andrzeja Ślebarskiego z Uniwersytetu Śląskiego, delegowanego przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Fizycznego. W jury uczestniczyli pracownicy naukowcy Instytutu Fizyki PAN, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu Śląskiego, Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz Centrum Nauki Kopernik.

Pierwsze miejsce w zawodach finałowych, a tym samym w Turnieju, zajęła drużyna XIV Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Warsza-

wie. Drugie miejsce przypadło drużynie Grupy Twórczej „Quark” z Pałacu Młodzieży w Katowicach. Wobec znaczącej różnicy wyników uzyskanych przez pierwsze dwie drużyny do reprezentowania Polski w XXVI Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków (MTMF) powołano drużynę – zdobywcę pierwszego miejsca.

XXVI MTMF odbył się w Tajpej na Tajwanie w dniach 23–31 lipca 2013 r. Uczestniczyły w nim drużyny z 26 krajów. Po pięciu potyczkach selekcyjnych z udziałem wszystkich drużyn trzy najlepsze zaprezentowały się w finale. Były to drużyny Korei Płd., Singapuru i Szwajcarii. Zostały one nagrodzone dyplomami pierwszego miejsca i złotymi medalami. Najlepsi w finale singapurczycy otrzymali dodatkowo puchar zwycięzcy. Zgodnie z regulaminem MTMF pięć najlepszych drużyn, które nie weszły do finału otrzymuje dyplomy drugiego miejsca i srebrne medale. Polska drużyna znalazła się na czele tej grupy. Poza nią srebrne medale zdobyły drużyny Słowacji, Nowej Zelandii, Brazylii i Austrii. Dyplomy trzeciego miejsca i brązowe medale przypadły w udziale drużynom Niemiec, Chin, Szwecji, Bułgarii oraz Tajwanu.

Należy podkreślić duży sukces polskiej drużyny, tym cenniejszy, że w ostatnich latach poziom Międzynarodowego Turnieju wyraźnie wzrósł. Godny zastanowienia jest fenomen Korei, która po raz piąty z rzędu znalazła się w finale MTMF. Uczestnicy koreańskich drużyn to przede wszystkim uczniowie ekskluzywnych szkół prywatnych nastawionych na kształcenie szczególnie uzdolnionej młodzieży, bądź też podobnych szkół przy uniwersytetach.

Gościem MTMF był Douglas Osheroff, który bardzo ciekawie opowiadał o odkryciu nadciężkości helu 3, za które otrzymał Nagrodę Nobla w 1996 roku. Organizatorzy przygotowali dla uczestników Turnieju wiele atrakcji. Można było się np. wybrać do Centrum Badawczego Promieniowania Synchrotronowego lub muzeum poświęconego tajwańskiemu przemysłowi *high-tech* na terenie „tajwańskiej doliny krzemowej”. Zorganizowano też bardzo interesującą wycieczkę krajoznawczą.

Po zakończonym Turnieju w dniach 31 lipca–2 sierpnia w Hualien odbyły się narady Międzynarodowego Komitetu Organizacyjnego MTMF. Organizatorzy następnych MTMF to Wielka Brytania (2014) oraz Tajlandia (2015). Organizujące MTMF w kolejnych latach to Rosja (2016) oraz Singapur (2017).

Szczegółowe informacje o XXVI Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków są dostępne na stronie <http://iypt.tw>.

Turniej Młodych Fizyków 2013 był sponsorowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Fundację BRE Banku, Narodowe Centrum Badań Jądrowych oraz mocno wspierany przez Instytut Fizyki PAN. Wydawnictwo „Nowa Era” ufundowało upominki dla uczestników.

Więcej informacji na temat Turnieju, w tym aktualnej jego edycji TFMF 2014, można znaleźć na stronie internetowej <http://tmf.org.pl>.



## Problemy Turnieju Młodych Fizyków 2014

Andrzej Nadolny

*Gdy wrzucasz kamyki do wody, obserwuj powstające fale;  
Inaczej rzucanie kamyków będzie próżną rozrywką.  
Kozma Prutkow*

### 1. Wymyśl sam

Wiadomo, że niektóre obwody elektryczne wykazują zachowanie chaotyczne. Zbuduj prosty układ o takiej właściwości i zbadaj jego zachowanie.

### 2. Hologram

Panuje opinia, że hologram może powstać przez zarysowanie kawałka plastiku. Wykonaj taki „hologram” dla napisu „IYPT” i zbadaj, jak on działa.

### 3. Skręcona lina

Przytrzymując linę skręcaj jeden z jej końców. W pewnym miejscu lina uformuje się w spiralę lub pętlę. Zbadaj i wyjaśnij to zjawisko.

### 4. Dźwięk kul

Gdy dwie kule z twardego materiału, np. stali, są z sobą delikatnie stykane, zdarza się słyszeć niezwykle dźwięk podobny do ćwierkania. Zbadaj i wyjaśnij naturę tego dźwięku.

### 5. Obciążona obręcz

Przymocuj mały ciężarek do wewnętrznej strony obręczy i pchnięciem wprowadź ją w ruch toczący. Zbadaj ruch obręczy.

### 6. Bąbelkowy kryształ

Duża liczba bardzo małych, podobnej wielkości bąbelków powietrza, pływa na powierzchni mydlanej cieczy. Bąbelki same układają się w regularną strukturę podobną do sieci krystalicznej. Zaproponuj metodę wytwarzania bąbelków zbliżonej wielkości i zbadaj formowanie się takiego bąbelkowego kryształu.

### 7. Chłodziarka typu „garnek w garnku”

Chłodziarka „garnek w garnku” jest urządzeniem, które utrzymuje żywność w niskiej temperaturze dzięki chłodzeniu przez parowanie. Składa się ono z naczynia umieszczonego w większym naczyniu z przestrzenią między nimi wypełnioną wilgotną substancją porowatą lub granulowaną, jak np. piasek. W jaki sposób można uzyskać najlepszy efekt chłodzenia?

### 8. Zamrażanie kropeł

Umieść kroplę wody na płytce ochłodzonej do około  $-20^{\circ}\text{C}$ . Podczas zamrażania kropla może przybrać kształt zbliżony do stożka z ostrym wierzchołkiem. Zbadaj to zjawisko.

### **9. Bomby wodne**

Uczestnikom bitew na balony wodne nie udają się pewne rzuty, gdyż zamiast pęknąć balony odbijają się z powrotem. Zbadaj ruch, odkształcenie oraz odbicie balona wypełnionego cieczą. Przy spełnieniu jakich warunków balon pęka?

### **10. Współczynnik dyfuzji**

Za pomocą mikroskopu obserwuj ruchy Browna wykonywane przez cząsteczkę o rozmiarach rzędu mikrometra. Zbadaj, jak współczynnik dyfuzji zależy od rozmiarów i kształtu cząsteczki.

### **11. Elektrownia na świeczkę**

Zaprojektuj urządzenie przetwarzające ciepło płomienia świecy na energię elektryczną. Zbadaj, jaki wpływ na sprawność urządzenia mają jego poszczególne cechy.

### **12. Zimny balonik**

Podczas gdy z napompowanego gumowego balonika ucieka powietrze, jego powierzchnia staje się w dotyku chłodniejsza. Zbadaj parametry mające wpływ na to chłodzenie. Jak temperatura różnych części balonika zależy od istotnych parametrów.

### **13. Wirujące siodło**

Na środku wirującego siodła (powierzchni siodłowej) umieszczono piłkę. Zbadaj dynamikę ruchu piłki i wyjaśnij warunki, w jakich piłka nie spada z siodła.

### **14. Gumowy silnik**

W skręconej taśmie gumowej zgromadzona jest energia, która może być wykorzystana np. do napędu modelu latającego. Zbadaj, jakie są właściwości takiego źródła energii – silnika oraz jak w czasie zmienia się oddawana przez niego moc.

### **15. Olejowe gwiazdy**

Jeśli grubą warstwę lepkiej cieczy (np. oleju silikonowego) umieści się w okrągłym pojemniku i podda ją pionowym drganiom, będzie można zaobserwować symetryczne wzory fal stojących. Ile osi symetrii występuje w uzyskiwanych wzorach? Zbadaj i wyjaśnij kształt oraz zachowanie tych wzorów.

### **16. Magnetyczne hamowanie**

Podczas spadania silnego magnesu w metalowej, nieferromagnetycznej rurze występują siły hamujące jego ruch. Zbadaj to zjawisko.

### **17. Czekoladowa histereza**

W temperaturze pokojowej czekolada sprawia wrażenie ciała stałego, ale podgrzana do temperatury ludzkiego ciała ulega stopieniu. Jeśli ponownie ochłodzi się czekoladę do temperatury pokojowej, często pozostaje ona płynna również w temperaturze pokojowej. Zbadaj przedział temperatury, w którym czekolada może występować zarówno w stanie stopionym, jak i „stałym” oraz jego zależność od istotnych parametrów.



## Refleksje pojazdowe

*Edward Rydygier*

W dniach 8–13 września 2013 roku w Poznaniu odbył się 42. Zjazd Fizyków Polskich. Jego organizatorami było Polskie Towarzystwo Fizyczne i Instytut Fizyki Molekularnej PAN. Dotychczas stolica Wielkopolski gościła fizyków pięciokrotnie. Ostatni raz było to 22 lata temu. Wówczas fizyków zaprosił Uniwersytet Adam Mickiewicza, w tym roku fizycy gościli w kampusie Politechniki Poznańskiej przy ulicy Piotrowo, a obradowali w nowoczesnym Centrum Wykładowo-Konferencyjnym położonym na prawym brzegu. Zjazd stał się okazją do promowania młodych naukowców. Dla prezentacji prac młodych fizyków przeznaczono aż dwie sesje nazwane Sesjami Młodych. Z uwagi na trudną sytuację nauczycieli fizyki, organizatorzy wykazali szczególną inicjatywę w zachęceniu nauczycieli do udziału w Zjeździe obniżając dla nich znacznie opłatę konferencyjną. Nauczyciele obradowali na specjalnej dwuczęściowej sesji zatytułowanej „Nauczanie i popularyzacja fizyki”, a także swoje referaty zaprezentowali w formie plakatów na Sesji Posterowej. Nauczyciele zostali też laureatami nagród PTF dla wyróżniających się nauczycieli. Nagrodę I stopnia im. Grzegorza Białkowskiego i Medal im. Grzegorza Białkowskiego przyznano dr. Jerzemu Brojanowi z Centralnej Komisji Egzaminacyjnej, Nagrodę II stopnia odebrała dr Anna Kaczorowska z XIX Liceum Ogólnokształcącego w Warszawie, a Nagrodę III stopnia (*ex aequo*) odebrali mgr Jarosław Stańko z Zespołu Szkół Ogólnokształcących w Wolsztynie oraz mgr Włodzimierz Zielicz z XIV Liceum Ogólnokształcącego im. S. Staszica w Warszawie. Poza tym zostali wyróżnieni następujący nauczyciele: mgr Joanna Ciesielska z VIII Liceum Ogólnokształcącego im. Króla Kazimierza Wielkiego w Białymstoku, mgr Krzysztof Gołębiowski z I Liceum Ogólnokształcącego w Toruniu i Toruńskiego Ośrodka Doradztwa Metodycznego i Doskonalenia Nauczycieli w Toruniu, mgr Wojciech Olszewski z Gimnazjum nr 21 i Zespołu Szkół Ogólnokształcących i Technicznych nr 13 w Toruniu, mgr Grzegorz Żakowicz z VII i XIII Liceum Ogólnokształcącego we Wrocławiu.

Sesja nauczycielska pt. „Nauczanie i popularyzacja fizyki” została przeprowadzona w trzecim dniu obrad. W części pierwszej zgrupowano referaty poświęcone dydaktyce fizyki, a w drugiej referaty na tematy ogólniejsze, dotyczące konkursów i olimpiad fizycznych. W części pierwszej, prowadzonej przez prof. Wojciecha Nawrocika, referat pt. „Co uniwersytety mogą zaoferować uczniom i nauczycielom?” wygłosił Jerzy Jarosz z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, jednocześnie współkoordynator sesji. Referent zwrócił uwagę na to, że obecna sytuacja w szkolnictwie wymaga od nauczyciela

nie tylko znakomitych kwalifikacji pedagogicznych i merytorycznych, ale także podejmowania wielu działań budujących rangę i znaczenie przedmiotu w społeczności szkolnej oraz w środowiskach pozaszkolnych. Konieczne jest wykorzystanie potencjału innych podmiotów działających w obszarze nauki i edukacji. Partnerem nauczyciela mogą stać się jednostki dydaktyczne uniwersytetów i wydziałów fizyki zainteresowane popularyzacją nauki i podnoszeniem poziomu wiedzy swoich przyszłych studentów. Następnie referat pt. „Prawda i mity o zainteresowaniach uczniów fizyką” przedstawił Władysław Błasiak z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, W. Błasiak zaprezentował wyniki badań nad zainteresowaniem fizyką polskich uczniów. Wyniki te wykazały niską korelację pomiędzy deklarowanym zainteresowaniem uczniów fizyką a ich osiągnięciami szkolnymi z zakresu fizyki. Analiza wykresów ilustrujących deklaracje uczniów na temat ich zainteresowania fizyką, chęci zostania przyrodnikiem oraz przydatności fizyki dla społeczeństwa wykazały, że uczniowie nie chcą być przyrodnikami. Autor zaproponował jako drogi wyjścia z kryzysu w nauczaniu fizyki: „reanimowanie” dydaktyki fizyki, znalezienie koncepcji nauczania, a także polepszenie jakości kształcenia nauczycieli. Następnie dr Józefina Turło z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, działaczka Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, zaprezentowała referat pt. „Integracja nauczycieli przedmiotów przyrodniczych”. Referentka zaproponowała, jako środek na pokonanie kryzysu nauczania fizyki, integrację działań dydaktycznych nauczycieli fizyki, chemii, biologii, geografii i przyrody. Integracja działań pedagogicznych jest głównym celem Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych powstałego w 1993 roku z siedzibą w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu. W odniesieniu do reformy systemu edukacji nowymi priorytetami działalności Stowarzyszenia są: korelacja międzyprzedmiotowa w celu podniesienia efektywności nauczania, pomoc nauczycielom w poszerzaniu ich wiedzy w zakresie przedmiotów innych niż nauczane oraz w realizacji krajowych i międzynarodowych interdyscyplinarnych projektów przyrodniczych. Na koniec pierwszej części sesji dr Zofia Gołąb-Meyer z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego i redaktor naczelna *Fotonu* i *Neutrina* wygłosiła referat pt. „Czy w czasach Internetu potrzebne są czasopisma dla uczniów i nauczycieli? Popularyzacja – między poprawnością, a zrozumiałością.” W drugiej części sesji mającej charakter sprawozdawczy (pod przewodnictwem dr Jerzego Jarosza i dr Anety Mikki) referaty wygłosili: Anna Kaczorowska z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i z XIX Liceum Ogólnokształcącego w Warszawie, laureatka Nagrody PTF II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli (referat pt. „Ogólnopolski Konkurs Fizyczny: Poszukiwanie Talentów”), Krzysztof Grygiel z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu i prezes Komitetu Okręgowego Olimpiady Fizycznej w Poznaniu (referat pt. „Ogólnopolska Olimpiada Fizyczna”), Anna Dziama z Działu Edukacji i Komunikacji Naukowej Centrum Nauki Ko-

pernik w Warszawie (referat pt. „Rola centrów nauki w edukacji”) oraz Wojciech Nawrocik z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu (referat pt. „Ogólnopolskie i europejskie festiwale Science on Stage”).

Niestety, zabrakło czasu na dyskutowanie nad każdym referatem, ale swoiste podsumowanie referatów przedmówców przedstawiła pani dr Zofia Gołąb-Meyer w części wstępnej swojego wystąpienia poświęconego zasadności dalszego wydawania czasopism dla nauczycieli. Pani Gołąb-Meyer jako długoletnia przewodnicząca Sekcji Nauczycielskiej PTF oceniła negatywnie aktualną sytuację nauczycieli i nauczania fizyki w kontekście przemian ustrojowych i realizacji reformy systemu edukacji. Według niej nauczanie było dużo lepsze 25 lat temu. Jakkolwiek dawniej propagowanie hasła powszechnej edukacji w realizacji okazało się dzieleniem na edukację elitarną i „dla plebsu”, to jednak obecnie, mimo propagowania hasła egalitarności kształcenia, obserwuje się znów powrót do elitarniej edukacji, bo szkoła nie stwarza warunków dla kształcenia wszystkich uczniów na wysokim poziomie z powodu braku czasu i skąpych funduszy. Dlatego chwalebne pomysły przedmówców na usprawnienie nauczania i podniesienie jego jakości, jak np. nauczanie „w kontekście”, dr Gołąb-Meyer uznała za postulaty, a nie za realne rozwiązania. W ogóle należy się zastanowić, czy warto opracowywać nowe metody nauczania albo sposoby popularyzacji wiedzy i wydawać dalej czasopisma dla nauczycieli fizyki skoro „fizyka zniknęła ze szkoły”. Pani dr Gołąb-Meyer już nie chciała dociekać, dlaczego tak się stało, jednak sugerowała brak zdecydowanych działań zaradczych ze strony Polskiego Towarzystwa Fizycznego. „Znikaniu fizyki” towarzyszą masowe zwolnienia nauczycieli. Przyczynę zwolnień, zresztą nie tylko nauczycieli fizyki, oprócz redukcji treści programów nauczania spowodowanej realizacją reformy edukacji, stanowi także niż demograficzny. A przecież niż mógłby być znakomitą okazją do zmniejszenia liczebności klas, do podziału na grupy, do reaktywacji kółek fizycznych czy do zindywidualizowanego nauczania. Ponieważ uczniowie rozwijają się w różnym tempie i mają rozmaite zdolności, trzeba nad każdym uczniem pracować indywidualnie, aby rozbudzić jego zainteresowanie. Uczniów zdolnych trzeba wyłuskać z większości, która nie ma większych ambicji i chce tylko w spokoju ukończyć szkołę. A tych zdolnych trzeba przekonać do ciężkiej pracy samodzielnej. Takiej pracy nauczyciela z uczniem nie zastąpi opowiadanie historii o początku Wszechświata czy o roli nanotechnologii w „produkcji kosmetyków”.

Uzupełnieniem referatów przedstawionych podczas Sesji „Nauczanie i popularyzacja fizyki” były referaty zaprezentowane w formie plakatów podczas Sesji Posterowej, która odbyła się w drugim dniu Zjazdu. Dużym zainteresowaniem cieszył się referat Marcina Brauna pt. „Doświadczenia obowiązkowe z przedmiotami codziennego użytku”. Autor referatu wyszedł naprzeciw trudnościom z posiadaniem w szkole odpowiednich przyrządów do wykonywania doświadczeń. Autor plakatu wykazał, że przyrządy te można zastąpić urządzeniami

codziennego użytku, takimi jak telefon komórkowy, waga, strzykawka czy tani termometr. Marcin Braun jest współautorem podręcznika pt. „Zrozumieć fizykę” – została już wydana część 1 podręcznika, a część 2 i 3 są w przygotowaniu. Unikatowy projekt edukacyjny na wykorzystanie szkolnej wiedzy zdobytej na lekcjach matematyki i przyrody integrujący elementy nauczania fizyki, chemii, biologii i geografii przedstawiły Anna Marcinkowska-Gapińska z Uniwersytetu Medycznego im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu i Maria Rut-Marcinkowska ze Szkoły Podstawowej im. T. Halika w Górznej (referat pt. „Szkoła tonąca w pelargoniiach”). Projekt adresowany do uczniów klas I–VI i IV–VI polegał na hodowaniu przez uczniów pelargonii ozdobnej, zwanej pelargonią pasiastą. Podczas obserwowania cyklu wegetacyjnego pelargonii uczniowie spotykają się z elementami fizyki, np. badając temperaturę, oświetlenie, wilgotność, kolory i widzenie kolorów, poznają także mechanikę – w czasie instalowania doniczek i skrzynek na miejscach ekspozycji. Sprawą poważną wpływającą na polepszenie jakości edukacji jest możliwość uzyskiwania doktoratów z dydaktyki fizyki. Propagowaniu idei doktoratów z dydaktyki podjął się dr G. Karwasz z Zakładu Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (referat pt. „Doktoraty dla nauczycieli”). Wobec funkcjonowania coraz większej liczby stałych centrów dydaktyki interaktywnej, wystaw, festiwali i muzeów nauki wzrasta zapotrzebowanie na innowacyjne formy dydaktyki, nie tylko zresztą fizyki. A tymczasem doktorów w zakresie dydaktyki fizyki jest w Polsce bardzo mało. Co więcej, pokutuje mit, że dydaktyka fizyki nie jest dyscypliną naukową, a tymczasem w amerykańskiej klasyfikacji nauk fizycznych PACS dydaktyka jest jedną z dziedzin fizyki ogólnej. Autor referatu wyszczególnił osiągnięcia doktorów z dydaktyki fizyki, którzy obronili rozprawy doktorskie na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, a mianowicie: publikacja multimedialna „Fizyka i zabawki”, zestawy doświadczalne do elektromagnetyzmu, podręcznik do gimnazjum, podręcznik do szkół ponadgimnazjalnych w zakresie fizyki współczesnej oraz interdyscyplinarne ścieżki dydaktyczne czy też najnowsze prace obejmujące wideo-lekcje z fizyki współczesnej. Doktoraty z dydaktyki są zachętą do rozwoju zawodowego dla aktywnych i ambitnych nauczycieli. Sprawę potrzeby doktoratów z dydaktyki poruszano także podczas dyskusji podsumowującej Zjazd w dniu 13 października. Koordynatorzy Sekcji „Nauczanie i popularyzacja fizyki” wystąpili do uczestników Zjazdu o zaakceptowanie apelu o wzmocnienie rangi doktoratu z dydaktyki fizyki i jego upowszechnienie. Tematykę społecznych kosztów reformy edukacji fizyki i szerzącego się analfabetyzmu fizycznego z poprzednich zjazdów kontynuowali aktywiści Sekcji Nauczycielskiej PTF, Edward Pietras i Edward Rydygier, doświadczeni nauczyciele fizyki z warszawskich szkół. Przedstawili oni referat pt. „Reforma edukacji a społeczny odbiór fizyki”, w którym dociekali przyczyn niskiego poziomu pozyskiwania wiedzy z zakresu nauk przyrodniczych przez polskie społeczeństwo ujawnionych przez sondaż przeprowadzony dla hiszpań-



skiej fundacji BBVA w 10 krajach Europy i w USA. Sondaż ten wykazał, że tylko co drugi Polak wie, że pierwsi ludzie nie żyli w epoce dinozaurów, a ponad połowa wierzy, że atomy są mniejsze od elektronów. Według autorów referatu przyczynami tego stanu jest nie tylko reforma systemu edukacji ograniczająca programy nauki przedmiotów przyrodniczych, ale także głębsze zmiany kulturowe w otoczeniu pozaszkolnym polegające na tym, że ignorant w zakresie wiedzy naukowej nie jest postrzegany obecnie jako ktoś ułomny o ograniczonej inteligencji. W poruszonych zagadnieniach referat nawiązywał do problemów nauczania fizyki we współczesnym świecie omówionych w referatach Władysława Błasiaka i Józefiny Turło przedstawionych podczas Sesji „Nauczanie i popularyzacja fizyki”.

Z istotnych dla środowiska nauczycielskiego spraw poruszonych na Zjeździe należy wspomnieć o upomnieniu się delegatów na Zebraniu Delegatów zorganizowanym w drugim dniu obrad o wyegzekwowanie realizacji petycji do Ministra Edukacji Narodowej wystosowanej przez delegatów w czasie 40. Zjazdu Fizyków w Krakowie w 2009 roku. Delegat z Krakowskiego Oddziału PTF dr Łukasz Stępień z Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie zapytał obecnego Przewodniczącego PTF o reakcję na odpowiedź Ministerstwa na tamtą petycję. Przypomniał, że odpowiedź została przygotowana przez panią Krystynę Szumilas, ówczesną sekretarz stanu, a obecną Minister Edukacji. Odpowiedź ta nie zadowoliła środowiska nauczycielskiego. Oba dokumenty są dostępne w Internecie. Petycja Delegatów na 40. Zjazd Fizyków wyrażała sprzeciw wobec redukcji treści fizycznych w programach gimnazjalnych na rzecz propagowania pseudonauki. Od tamtego czasu programy szkolne jeszcze bardziej zostały okrojone z treści fizycznych, lecz władze Polskiego Towarzystwa Fizycznego nie zareagowały na te zmiany. Postulat dopilnowania realizacji petycji z 40. Zjazdu znalazł uznanie wśród delegatów, którzy zaproponowali wystąpienie do Ministra Edukacji o przeprowadzenie ogólnopolskiego audytu nauczania fizyki w szkołach, gdyż według pedagogów z Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie w szkołach nie jest realizowane nauczanie fizyki, gdyż nauka reguł i rozwiązywanie zadań bez wykonywania doświadczeń nie jest pełnym nauczaniem przedmiotu. Tego typu audyt został już przeprowadzony odnośnie nauczania matematyki, ale nie o zasięgu ogólnopolskim.

Dla nauczycieli ciekawym wydarzeniem okazały się widowiskowe pokazy doświadczeń przeprowadzone w ostatnim dniu obrad. Na te pokazy przybyli uczniowie z toruńskich szkół pod opieką nauczycieli. Pokazy zademonstrował dr inż. Adam Buczek z Wydziału Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej, laureat Nagrody PTF i Medalu im. Krzysztofa Ernsta za popularyzację fizyki za rok 2013. Pokazy cieszyły się ogromnym zainteresowaniem zaproszonej młodzieży, ale także uczestników Zjazdu. Dr Buczek wykazał, że proste obiekty wirujące, jak np. różnego typu bąki czy tzw. „kamień celtycki” wykorzystywane jako zabawki wymagają jednak użycia skomplikowanego aparatu matema-

tycznego do opisanie ich ruchu. Inne spektakularne doświadczenia to „most wodny” między dwoma naczyniami napelnionymi wodą utrzymywany przy użyciu wysokich napięć, gigantyczne bańki mydlane, pierścieniowe struktury cieczy i gazów, a także eksperymenty ze zwierciadłami. Oprócz walorów dydaktycznych i popularyzatorskich została także przytoczona podbudowa teoretyczna przedstawianych układów, często wymagająca skomplikowanego opisu matematycznego.

W podsumowaniu Zjazdu prezes PTF prof. Wiesław Kamiński określił tegoroczny zjazd jako wielki sukces całego środowiska fizyków w Polsce, podziękował organizatorom z Oddziału Poznańskiego i zapowiedział, że następny 43. Zjazd zostanie przeprowadzony w Kielcach, a kolejny 44. w Zielonej Górze.

Autor jest fizykiem jądrowym z tytułem EurPhys, doktorem nauk technicznych, delegatem Oddziału Warszawskiego PTF na 42. ZFP w Poznaniu.



Uczestnicy 42. Zjazdu PTF



## XXIX Warsztaty Naukowe *Lato z Helem*

Małgorzata Trybuła

Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu

W tym roku organizowaliśmy XXIX Warsztaty Naukowe *Lato z Helem* w Odolanowie jako Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu, Zakład Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie wspierane przez PGNiG S.A., Komitet Fizyki. Warsztaty jak co roku były skierowane do młodzieży z całej Polski, która podczas wakacyjnych warsztatów miała możliwość samodzielnego poznania, wykonywania specjalistycznych badań oraz pozyskiwania wiedzy od najlepszych fizyków z całej Polski. W tym roku wiodącym tematem był „Węgiel i jego tajemnice”; od grafitu do diamentu. Dzięki tym spotkaniom młodzi ludzie odkrywają swoje pasje, zamiłowania, a nawet w wielu przypadkach powołanie do nauk ścisłych.

Tegoroczne warsztaty i V Wystawa Interaktywna, została przygotowana z uczniami Gimnazjum im. Jana Pawła II w Odolanowie w ramach Koła Naukowego.

### Tematy Warsztatów Naukowych „Węgiel i jego tajemnice”

- prof. dr hab. Franciszek Rozpłoch (Uniwersytet Mikołaja Kopernika Toruń) – *Nowe materiały węglowe – materiały XXI wieku*
- dr hab. Stanisław Duber (Uniwersytet Śląski) – *Węgiel – materiał znany, ale ciągle niepoznany*
- prof. dr hab. Zbigniew Trybuła (Instytut Fizyki Molekularnej PAN Poznań, Zakład Fizyki Niskich Temperatur Odolanów) – *Profesor Jan Stankowski badania węglowe*
- prof. IFM PAN dr hab. Wojciech Kempniński (Instytut Fizyki Molekularnej PAN Poznań, Zakład Fizyki Niskich Temperatur Odolanów) – *Węglowe materiały w badaniach Zakładu Fizyki Niskich Temperatur w Odolanowie*
- prof. dr hab. Jacek Machnikowski (Politechnika Wrocławska) – *Kształtowanie struktury, tekstury i właściwości materiałów węglowych*
- dr Mateusz Kempniński (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza) – *Węgiel – przewodnik czy izolator?*
- prof. dr hab. Antoni Wójcik (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza Poznań) – *Co wspólnego ma atom Bohra z gitarą?*
- prof. dr hab. Ryszard Naskręcki (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza Poznań) – *Seminaria uczestników*



## Wrażenia z III Letniej Szkoły Polskiego Oddziału EAAE

*Hanna Smolińska*

Pragnę się z państwem podzielić moimi wrażeniami po powrocie z Letniej Szkoły Polskiego Oddziału Europejskiego Stowarzyszenia Edukatorów Astronomii (EAAE – European Association for Astronomy Education), która odbyła się w dniach od 8 do 12 lipca 2013 roku w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym im. Kazimierza Kordylewskiego w Niepołomicach. Była to już trzecia Letnia Szkoła Polskiego Oddziału EAAE, która w tym roku zgromadziła 31 osób. Przyjechali pracownicy naukowcy uniwersytetów, nauczyciele, uczniowie liceum i gimnazjum z całej Polski. Dzięki Stowarzyszeniu „Galaktyka” w Niepołomicach otrzymaliśmy bezpłatnie do dyspozycji miejsca noclegowe, salę wykładową oraz pracownię komputerową.

Wykłady prowadzone były przez zawodowych astronomów, jak i zajęcia warsztatowe związane z pozyskiwaniem i opracowywaniem danych astronomicznych, a także z rachunkowymi metodami astronomii. Do dyspozycji uczestników Szkoły były zdalnie sterowane teleskopy na Wyspach Kanaryjskich, w Australii, na Hawajach i w Arizonie. Oczywiście prowadzono obserwacje na miejscu, poświęcając główną uwagę Słońcu.

Obejrzelśmy seans w Planetarium Niepołomice, byliśmy na jednodniowej wycieczce w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Pedagogicznego na Suhorze w Gorcach oraz na wykładzie (połączonym z pokazem) „Wahadło Foucaulta” w krakowskim kościele Św. Piotra i Pawła autorstwa pana dr Adama Michalca. Jeden z wieczorów poświęciliśmy na obejrzenie filmu „Einstein and Eddington” Philipa Martina. Organizatorzy: Ludwik Lehman i Grzegorz Sęk życzliwie odpowiadali na intrygujące nas pytania, nie tylko związane z astronomią. I to wszystko w pięć dni, trudno uwierzyć!!! Dla mnie szkoła była unikatem, spotkaniem ludzi związanych chęcią wzbogacenia wiedzy z dziedziny fizyki i astronomii. Zasługa organizatorów, ich pasji, jest ogromna. Myślę, że w imieniu uczestników śmiało mogę powiedzieć, że to było bardzo piękne i rozwijające spotkanie.

Wyjechaliśmy z nadzieją, że czas szybko mija i spotkamy się już za rok!!!





## CO CZYTAĆ

Na rynku ukazała się książka Franka Close'a *Zagadka nieskończoności. Kwantowa teoria pola na tropach porządku Wszechświata*, wydana przez Wydawnictwo Prószyński i S-ka (2013).

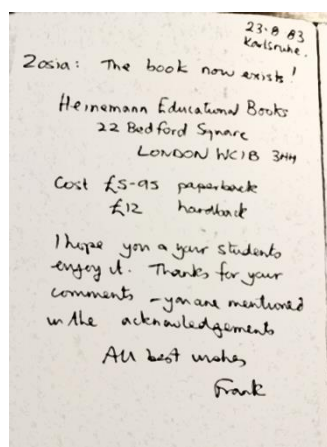
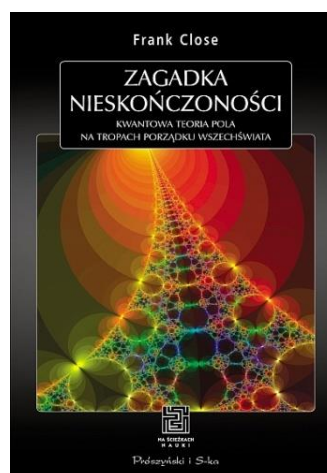
Frank Close jest wytrawnym popularyzatorem fizyki, umiejącym pisać w szczególności o najnowszych i karkołomnie trudnych do przedstawienia laikom wynikach naukowych. Dostajemy informacje z pierwszej ręki od osoby, która współtworzyła fizykę, można mieć do autora zaufanie, że pisze nie tylko jak on to zrozumiał czy wyobraził sobie.

Frank Close 25 lat temu napisał znaną już i polskim czytelnikom książkę *Kosmiczna cebula: kwarki i Wszechświat*. W roku 1983 „testował” tę książkę na uczestnikach „Przedszkola” przy Zakopiańskiej Szkole Fizyki Teoretycznej. Prezentował fragmenty, dyskutował z uczniami, licealistami z I LO w Krakowie. W podziękowaniu, parę miesięcy później, przysłał... okładkę angielskiego wydania z dedykacją.

*Zagadka nieskończoności*, dzieło poważniejsze, liczące ponad 500 stron opisuje historie zmagania Kwantowej Teorii Pola z nieskończonościami występującymi w tej teorii. Była to heroiczna walka z wieloma meandrami. Frank Close nie tylko tłumaczy czytelnikom, jak najprościej się da, „o co chodzi”, lecz również bardzo żywo opisuje proces tworzenia fizyki przez ludzi z krwi i kości, o rozmaitych temperamentach i ambicjach. W zasadzie książka jest przeznaczona dla fizyków i adeptów fizyki, lecz moim zdaniem może być bardzo interesująca dla czytelników, dla których proces tworzenia fizyki, teorii jest niedostępny i tajemniczy. Zachęcamy do lektury.

/Z.G-M/

PS: *Kosmiczna cebula* ciągle jest do nabycia np. przez internet.



*Analiza danych w naukach ścisłych i technice*, Andrzej Zięba, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013

Polecana przez Redakcję książka Andrzeja Zięby, profesora AGH, z pewnością znajdzie wdzięcznych czytelników wśród pracowników uczelni, studentów oraz nauczycieli.

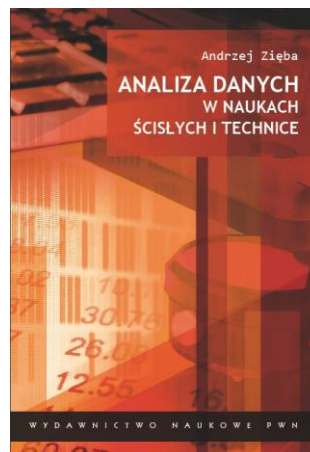
Analiza danych w naukach ścisłych i technice jest nowoczesnym podręcznikiem przedstawiającym aktualne tendencje i zalecenia, a także nowe metody analizy danych. Zastosowane przez autora stopniowanie trudności czyni go przydatnym czytelnikom na różnych poziomach zaawansowania.

Opis teoretyczny jest ilustrowany przykładami, do których dane pochodzą z rzeczywistych pomiarów. W tekście jest konsekwentnie stosowane polskie nazewnictwo. Odniesieniu do terminologii międzynarodowej ma służyć niestandardowy skorydowidz polsko-angielsko-matematyczny.

Książka uwzględnia aktualny stan rozwoju programów komputerowych, które umożliwiły wykorzystanie wielu metod, nierealizowanych dawniej z powodu trudności obliczeniowych. Atrakcyjność podręcznika podnoszą m.in.:

- pełne uwzględnienie zaleceń konwencji GUM oceny niepewności pomiaru;
- rzetelny opis obecnego stanu i nowości w dziedzinie jednostek miar (m.in. „kwantowy” układ jednostek miar SI);
- prezentacja metod dopasowania obejmująca algorytmy dopasowania różnych funkcji oraz badanie jakości dopasowania;
- opis nowych metod statystycznych takich jak: statystyka odpornościowa, analiza danych samoskorelowanych i zastosowania modelowania Monte Carlo.

Książka jest adresowana do studentów kierunków ścisłych i technicznych, doktorantów, pracowników nauki, inżynierów, zawodowych metrologów, pracowników laboratoriów oraz do wszystkich zainteresowanych tematem analizy danych.





Rusza druga edycja konkursu „Eksperyment Łańcuchowy”!

**Skonstruować urządzenie, które do przetransportowania metalowej kulki wykorzysta jak najwięcej zjawisk fizycznych – to wyzwanie dla przedszkolaków, uczniów, studentów i rodzin – uczestników kolejnej polskiej edycji konkursu „Eksperyment Łańcuchowy”.**

Główną ideą konkursu jest zaprojektowanie i zbudowanie urządzenia, które przy wykorzystaniu różnego rodzaju zjawisk i praw fizycznych przetransportuje metalową kulkę z jednego swojego końca na drugi. Podczas otwartego dla publiczności finału, który odbędzie się 31 maja 2014 roku w Krakowie, wszystkie urządzenia zostaną połączone w jeden, kilkakrotnie uruchamiany łańcuch – wszyscy razem przeprowadzimy „Eksperyment Łańcuchowy”. To dopiero będzie widowisko!

Grupy biorące udział w konkursie mogą składać się maksymalnie z 5 osób pod opieką mentora – osoby pełnoletniej. Samo urządzenie powinno działać nie krócej niż 20 sekund, ale nie dłużej niż 120 sekund i mieścić się maksymalnie na szkolnej ławce. Prace oceniać będziemy w trzech głównych kategoriach, biorąc pod uwagę: liczbę wykorzystanych zjawisk fizycznych wraz z umiejętnością ich wyjaśnienia, niezawodność i stopień skomplikowania urządzenia oraz kreatywność i estetykę wykonania. W każdej kategorii przyznane zostaną nagrody, a dodatkowych zwycięzców wybierze także publiczność.

W zeszłorocznej edycji konkursu swoje urządzenia zaprezentowało niemalże 100 drużyn z całej Polski. Radość i zapał w ich oczach podczas prezentacji urządzeń, zainteresowanie kilkutyśięcnej publiczności oraz niesamowita atmosfera współzawodnictwa i nauki na pewno pozostanie na długo w pamięci zarówno uczestników, jak i organizatorów!

Celem konkursu jest przede wszystkim zachęcenie uczniów do wykorzystania fantazji i twórczości w zdobywaniu wiedzy. Nie trzeba chyba dodawać, że udział w konkursie jest okazją do wspaniałej wspólnej zabawy, rozwijania umiejętności współpracy w grupie, integracji, a przede wszystkim jest to niezwykle skuteczna droga do zrozumienia wielu zjawisk fizycznych.

Polską edycję konkursu organizują: Koło Naukowe Biofizyki Molekularnej i Fizyki Medycznej oraz Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego we współpracy z Wydziałem Edukacji Uniwersytetu w Lublanie. Dodatkowe informacje znajdują się na stronie internetowej: [www.lancuch.if.uj.edu.pl](http://www.lancuch.if.uj.edu.pl). Zgłoszenia przyjmujemy do 31 marca 2014 roku.

Daniel Dziob



## Polsko-Ukraiński Konkurs Fizyczny „LWIĄTKO”

Witold Zawadzki

Zapraszamy do udziału w kolejnej edycji „Lwiątko”.

Konkurs ten narodził się na Ukrainie, we Lwowie – stąd jego nazwa. Jest fizyczną odmianą popularnego matematycznego „Kangura” – zasady i reguły są te same. Konkurs rozgrywany jest w gimnazjach i szkołach ponadgimnazjalnych w pięciu kategoriach wiekowych: od klas 1–2 gimnazjum do klas III liceum i klas III i IV technikum.

W tym roku szkolnym konkurs odbędzie się w szkołach w poniedziałek, **31 marca 2014**, jak zwykle w godzinach przedpołudniowych. Szkoły mogą zgłosić uczestników najpóźniej do **21 lutego 2014**. Opłata konkursowa wynosi **7 zł** od uczestnika. Wszystkie informacje są dostępne na stronie internetowej:

**[www.lwiatko.org](http://www.lwiatko.org)**

### **Patroni Konkursu:**

Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Krakowski

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego

*Foton* – pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

---

### Przykładowe zadanie

Smok wawelski ma 7 głów. Każda, gdy zostanie ścięta, odrasta dokładnie po 42 sekundach. Smok ginie, gdy nie ma żadnej głowy (chwila ostatniego cięcia musi poprzedzać chwilę, w której kolejna by mu odrósł). Jak często dzielny rycerz Leo musi dokonywać cięcia, by zabić smoka? Każdym cięciem rycerz ścina jedną głowę.

- A. Częściej niż co 5 s.
- B. Częściej niż co 6 s, ale niekoniecznie częściej niż co 5 s.
- C. Częściej niż co 7 s, ale niekoniecznie częściej niż co 6 s.
- D. Częściej niż co 8 s, ale niekoniecznie częściej niż co 7 s.
- E. W ogóle nie uda mu się zabić smoka.

Zadania ze wszystkich edycji są dostępne na naszej stronie internetowej.





## **PIMP, czyli Popisy Intelktualne Moich Pupilków**

*Danuta Latos  
ZSG-U w Chorzowie*

- ☺ Woda podczas spadania unosi się do góry.
- ☺ Drzewo nie przewodzi prądu, ponieważ nie posiada niektórych składników.
- ☺ Metal jest stworzony przez człowieka i ma właściwości przyciągające.
- ☺ W górach ciśnienie atmosferyczne jest niższe, bo maleje odległość Ziemi od atmosfery.
- ☺ Samolot wznosi się w powietrze, ponieważ działa na niego wyższe ciśnienie, które jest większe od ciśnienia niższego.
- ☺ Ponieważ wewnątrz kadłuba jest puste, to statek pływa niezależnie od tego, co do niego włożymy.
- ☺ Pojęcie sprawności jakiegoś urządzenia oznacza, że urządzenie to pracuje jak należy.
- ☺ Fale mechaniczne są widoczne gołym okiem, a elektromagnetyczne tylko w próżni.
- ☺ Gdyby kula ziemską miała dwa takie same bieguny magnetyczne, to by się odpychała od siebie, co doprowadziłoby do destrukcji ludzkości.
- ☺ Dzięki polu magnetycznemu może płynąć krew w żyłach i tętnicach.
- ☺ Wszystkie znane źródła posiadają kilka biegunów północnych i południowych, dlatego nie jest możliwe ich rozdzielenie.
- ☺ Bieguny N i S pojawiają się bardzo rzadko, lecz nie zostało to udowodnione.
- ☺ Do obserwacji widm należy zbudować stetoskop.
- ☺ Nieciągłość widma to cecha źródeł światła niematerialnych.
- ☺ Fotony zawdzięczamy Albertowi Einsteinowi.
- ☺ Częstotliwość fal elektromagnetycznych rozgrzanych ciał jest tym większa, im ciała są bliżej siebie.
- ☺ Ciała poprzez wypompowanie mocno się do siebie zbliżają.
- ☺ Na powierzchni metalowej elektronom łatwiej się posuwać niż na drewnianej.



## ***Foton i Neutrino na Facebooku!!!***

Zachęcamy naszych Czytelników do śledzenia naszych stron na Facebooku:

[www.facebook.com/Foton.UJ](http://www.facebook.com/Foton.UJ)

[www.facebook.com/Neutrino.UJ](http://www.facebook.com/Neutrino.UJ)

Na tych stronach znajdą Państwo najnowsze wiadomości o wydarzeniach w fizyce, komunikaty o konkursach, jak na przykład o ogłoszonym przez CERN konkursie na projekt uczniowski prawdziwego eksperymentu na wiązce w akceleratorach SPS i SP. Polecamy też literaturę, zarówno tę drukowaną jak i zamieszczaną w internecie. W poprzednim zeszycie *Fotonu* nr 122 polecaliśmy książkę *Dziewczyny atomowe. Nieznana historia kobiet, które pomogły wygrać II wojnę światową* (Wyd. Otwarte, Kraków 2013). Ponownie zachęcamy do lektury i namawiamy do odwiedzenia wystawy unikalnych fotografii z Oak Ridge: <http://www.theatlantic.com/infocus/2012/06/the-secret-city/100326/>.

Po zakończeniu wojny i zrzuconiu bomb na Hiroszimę i Nagasaki dziewczęta, bohaterki książki, tak jak wielu innych pracowników zakładów przemysłowych opuściło Oak Ridge, a na miejscu zakładów produkujących izotop  $U^{235}$  powstał jeden z ważniejszych w USA zakładów badawczych – Narodowe Laboratorium. Warto odwiedzić jego stronę:

<http://www.youtube.com/watch?v=FUSVcsdN3gw&list=PL11A6E822512D955>  
ponieważ można tam znaleźć wiele doskonałych materiałów edukacyjnych.

---

**Rok Jana Czochralskiego** dobiega końca. Najwięcej materiałów o Janie Czochralskim można znaleźć na otwartym serwisie „Nauka w Polsce” poprzez wyszukiwarkę:

[www.naukawpolsce.pap.pl/wyszukiwarka/index,1.html?Query=czochralski](http://www.naukawpolsce.pap.pl/wyszukiwarka/index,1.html?Query=czochralski)

---

Na facebookowej stronie *Fotnu* podajemy adres wykładu Johna Ellisa z CERNu, który ilustruje zasadę działania mechanizmu Higgsa i jego rolę w nadawaniu masy cząstkom elementarnym przez analogię do podróży przez rozległe pole śnieżne, spowalniające podróżników, w zależności od ich ekwipunku:

<http://www.youtube.com/watch?v=1nNBZw9ICok>

## Terapia hadronowa w Krakowie Pozycjonowanie pacjentów

