



# Foton 99

Zima  
2007

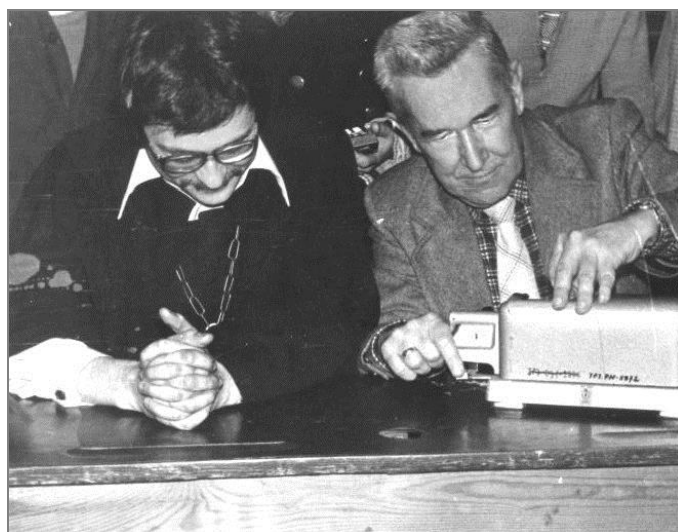
Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI & UNIwersYTET JAGIELLOŃSKI  
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

Radioastronomia  
Fizyka gitary  
Nobel 2007  
Domowy spektroskop



Adaś Strzałkowski...



Fot. Z. Golań-Meyer

...jako profesor  
i zawodnik w prima aprilisowym turnieju „studenci kontra pracownicy IF UJ”  
w 1980 roku, po lewej Antoni Szczurek



## Nauczyciel – osoba najważniejsza

Jesienią 2007 uczestniczyłam w Forum Europejskiego Towarzystwa Fizycznego na temat *Fizyka i Społeczeństwo*.

Na Forum tym poświęcono niezwykle dużo uwagi nauczaniu fizyki i krzewieniu kultury naukowej. Najwyższa pora, żeby społeczność fizyków dojrzała niebezpieczeństwo wynikające z narastającego analfabetyzmu naukowego.

Szeroko podejmowane do tej pory środki, jak i niebywała popularność coraz to liczniejszych festiwali nauki, na których powodzeniem cieszą się nie tylko imprezy typu nauka na scenie, ale także poważniejsze wykłady, czy też wysoka frekwencja w nowopowstających muzeach nauki – nie wystarczają, by należycie kształcić inżynierów, lekarzy i innych profesjonalistów, dla których rzetelna znajomość fizyki jest niezbędnie potrzebna. Niemcy, bogaty kraj, musiały otworzyć szeroko swoje podwoje dla inżynierów z zagranicy. Szacuje się, że roczne straty ich gospodarki z powodu braku inżynierów przekraczają polski budżet na naukę.

Wydaje się, że poszukując nowości w nauczaniu zapomina się o najważniejszym, o dobrym nauczycielu. Najlepiej ułożone programy, najdoskonalsze pomoce naukowe, podręczniki, nie pomogą, gdy będą uczyć nauczyciele niekompetentni. Współczesny nauczyciel wymaga wysokich intelektualnych kwalifikacji.

Polityka rządu musi być taka by przyciągać do tego zawodu właściwych ludzi, by mieli oni motywację w tym również finansową. Tymczasem studia nauczycielskie zastępuje się instruktazem, który oczywiście, jest i pomocny i użyteczny w wielu przypadkach, lecz niewystarczający w edukacji mistrzów młodych uczniów. Propozycja trzyletnich studiów licencjackich dla nauczycieli jest wręcz krokiem do tyłu.

Uzdrawianie nauczania trzeba przeprowadzić od podstaw, od uderzenia w przyczyny słabości (w tym również te społeczne i polityczne).

Od nowego roku *Fotonowi* będzie towarzyszył dodatek dla uczniów. Chcemy, by był na tyle atrakcyjny, aby uczniowie, zarówno gimnazjaliści jak i starsi, spontanicznie po niego sięgali. Mamy nadzieję, że Państwo rozpropagujecie go wśród swoich wychowanków.



Redakcja życzy Czytelnikom wszystkiego najlepszego  
na Święta i Nowy Rok 2008.





## Contents

Focus on Teachers	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	1
Frontiers of Physics	
<i>Marek Demiański</i> .....	4
Magnetized Galaxies	
<i>Marek Urbanik</i> .....	9
The Birth of Radioastronomy in Cracow	
<i>Adam Strzałkowski</i> .....	17
Astrophysics and General Theory of Relativity in Cracow	
<i>Andrzej Odrzywólek</i> .....	21
Astrophysics – my passion. An Interview with Wiesław Zajiczek, a PhD student of Physics Department, Jagiellonian University.....	23
The Most Important Achievements in Physics in 2006	
<i>Krzysztof Fiałkowski</i> .....	26
Nobel Prize in Physics 2007 for Albert Fert and Peter Grünberg	
<i>Michał Rams, Krzysztof Tomala</i> .....	28
Interviews with Winners from the Nobel Prize Website translated by <i>Wiesław Zajiczek</i> .....	32
„And the guitar plays on...” – About the Physics of Guitar	
<i>Michał Krupiński</i> .....	35
The influence of High School Education on Physics Exams at Technical Universities	
<i>Henryk Figiel, Janusz Niewolski</i> .....	42
Obituary Jan Dunin-Borkowski (1932–2007)	
<i>Zofia Gołqb-Meyer</i> .....	49
In memory of Jan Dunin-Borkowski	
<i>Grażyna Gregorczyk, Elżbieta Kawecka</i> .....	50
Examining the role of sound board with Console CoachLab II	
<i>Bogdan Bogacz</i> .....	52
Experiments. Spectra around us – playing with Spectrometer edited by <i>Dagmara Sokółowska</i> .....	57
Problems. Noises from the cave (7) – Non-intuitive „get down”	
<i>Adam Smólski</i> .....	60
Announcement. Polish-Ukrainian Contest – Young Lion Competition 2007.....	64
Humor from the students notebooks.....	65
Radioastronomy in Philately	
<i>Jerzy Bartke</i> .....	66
What to read.....	67
Reading in English. Nobel Prize 2007 in Physics.....	71
27 <sup>th</sup> Polish Physicists Convention 2007	
<i>Adam Bechler</i> .....	72
Polish Physical Society’s Stance toward Physics Education in Poland.....	74
Chronicle. Problems in Didactics Physics – Borowice in Kudowa 2007.....	75
VI Competition „Physics and Photography”.....	76
Editorial News.....	77



## Spis treści

Nauczyciel – osoba najważniejsza <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	1
Granice fizyki <i>Marek Demiański</i> .....	4
Namagnesowane galaktyki <i>Marek Urbanik</i> .....	9
Jak rodziła się radioastronomia w Krakowie <i>Adam Strzałkowski</i> .....	17
Astrofizyka i Ogólna Teoria Względności w Krakowie <i>Andrzej Odrzywolek</i> .....	21
Wywiad. Astrofizyka – moja pasja. Z Wiesławem Zajiczkiem – doktorantem w IF UJ rozmawia Zofia Gołąb-Meyer .....	23
Najważniejsze osiągnięcie fizyki roku 2006 <i>Krzysztof Fiałkowski</i> .....	26
Nagroda Nobla z fizyki 2007 <i>Michał Rams, Krzysztof Tomala</i> .....	28
Wywiady z noblistami <i>spisał i tłumaczył Wiesław Zajiczek</i> .....	32
„I gra gitara”, czyli o fizyce gitary <i>Michał Krupiński</i> .....	35
Wpływ przygotowania ze szkoły średniej na wyniki egzaminów z fizyki w uczelniach technicznych <i>Henryk Figiel, Janusz Niewolski</i> .....	42
Jan Dunin-Borkowski nie żyje (1932–2007) <i>Zofia Gołąb-Meyer</i> .....	49
Pamięci Jana Dunina-Borkowskiego <i>Grażyna Gregorczyk, Elżbieta Kawecka</i> .....	50
Badanie roli pułta rezonansowego za pomocą konsoli pomiarowej CoachLab II <i>Bogdan Bogacz</i> .....	52
Kącik doświadczalny. Widma wokół nas – zabawa ze spektroskopem <i>opracowała Dagmara Sokołowska</i> .....	57
Kącik zadań. Odgłosy z jaskini (7) – Nieintuicyjne „padnij” <i>Adam Smólski</i> .....	60
Komunikat. Polsko-Ukraiński Konkurs Fizyczny LWIAŹTKO 2008 .....	64
PIMP, czyli Popisy Intelktualne Moich Pupilków .....	65
Radioastronomia w filatelistyce <i>Jerzy Bartke</i> .....	66
Co czytać .....	67
Czytamy po angielsku. Nobel Prize 2007 in Physics .....	71
XXXIX Zjazd Fizyków Polskich <i>Adam Bechler</i> .....	72
Stanowisko Polskiego Towarzystwa Fizycznego wyrażone na XXXIX Zjeździe Fizyków Polskich w Szczecinie .....	74
Kronika. Borowice 2007 w Kudowie .....	75
VI Ogólnopolski konkurs fizyczno-fotograficzny „Zjawiska fizyczne wokół nas” .....	76
Komunikaty Redakcji .....	77



## Granice fizyki<sup>1</sup>

Marek Demiański

*Instytut Fizyki Teoretycznej  
Uniwersytet Warszawski*

### Wstęp

Wiek dwudziesty był okresem burzliwego rozwoju fizyki, zarówno teoretycznej jak i doświadczalnej. Spowodowało to znaczne rozszerzenie zakresu badań i przyspieszyło tempo prac wdrożeniowych nad praktycznym zastosowaniem nowych odkryć fizycznych. Osiągnięcia fizyki XX wieku w istotny sposób wpłynęły na nasze codzienne życie. Dziś trudno sobie wyobrazić, jak można było sobie radzić bez radia, samolotu, telefonu komórkowego czy komputera.

Jednym z głównych źródeł tych sukcesów był szczęśliwy splot kilku czynników – szybko powiększających się możliwości technicznych, odpowiedniego poziomu finansowania badań i ich koordynacji oraz samej metodologii badań fizycznych. Fizyka jako podstawowa dziedzina nauk przyrodniczych zajmuje się badaniem otaczającego nas świata przez prowadzenie obserwacji, formułowanie w języku matematycznym teorii opisujących różne zjawiska, a następnie konfrontowanie przewidywań tych teorii z danymi doświadczalnymi. Ten bezlitosny i bezstronny mechanizm sprawdzania i selekcji pozwala na wybieranie spośród różnych hipotez i modeli tych, które najlepiej opisują rzeczywistość. Jest to zasada jednocześnie samoograniczająca się i samooczyszczająca – fizyka nie zajmuje się problemami, które nie poddają się testom obserwacyjnym. Zasada ta w naturalny sposób prowadzi do pytania o granice fizyki i granice poznania.

Z perspektywy historycznej wyraźnie widać, że granice fizyki nie są absolutne – są stale przesuwane. Rozpatrzmy dwa narzucające się przykłady: poznawanie i badanie Wszechświata oraz badanie struktury cząstek elementarnych i ich oddziaływań. W obu tych dziedzinach w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat dokonano bardzo ważnych odkryć, które zmieniły nasze wyobrażenia o mikro- i makroświecie.

### Kosmologia – spojrzenie na cały Wszechświat

W drugiej połowie lat dwudziestych minionego wieku dzięki odkryciom Edwina Hubble'a okazało się, że Droga Mleczna – ogromne skupisko ok. 150 miliardów gwiazd – jest tylko jedną z wielu galaktyk wypełniających Wszechświat, a cały Wszechświat, ten największy układ fizyczny, jaki jesteśmy w stanie obserwować, zmienia się, ewoluje. Jeszcze zanim Hubble odkrył, że Wszech-

---

<sup>1</sup> Przedruk za zgodą autora i redakcji z *Postępów Fizyki*, Zeszyt 2, 58, 2007.

świat się rozszerza, Aleksander Friedman znalazł rozwiązanie równań Einsteina, które opisuje dynamikę czasoprzestrzeni wypełnionej jednorodnie i izotropowo materią, oraz wykazał, że taki wszechświat musi się zmieniać i, co więcej, musiał mieć początek. Oznacza to, że cofając się do coraz wcześniejszych epok, dojdziemy w końcu do stanu, gdy gęstość materii była nieskończona.

W drugiej połowie lat czterdziestych George Gamow poważnie potraktował przewidywania Friedmana i zaproponował model ewolucji Wszechświata nazywany obecnie modelem Wielkiego Wybuchu. Gamow przyjął, że w bardzo wczesnych fazach ewolucji Wszechświat był wypełniony bardzo gorącą i bardzo gęstą materią, tak gorącą i tak gęstą, że mogły wówczas istnieć tylko najbardziej elementarne składniki materii. Ta gorąca, rozszerzająca się plazma ulegała adiabatycznemu ochładzaniu i gdy jej temperatura obniżyła się do kilkudziesięciu milionów kelwinów, rozpoczął się proces tworzenia lekkich pierwiastków. Już pierwsze oszacowania dokonane przez Ralpha Alpera i Roberta Hermana, doktorantów Gamowa, wykazały, że mógł wówczas powstać tylko wodór i hel z niewielką, ledwo zauważalną domieszką innych lekkich pierwiastków aż do tlenu i węgla włącznie. Alpher i Herman oraz niezależnie Gamow przewidzieli, że we Wszechświecie powinien pozostać ślad po tym okresie wczesnej ewolucji w postaci równowagowego termicznego promieniowania relikтового o temperaturze zaledwie kilku kelwinów.

Mimo że analiza zawartości lekkich pierwiastków w gwiazdach i obłokach gazowych potwierdziła przewidywania modelu Wielkiego Wybuchu, nadal poważnie rozważano alternatywny model stanu stacjonarnego, który dopuszczał stałą kreację materii i dzięki temu omijał problem początkowej osobliwości. Model Wielkiego Wybuchu został powszechnie zaakceptowany po odkryciu w 1964 r. promieniowania relikтового przez Arno Penziasa i Roberta Wilsona. Kilka lat później Roger Penrose i Stephen Hawking korzystając z ogólnej teorii względności wykazali, że zmieniający się Wszechświat wypełniony promieniowaniem i materią, nawet bez bardzo silnego założenia o jego jednorodności, musiał mieć osobliwy początek. Tego osobliwego stanu początkowego nie można opisać za pomocą klasycznej teorii czasoprzestrzeni. Formalnie punkt osobliwy reprezentujący początek Wszechświata lub stan końcowy procesu grawitacyjnego zapadania się gwiazdy nie należy do klasycznej czasoprzestrzeni. Można powiedzieć, że równania Einsteina opisujące dynamikę czasoprzestrzeni wyznaczają w naturalny sposób granice ich stosowalności.

Od czasu powstania mechaniki kwantowej i kwantowej teorii pola trwają poszukiwania kwantowej teorii grawitacji (KTG), a dokładniej kwantowej teorii czasoprzestrzeni. Pomimo wysiłku wielu wybitnych fizyków do dziś nie udało się skonstruować takiej teorii. Istnieją i są aktywnie rozwijane dwa podejścia: teoria superstrun – ambitny program unifikacji wszystkich oddziaływań fundamentalnych, który zerwał z czterowymiarową koncepcją czasoprzestrzeni i zastąpił cząstki punktowe jednowymiarowymi strunami poruszającymi się w wie-

lowymiarowej płaskiej czasoprzestrzeni, oraz pętlowa KTG wprowadzająca dyskretną strukturę w czasoprzestrzeni.

Zastosowanie pętlowej KTG do opisu ewolucji Wszechświata pozwala uniknąć początkowej osobliwości. Klasyczny początkowy stan osobliwy zostaje zastąpiony przez regularny stan kwantowy i, co więcej, można odtwarzać jego ewolucję w przeszłości (czyli dla ujemnych czasów z naszego punktu widzenia).

Model ten przypomina rozpatrywany w latach czterdziestych i pięćdziesiątych oscylacyjny model Wszechświata. W różnych modelach bardzo wczesnych faz ewolucji Wszechświata rozpatrywanych w teorii superstrun stan osobliwy nie występuje, ale modele te wymagają dość szczególnego wyboru parametrów i – choć jest to bardzo prawdopodobne – nie wiadomo, czy niewystępowanie początkowej osobliwości jest ich ogólną, wspólną własnością. Dziś nie wiadomo też jeszcze, czy teorie takie można będzie sprawdzać na drodze obserwacji. Jeżeli się okaże, że bardzo wcześnie, w momencie przejścia od kwantowej fazy ewolucji do fazy klasycznej lub nieco później, Wszechświat przeszedł przez okres bardzo szybkiego (wykładniczego) rozszerzania się, zwany okresem inflacji, to najprawdopodobniej wszystkie informacje o kwantowej fazie ewolucji Wszechświata zostały wymazane. Innymi słowy, klasyczny Wszechświat „zapomina” o tym, w jaki sposób powstał. Ta niemożność poznania początku nie oznacza, że fizyka jest bezradna i trzeba się odwoływać do jakichś czynników pozafizycznych i pozamaterialnych, aby wyjaśnić, w jaki sposób powstał Wszechświat. Należy się jednak pogodzić z tym, że na obecnym etapie rozwoju fizyki nie jesteśmy w stanie odpowiedzieć na to pytanie.

### **Oddziaływania fundamentalne – fizyka w skali mikroświata**

Podobne ograniczenia występują również w fizyce cząstek. Odkrycie elektronu i wyznaczenie jego podstawowych parametrów fizycznych, a następnie odkrycie protonu i neutronu otworzyły drogę do poznania świata cząstek elementarnych. Początkowo źródłem nowych cząstek były rozpady promieniotwórczych jąder atomowych oraz promieniowanie kosmiczne. Od początku lat pięćdziesiątych do przyspieszania i badania zderzeń między cząstkami zaczęto stosować różnego rodzaju akceleratory. Rozpoczął się trwający do dziś wyścig w uzyskiwaniu coraz to większych energii. Badanie zderzeń cząstek przy dużych energiach doprowadziło do odkrycia wielu nowych cząstek oraz pozwoliło zauważyć podobieństwa i korelacje, a wreszcie wydzielić trzy podstawowe grupy cząstek elementarnych: leptony, bariony i mezony.

W końcu lat sześćdziesiątych badanie niesprężystego rozpraszania elektronów na protonach doprowadziło do odkrycia struktury protonu. Okazało się, że ładunek protonu nie jest rozłożony równomiernie, lecz skupiony w punktowych centrach, że proton i neutron, uważane dotąd za cząstki elementarne, są zbudowane z jeszcze mniejszych składników – kwarków. Odkrycie kwarków dopro-



wadziło do uproszczenia systematyki cząstek elementarnych – 6 kwarków i 6 leptonów grupuje się w trzy komplementarne rodziny, a oddziaływanie między nimi jest przenoszone przez bozony pośredniczące.

Równoległe z odkrywaniem kolejnych nowych cząstek elementarnych poszukiwano teorii, która łączyłaby różne oddziaływania między nimi. Od drugiej połowy lat trzydziestych wiadano, że w świecie cząstek elementarnych istnieją trzy oddziaływania: elektromagnetyczne, słabe i silne. W roku 1967 Steven Weinberg i niezależnie Abdus Salam korzystając z wcześniejszych prób Sheldona Glashowa zaproponowali teorię oddziaływań elektroślabych, która łączyła oddziaływania elektromagnetyczne i oddziaływania słabe w jeden nowy schemat. Kilka lat później ta nowa teoria została powszechnie zaakceptowana, gdy okazało się, że jest ona renormalizowalna oraz doświadczalnie potwierdzono istnienie słabych prądów neutralnych przewidzianych przez teorię Weinberga i Salama. Odkrycie wszystkich sześciu kwarków potwierdziło przewidywania teoretyczne i przyczyniło się do uznania chromodynamiki kwantowej za poprawną teorię opisującą oddziaływania silne między kwarkami. Połączenie chromodynamiki kwantowej z teorią oddziaływań elektroślabych, nazywane obecnie Modelem Standardowym, zakończyło proces systematyzowania cząstek elementarnych. Model ten jest nadspodziewanie dobrze zgodny z różnymi danymi doświadczalnymi, ale ciągle jeszcze nie został w pełni potwierdzony doświadczalnie. Cząstki elementarne uzyskują w nim masę dzięki oddziaływaniu z bozonami Higgsa, ale cząstek Higgsa do tej pory nie udało się zaobserwować.

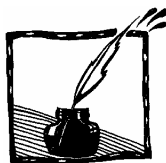
Pomimo jego ogromnych sukcesów trudno uznać Model Standardowy za ostateczny opis oddziaływań między cząstkami elementarnymi choćby dlatego, że model ten zawiera zbyt dużo parametrów fenomenologicznych. Trwają więc nadal poszukiwania ogólniejszej teorii, która pozwoliłaby na połączenie oddziaływań silnych z oddziaływaniami elektroślabyymi. Różne próby sformułowania takiej teorii przewidują istnienie nowych cząstek o masach co najmniej  $10^{10}$ – $10^{11}$  GeV/c<sup>2</sup>. Procesy z ich udziałem mogą powodować, że proton, który obecnie jest uważany za cząstkę trwałą, będzie miał skończony czas życia. Być może w świecie cząstek elementarnych istnieje dodatkowa symetria pozwalająca na zamianę fermionów na bozony i odwrotnie. W takim supersymetrycznym modelu każdej cząstce o spinie 1/2 odpowiadałaby cząstka o spinie całkowitym, a każda cząstka o spinie całkowitym miałaby partnera o spinie półowkowym.

Jak już wspominaliśmy, teoria superstrun jest bardzo ogólnym schematem, który może z jednej strony unifikować nie tylko oddziaływania elektroślabe z oddziaływaniami silnymi, ale również z oddziaływaniami grawitacyjnymi, a z drugiej strony zapewniać symetrię między fermionami i bozonami. Obecnie wydaje się, że efekty superstrunowe można będzie obserwować dopiero przy energiach rzędu  $10^{14}$  GeV. Na obecnym etapie rozwoju techniki nie ma żadnych szans na przyspieszanie cząstek do tak ogromnych energii.

Duże nadzieje wiąże się z budowanym obecnie w CERN-ie akceleratorem LHC (Large Hadron Collider). Będzie o przyspieszał protony do energii 7 TeV, co w zderzeniach wiązek przeciwbieżnych pozwoli na osiąganie energii 14 TeV. Oczekuje się, że wartości energii uzyskiwanych w zderzacz LHC wystarczą do wytworzenia i zbadania bozonów Higgsa. Być może uda się też odkryć nowe cząstki przewidywane przez teorie supersymetrii. Jeżeli jednak w LHC nie odkryjemy bozonów Higgsa ani nawet śladów supersymetrii, to mogą nastąpić trudne czasy dla doświadczalnej fizyki cząstek elementarnych. Szacuje się, że całkowity koszt budowy LHC wyniesie ok. 7 miliardów euro. Budowa jeszcze potężniejszego akceleratora będzie kosztowała znacznie więcej i może się okazać, że nikt nie zechce sfinansować takiego przedsięwzięcia. Te obawy nie są bezzasadne. W październiku 1993 r. Kongres Stanów Zjednoczonych postanowił przerwać budowę nadprzewodnikowego superzderzacza SSC (Superconducting Supercollider), chociaż wydrążono już 23 kilometry tunelu, a w prace przygotowawcze zaangażowanych było tysiące inżynierów i fizyków. Może się więc okazać, że proces poznawania najmniejszych składników materii zostanie zahamowany z powodu ogromnych kosztów. Fizyka może tu napotkać barierę nie do przebiccia, barierę nie metafizyczną, lecz finansową.

**Od Redakcji:**

Polecamy artykuł profesora Kazimierza Grotowskiego *ASTRONOMIA i FIZYKA – stosunki doskonałe, czy raczej stulecia wzajemnych, coraz bardziej kłopotliwych pytań*, zamieszczony w *Fotonie*, Lato 97/2007.



## Namagnesowane galaktyki

*Marek Urbanik*

*Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie*

### **Od Redakcji:**

Redakcja dedykuje poniższy artykuł wszystkim uczestnikom spotkania „Problemy dydaktyki fizyki” w Kudowie, w listopadzie 2007, a w szczególności zapalonym astronomom: Lucynie Gut, Grzegorzowi Sękowi i Ludwikowi Lehmanowi.

Od kilkudziesięciu lat wiadomo, że przestrzeń międzygwiazdowa nie jest pusta, lecz wypełniona różnymi formami gazu o temperaturach od  $-250^{\circ}\text{C}$  do kilku milionów stopni. Ponadto całe nasze niebo, a najsilniej Droga Mleczna, wysyła charakterystyczny „szum radiowy”. Dziś już wiemy, że jego źródłem są bardzo szybkie elektrony o prędkościach bliskich prędkości światła, poruszające się w polu magnetycznym przenikającym cały gaz międzygwiazdowy. Pole to jest na tyle silne (rzędu  $5\text{--}15\ \mu\text{Gs}$ ), że wywiera własne ciśnienie na ośrodek międzygwiazdowy. Współczesne teorie formowania się gwiazd czy powstawania obłoków międzygwiazdowych, muszą uwzględniać wpływ pola magnetycznego, bez jego znajomości wiele zjawisk nie daje się wytłumaczyć. A tak naprawdę, co – i od jak dawna – wiemy o galaktycznych polach magnetycznych?

Galaktyczny „szum radiowy” był najwcześniej zidentyfikowanym radiowym sygnałem pozaziemskim, dokonał tego w roku 1933 inżynier z Bell Telephone Labs, Karl Jansky. O ile to odkrycie było przypadkowe, to już z początkiem lat 40. dwudziestego wieku inny inżynier i radioamator Grote Reber wykonał w sposób systematyczny mapy emisji radiowej Drogi Mlecznej, zwanej też Naszą Galaktyką. W tym początkowym okresie związek „radiowego szumu galaktycznego” z polem magnetycznym Drogi Mlecznej nie był oczywisty. Pierwsze dowody na istnienie globalnego pola magnetycznego Naszej Galaktyki, które pojawiły się z końcem lat 40. XX stulecia, nie były dziełem radioastronomów, natomiast dostarczyły ich obserwacje w zakresie optycznym. Odkryto mianowicie, że światło widzialne wielu gwiazd Drogi Mlecznej jest spolaryzowane, a płaszczyzna polaryzacji ma podobną orientację w dużych obszarach nieba. Za główną przyczynę uznano globalne galaktyczne pole magnetyczne, porządkujące w wielkich skalach wirowe ruchy drobin kosmicznego pyłu, co powoduje polaryzację rozproszonego na nich światła.

Radioastronomowie włączyli się do badań galaktycznych pól magnetycznych z początkiem lat 50. XX wieku. To właśnie galaktyczny magnetyzm i wirujące wokół linii magnetycznych ultraszybkie elektrony, a właściwie ich promieniowanie zwane synchrotronowym, okazały się być odpowiedzialne za „szum radiowy” Drogi Mlecznej, odkryty przez K. Jansky’ego i zbadany przez

G. Rebera. Fakt, że galaktyki spiralne mogą być gigantycznymi magnesami, nie budził już wątpliwości.

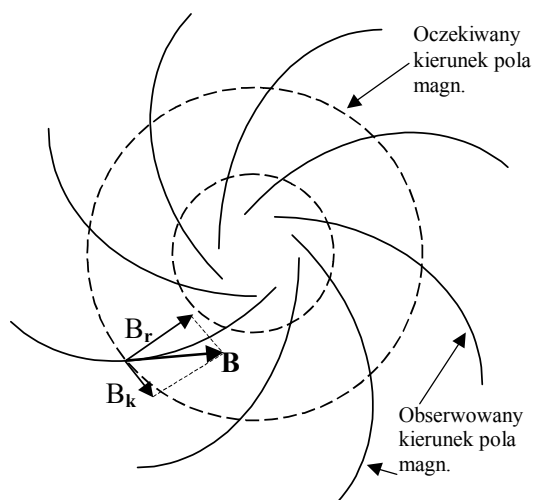
Część najdawniej odkrytych indywidualnych źródeł promieniowania radiowego okazała się być stosunkowo bliskimi pozostałościami po wybuchach gwiazd supernowych w Naszej Galaktyce. Inne to odległe radiogalaktyki (galaktyki o bardzo silnej emisji radiowej, bez spektakularnych efektów optycznych) bądź kwazary, gdy promieniowaniu radiowemu towarzyszy bardzo silne świecenie centrum galaktyki w świetle widzialnym. W obu tych przypadkach sprawcą jest supermasywna czarna dziura w centrum gigantycznej galaktyki, najczęściej eliptycznej. Wobec powszechnej fascynacji tak egzotycznymi obiektami, galaktyki spiralne pozostawały przez szereg lat niedocenianymi kosmicznymi „kopcuszkami”, głównie z powodu dużo słabszej i trudniejszej do zmierzenia emisji radiowej.

Prawdziwa eksplozja zainteresowania polami magnetycznymi w galaktykach spiralnych nastąpiła, gdy powstała możliwość badania struktury pól magnetycznych w tych dotychczas niedocenianych obiektach. Jak wiadomo ze szkolnych eksperymentów z rozsypywaniem żelaznych opiłków na położonej na magnesie szklanej płycie, pole magnetyczne można opisać poprzez linie sił, wzdłuż których to linii układają się rozsypane opiłki. Potężnym narzędziem badania takich struktur w galaktykach okazała się być polaryzacja promieniowania radiowego, emitowanego przez superszybkie elektrony poruszające się wokół linii sił uporządkowanego pola magnetycznego. Obserwowany rozkład kierunków polaryzacji pełni rolę „kosmicznych opiłków” i wyznacza rzutowaną na sferę nieba geometrię pola magnetycznego. Najlepiej pomiary takie wykonywać na jak najkrótszych falach (długość fali  $< 6$  cm), na których zniekształcający polaryzację wpływ gazu leżącego między obiektem i nami jest bardzo mały.

Epokę dokładnych badań struktury pól magnetycznych w innych galaktykach spiralnych (M51 – znana galaktyka w Psach Gończych, M31 – Mgławica Andromedy) otworzyły dwie pionierskie prace: zespołu holenderskiego w roku 1976 oraz niemieckich naukowców z Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) w Bonn w roku 1980. Już pierwsze wyniki pokazały, że galaktyczne pola magnetyczne są w dużym stopniu uporządkowane w skali całych galaktyk. Z początkiem lat 80. XX wieku również radioastronomowie krakowscy włączyli się w światowy nurt badań pól magnetycznych w galaktykach spiralnych. Prawdziwą rewolucję w pomiarach struktury pól magnetycznych pobliskich galaktyk spowodowało zainstalowanie w latach 90. XX wieku na 100-metrowym radioteleskopie Max-Planck-Institut für Radioastronomie bardzo czułej aparatury polarymetrycznej na wysokie częstotliwości. Głównym inicjatorem i pionierem tych badań był urodzony w Polsce prof. Richard Wielebinski.

Galaktyki (poza centralnymi regionami i małymi karłowatymi obiektami) nie rotują tak jak ciała sztywne – ich, prędkość kątowna szybko maleje z odległością od centrum. Taka rotacja, zwana różnicową, powoduje układanie wszel-

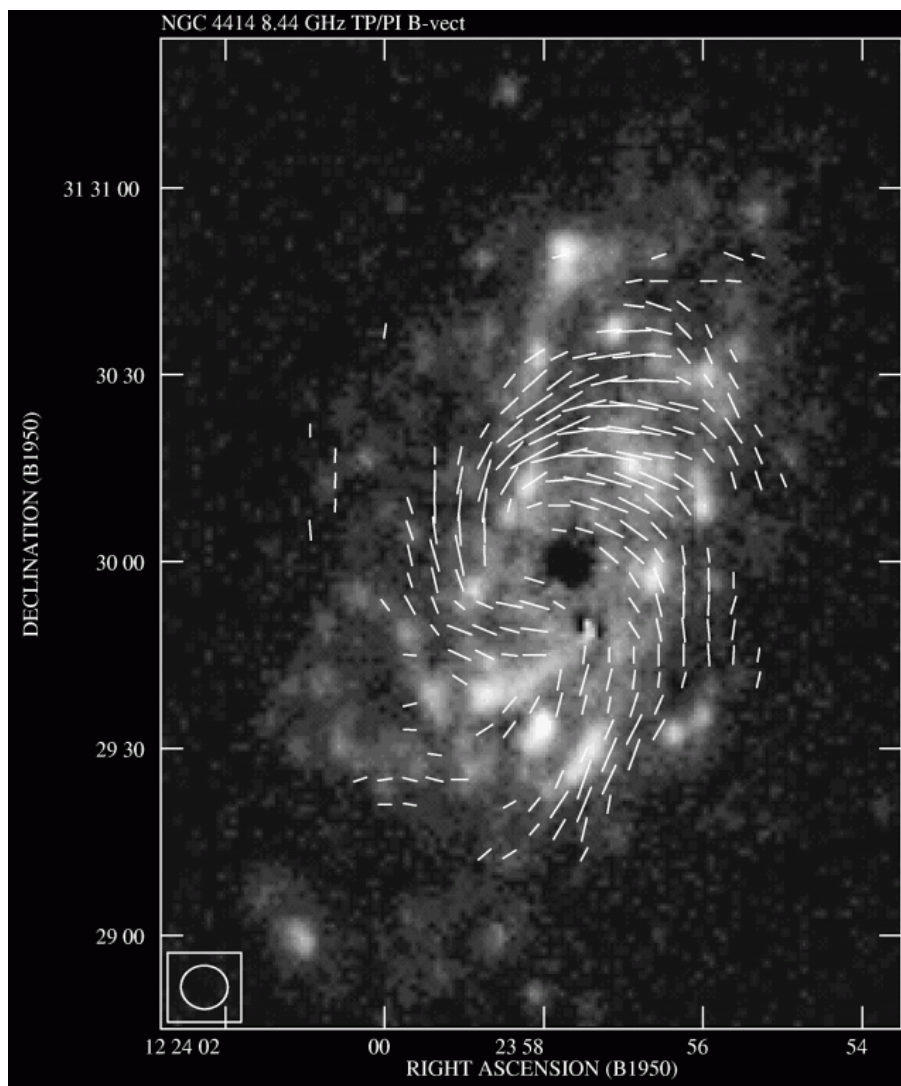
kich struktur materii wzdłuż koncentrycznych okręgów. Pole magnetyczne jest niejako „przyklejone” do gazu, dlatego też uważano początkowo, że rotacja różnicowa powinna nawinąć linie magnetyczne do postaci współśrodkowych okręgów zawierających wyłącznie kołową składową pola  $\mathbf{B}_k$  (zwaną też składową azymutalną). Zaskakującym wynikiem było to, że pomimo rotacji różnicowej linie magnetyczne w galaktykach spiralnych, takich jak M51 czy M83, tworzą strukturę spiralną o znacznym nachyleniu ku środkowi dysku. Oprócz kołowej składowej pola magnetycznego, obserwuje się też silną składową wzdłuż promienia dysku (pole radialne  $\mathbf{B}_r$ ), które rotacja różnicowa powinna była już dawno przetransformować na  $\mathbf{B}_k$  (rys. 1).



Rys. 1. Kierunki pola magnetycznego w galaktykach spiralnych: oczekiwany w wyniku rotacji różnicowej (linie przerywane) i obserwowany (linie ciągłe). Rysunek pokazuje również rozkład obserwowanego pola magnetycznego  $\mathbf{B}$  na składową kołową (czyli azymutalną)  $\mathbf{B}_k$  i radialną  $\mathbf{B}_r$  (zerowa dla kołowego pola magnetycznego). Rotacja różnicowa systematycznie przekształca  $\mathbf{B}_r$  w  $\mathbf{B}_k$

Efekt rozciągania struktur do postaci kołowej nie dotyczy ramion spiralnych, będących zaburzeniem potencjału o charakterze falowym. Powoduje ono kompresję gazu i jego sływ wzdłuż ramion ku centrum galaktyki. Uważano początkowo, że udział pola magnetycznego w tych przepływach i jego ściąganie przez gaz ku środkowi całkowicie wyjaśnia fenomen magnetycznej spirali. Tymczasem w końcu lat 90. XX wieku, połączony zespół radioastronomów z Krakowa i Bonn, używając 100-metrowego radioteleskopu MPIfR i systemu połączonych 29 anten w USA (interferometru zwanego Very Large Array – VLA, rys. 3), odkrył spiralne, silnie nachylone ku środkowi pola magnetyczne w galaktykach tzw. kłaczkowatych (rys. 2), nieposiadających ani wyraźnych

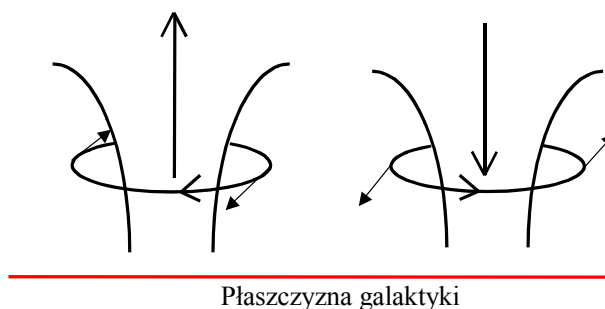
ramion spiralnych, ani efektów splywu gazu ku centrum dysku. Rozwiązania zagadki spiralnych pól magnetycznych należało zatem szukać gdzie indziej.



Rys. 2. Kierunki pola magnetycznego w kłaczkowatej galaktyce NGC 4414, nieposiadającej wyraźnej struktury spiralnej, obserwowane za pomocą VLA dla częstotliwości 8,44 GHz przez zespół radioastronomów z Krakowa i Bonn pod kierunkiem dr Mariana Soidy z Obserwatorium Astronomicznego UJ. W skali szarości pokazano obserwowany, dość chaotyczny rozkład zjonizowanego gazu, zazwyczaj będący bardzo dobrym wskaźnikiem struktury spiralnej



Rys. 3. Jedno z ramion interferometru Very Large Array (VLA) w USA, za pomocą którego krakowscy radioastronomowie wykonali obserwacje galaktyk pokazane w tym artykule. Interferometr składa się z trzech takich ramion, tworzących kształt litery Y

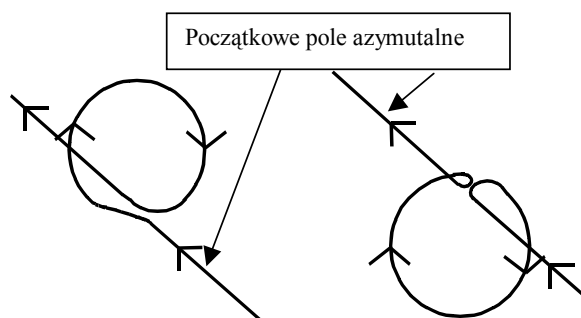


Płaszczyzna galaktyki

Rys. 4. Siła Coriolisa w rotującym dysku nadaje ruch wirowy ruchom turbulentnym. Duże strzałki pokazują kierunek ruchu i rotacji gazu, małymi strzałkami zaznaczono siły Coriolisa

Zgodnie z prawami mechaniki w wirującym układzie odniesienia pojawiają się siły bezwładnościowe, jak np. siła odśrodkowa. Inna siła bezwładnościowa pojawia się, gdy w takim wirującym układzie przesuwamy jakiś przedmiot w kierunku do lub od osi obrotu. Jeżeli posuwamy się ku osi, siła ta, zwana siłą Coriolisa, działa na przedmiot prostopadle do promienia w kierunku ruchu wirowego, jest ona natomiast przeciwnie skierowana w przypadku ruchu oddalającego od osi obrotu. W dysku galaktycznym istnieją turbulentne ruchy gazu o skali od kilku do kilkudziesięciu parseków, przypominające z grubsza konwekcję w cieczy. Element gazu wznoszący się ponad płaszczyznę dysku przechodzi do coraz rzadszego otoczenia i rozszerza się; jedna jego część zbliża się, a druga oddala od osi obrotu galaktyki. Powoduje to powstanie pary sił Coriolisa, zmuszających element gazu do wirowania wokół osi pionowej (rys. 4). Ele-

ment opadający na dysk kurczy się, a siła Coriolisa skręca go w przeciwną stronę niż element wędrujący w górę. Zachowana jest zatem „śrubowość” ruchów turbulentnych: są one na przykład lewoskrętne nad, a prawoskrętne pod płaszczyzną galaktyki.



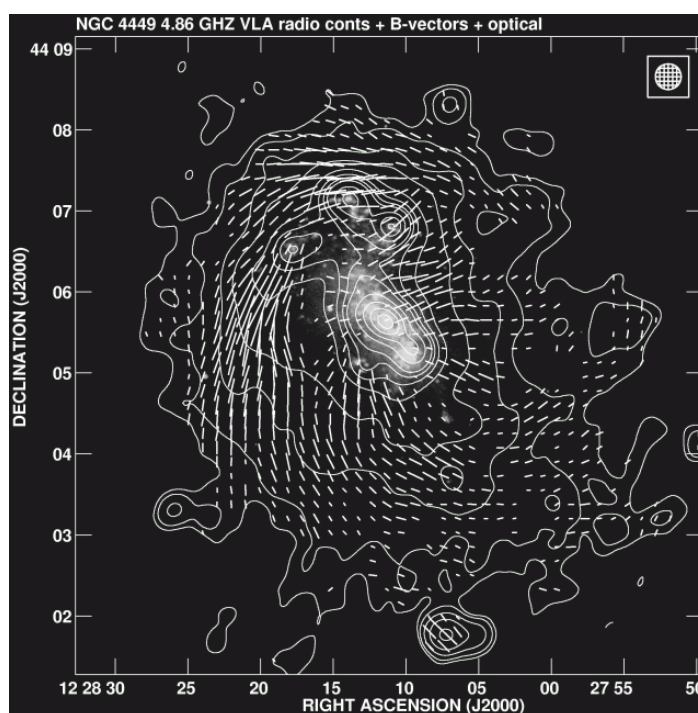
Rys. 5. Pętle magnetyczne powstające w wyniku lokalnej deformacji pola magnetycznego przez ruchy turbulentne. Pętla z lewej strony jest wynikiem wznoszenia się gazu, z prawej – opadania gazu. Proszę zwrócić uwagę na **taki sam kierunek** „obiegu” pola magnetycznego w pętlach, niezależnie od kierunku ruchu gazu w dół lub w górę. Jest to konsekwencja „śrubowości” ruchów turbulentnych.

Wirujące i przemieszczające się elementy gazu wloką za sobą „wklejone” pole magnetyczne oraz powodują jego lokalne splątania **prostopadle** do początkowego pola magnetycznego (rys. 5). Takie magnetyczne pętelki (również o wyróżnionej skrętności) łączą się następnie w wielkie, wielo-kiloparsekowe pętle, również **prostopadle** do początkowego kierunku pola, w szczególności posiadające silną składową  $B_r$  wzdłuż promienia dysku galaktycznego. Oczywiście, rotacja różnicowa przerabia pracowicie pole radialne  $B_r$  na kołowe (czyli azymutalne)  $B_k$ , składowa radialna jest jednak ciągle regenerowana przez omawiany proces skręcania i sklejanie pętli. Rezultatem jest kombinacja składowej kołowej i radialnej, a zatem magnetyczne linie sił nachylone ku środkowi i dające wrażenie spirali (rys. 1 i 2). Mamy zatem do czynienia z cyklem: turbulencja zwija składową azymutalną w małe pętelki, te z kolei łączą się w wielkie pętle radialne, a rotacja różnicowa odtwarza pole azymutalne. Proces ten, znany jako dynamo galaktyczne, powoduje też systematyczne wzmocnienie pola magnetycznego od bardzo słabych, kosmologicznych pól pierwotnych ( $10^{-3}$   $\mu\text{Gs}$ ), do obecnie mierzonych natężeń rzędu 5–15  $\mu\text{Gs}$ .

Zasadniczą rolę w procesie dynamo odgrywa rotacja dysku galaktycznego, porządkująca turbulentne ruchy gazu i kreowane przez nie struktury magnetyczne. W typowych galaktykach spiralnych prędkość rotacji osiąga 100–300 km/s. Tym niemniej, nawet w takich obiektach uzyskanie zmierzonych natężeń pól wymaga stabilnej rotacji dysku przez okres co najmniej miliarda lat. Taki komfort nie jest dany małym galaktykom nieregularnym, które rotują bardzo powo-



li. Ich prędkości rotacji nie przekraczają 10–20 km/s, co jest porównywalne z chaotycznymi ruchami gazu. Są to na ogół obiekty o małych masach, podatne na oddziaływania grawitacyjne z innymi galaktykami, w wyniku czego ich pola prędkości są zaburzane i zmieniają się w skali czasowej ok.  $10^8$  lat. Przewidywania teoretyczne sugerowały, że galaktyki nieregularne mogą być obiektami całkowicie pozbawionymi globalnych pól magnetycznych. Oznaczałoby to, że fizyka środowiska międzygwiazdowego w tych obiektach jest inna niż w galaktykach spiralnych. Jak wspomniano, w tych ostatnich siły magnetyczne są na tyle duże, że w istotny sposób wpływają na tworzenie się i ewolucję obłoków gazu międzygwiazdowego, tworzenie się gwiazd itp. Czyżby małe galaktyki nieregularne rządziły się innymi prawami?



Rys. 6. Kontury jasności radiowej i obserwowane kierunki pola magnetycznego w nieregularnej galaktyce NGC 4449. Mapę radiową nałożono na obraz galaktyki w świetle widzialnym. Obserwacje na częstotliwości 4,86 GHz za pomocą interferometru VLA i 100-metrowego radioteleskopu MPIfR wykonał zespół radioastronomów z Krakowa i Bonn pod kierunkiem dr Krzysztofa Chyżego z Obserwatorium Astronomicznego UJ

W roku 2000 krakowscy i bońscy radioastronomowie, pracując tym razem wspólnie pod kierunkiem dr Krzysztofa Chyżego z Obserwatorium Astronomicznego UJ i używając interferometru VLA oraz 100-metrowego radioteleskopu MPIfR, dokonali niezwykłego odkrycia. Galaktyka nieregularna NGC

4449 okazała się posiadać rozległe halo radiowe z silnym, wysoce uporządkowanym polem magnetycznym (rys. 6) o natężeniu zbliżonym do wartości zmierzonych w galaktykach spiralnych. Galaktyki nieregularne nie są zatem „niemagnetyczne”: w ich środowisku międzygwiazdowym pola magnetyczne mają równie wiele do powiedzenia, jak w galaktykach spiralnych. Pozostał problem – NGC 4449 zamiast porządnie wirować, posiada chaotyczne pole prędkości, poszczególne fragmenty galaktyki poruszają się w różnych kierunkach w sposób mało uporządkowany. Zdaniem teoretyków, klasyczny proces dynamo wymagający długotrwałej, stabilnej rotacji nie ma w takich warunkach żadnych szans. Należało zatem zmodyfikować teorię.

Dobrym rozwiązaniem okazała się być modyfikacja koncepcji dynamo. W pracach nad modyfikacją brali udział również naukowcy z Obserwatorium Astronomicznego UJ. W ulepszonej wersji teorii, turbulentne ruchy gazu zastąpiono wybuchami gwiazd supernowych, powodującymi wznoszenie się nad dyskiem galaktycznym dużych pętli magnetycznych. Są one podobne do protuberancji słonecznych, ale posiadają rozmiary ok. pół kiloparseka. Dalej proces wygląda podobnie jak w przypadku „klasycznego” dynamo turbulentnego: sklepanie się poszczególnych pętli w wielkoskalowe struktury z silną składową wzdłuż promienia galaktyki, przeróbka na pole kołowe itd. Pomimo podobieństwa do standardowego dynamo turbulentnego, proponowana nowa wersja tego procesu ma istotną zaletę: mechanizm działa kilkadziesiąt razy szybciej, nawet przy małej prędkości rotacji galaktyki. W galaktykach spiralnych pracuje ono podobnie jak dynamo klasyczne, jednak wymaganie długotrwałej, stabilnej i szybkiej rotacji zostało w koncepcji „szybkiego dynamo” znacznie zredukowane. Jego zalety ujawniają się w galaktykach nieregularnych i ich uporządkowane pola magnetyczne nie są już tak zagadkowe.

Warto wspomnieć, że obserwacje galaktycznych pól magnetycznych są również cennym narzędziem do badania zaburzeń ruchu gazu w galaktykach wchodzących w skład par, grup i gromad tych obiektów. Zaburzenia mogą być wywołane ich wzajemną grawitacją, bądź (szczególnie w gromadach galaktyk) ciśnieniem gazu międzygalaktycznego. Krakowski zespół radioastronomów wykazał, że pola magnetyczne bywają niezwykle „pamiętliwym” i czułym wskaźnikiem zaburzeń ruchu gazu. Bardzo często magnetyczne anomalie obserwuje się w galaktykach niewykazujących perturbacji ani w świetle optycznym ani w rozkładach prędkości i gęstości gazu. Nie można wykluczyć, że zaburzenie było na tyle słabe, lub zaszło tak dawno, że zostało „zapomniane” przez gwiazdy i gaz galaktyki, natomiast pole magnetyczne potrafi je pamiętać przez pół miliarda lat! Zespół badawczy astronomów z Krakowa, Strasburga, Bonn i Paryża właśnie prowadzi szeroko zakrojone poszukiwania i pomiary takich galaktyk. Jest to oddzielny, ogromny temat, już na całkiem inne opowiadanie.



## Jak rodziła się radioastronomia w Krakowie

*Adam Strzałkowski*

*Instytut Fizyki UJ*

Gdzieś w roku 1952 wezwał mnie Profesor Banachiewicz do siebie na I piętro, wręczył mi jakąś szarą broszurkę i powiedział „Niech Pan to przeczyta i zreferuje”. Powiedziałem „Tak jest!”, wróciłem do siebie na II piętro i tam dopiero z przerażeniem stwierdziłem, że jest to odbitka artykułu Rebera o radioastronomii, ale... po hiszpańsku! Nie wiem dlaczego właśnie hiszpański tekst dał mi Profesor do zreferowania, ale przypuszczam, że było to po prostu zgodne z jego twierdzeniem, że najtrudniej nauczyć się pierwszych pięciu języków, a potem to już żaden problem! Daleko mi było wtedy do tego limitu, ale przy pomocy mojej żony, która dobrze znała francuski, jakoś przebrnąłem przez ten tekst.

Problematyka radioastronomiczna zaczęła się wtedy coraz częściej pojawiać na zebraniach naukowych w Obserwatorium, a co więcej zacząłem się zastanawiać, czy nie moglibyśmy podjąć takich obserwacji. Przekonałem do tego Docenta Kordylewskiego, który zapewnił potrzebną pomoc techniczną i finansową kierowanego przez siebie Zakładu Aparatów Naukowych Narodowego Instytutu Mikołaja Kopernika – dostaliśmy błogosławieństwo Banachiewicza i tak się zaczęło.

Włączyliśmy do tych prac Olega Czyżewskiego, znakomitego elektronika obdarzonego „iskrą Bożą” w tej dziedzinie, Profesor Witkowski zarekomendował Banachiewiczowi Inż. Jerzego de Mezera, radiotechnika z Poznania, włączył się też do tego przedsięwzięcia Wiesiek Wiśniewski ze swoim talentem organizacyjnym – Profesor Niewodniczański, który potrafił docenić ten talent, mawiał, że Banachiewiczowi zazdrości tylko Wiśniewskiego.

Najpierw pojawił się problem, gdzie mamy umieścić planowany radioteleskop. O urządzeniu zamiejskiej stacji Obserwatorium mówiło się już od dawna. Były przy tym dwie szkoły. Stefan Piotrowski i ja zajmowaliśmy się obserwacjami fotometrycznymi i potrzebowaliśmy miejsca o dobrych warunkach pogodowych. Za poradą klimatologów wybraliśmy miejsce w pobliżu Jerzmanowic. Janusz Pagaczewski z Ireną Kocyan lobbowali za bliższą lokalizacją za Bieląnami. Znajdował się tam stary poaustriacki fort w miejscu zwanym – według książki Bogdanowskiego o warowniach twierdzy Kraków – „Śmierdząca Skala”. Może zresztą z tą nazwą miejsca niezupełnie jest prawda, podobnie jak i z nazwą fortu, który Bogdanowski nazywa „Fortem Skala”, a ja mam zdjęcie, na którym wyraźnie widać jeszcze napis, że był to fort Franciszka Józefa I – nie byle co, jeżeli nosił imię samego Cesarza. Zwyciężyła ta druga lokalizacja.

Objąłem wobec tego fort w posiadanie. W kopule tkwiła jeszcze poaustriacka armata.



Oleg Czyżewski przy armacie na szczycie fortu

Mostek nad fosą wysadzili Niemcy, którzy w czasie ostatniej wojny tam gospodarowali, zatem aby dostać się do fortu, należało zejść do fosy, a potem przez otwór okienny wejść do... fortecznej latryny. Była wiosna i fosa była pełna zaskrońców, które tam się wylegały. Ja boję się panicznie węży, więc prędko sprowadziłem dwóch etatowych uniwersyteckich murarzy, którzy nam mostek odbudowali.



Mostek do fortu zbudowali dwaj uniwersyteccy murarze

Postanowiliśmy obserwować radiowe promieniowanie Słońca w czasie zaćmienia 30 czerwca 1954 roku. Czasu było niewiele. Wiedzieliśmy z Olegiem Czyżewskim, że na Helu stoją niemieckie anteny radarowe i próbowaliśmy od wojska jedną z tych anten uzyskać. Wszystko skończyło się przesłuchaniem na UB, nie tyle dotyczącym tego skąd wiemy, że te anteny tam są, bo to było dobrze widać, ale skąd wiemy, że to anteny radarowe. Nic z tego nie wyszło i postanowiliśmy zbudować antenę i aparaturę odbiorczą sami. Wybraliśmy długość fali około 1 m i 5 metrową średnicę anteny. Inż. Leon Kowalski, mechanik Uniwersytetu, zrobił projekt i znalazł firmę Inż. Wolframa na Zabłociu,

która podjęła się nasz radioteleskop wykonać. Kowalski zadał nam tylko pytanie, jaka powinna być dokładność parabolicznej czaszy teleskopu. Oczywiście nie mieliśmy zielonego pojęcia. Udało mi się co prawda sprowadzić wtedy już odtajnioną wielotomową amerykańską monografię o radarze, ale tam też nie było takiej informacji. Po jakichś studiach i symulacjach doszliśmy do wniosku, że możemy dopuścić odstępstwa 1% przyjętej długości fali, czyli dokładność czaszy około 1 cm. Kowalski orzekł, że należy zastosować współczynnik bezpieczeństwa 3 i zażądał od Wolframa dokładności 3 mm! I zaczął się cyrk! Kowalski zrobił szablon drewniany specjalnej konstrukcji, wstawiał go do pospawanej przez Wolframa czaszy, obracał i... odrzucał jedno zwierciadło za drugim. To naprawdę zdumiewające, że udało się w końcu Wolframowi pospawać z rur paraboloidę o tej dokładności. Zostały jednak odrzucone dwie czasze, które miały i tak znakomitą dokładność. Zamarzyło nam się wtedy z Olegiem zbudowanie interferometru i zaproponowaliśmy zakup po obniżonej cenie tych odrzuconych zwierciadeł. Ale tu sprzeciwił się stanowczo Kowalski. „Nie można rzemieślnika demoralizować!” – oświadczył nam. Napisałem wtedy do Profesor Wilhelminy Iwanowskiej do Torunia wiedząc, że planuje też rozwijać tam radioastronomię, że w Krakowie są takie dwie czasze do nabycia. Ale nie zareagowała.

Późno, bo dopiero w maju 1954 roku, ustawiliśmy nasz radioteleskop na forcie i już w czerwcu zaczęliśmy uruchamianie aparatury. Czasu było niewiele, a warunki były ciężkie. Na Skale nie było niczego, praktycznie żadnego dojazdu. Kupiony przez Kordylewskiego samochód marki *Adam Opel*, na którym uczyliśmy się jeździć, zdążyliśmy już wykończyć, Jurek de Mezer miał motocykl, czasem udało nam się przejechać na Bielany kolejką wodociągów, czasem rowerem, najczęściej pieszo. Na Skale nie było prądu. Wyszukaliśmy gdzieś z Olegiem i kupiliśmy wojskowy niemiecki benzynowy agregat prądowórczy, akumulatory stacyjne i z nich zasilaliśmy aparaturę.



Dostawaliśmy się na Skagę czasem rowerem – Oleg Czyżewski  
– czasem pieszo – Wiesiek Wiśniewski

Nadszedł dzień 30 czerwca. Z Olegiem Czyżewskim całą noc spędziliśmy na Skale uruchamiając aparaturę.



Radioteleskop już na Skale, a my – od lewej Czyżewski, Strzałkowski i de Mezer – uruchamiamy aparaturę

Ciągle coś nie działało. Nad ranem podłączyliśmy akumulatory do ładowania z agregatu i poszliśmy na spacer do Lasku Wolskiego. I nagle na brzegu Lasku wydawało nam się, że nie słyszymy pracującego silnika agregatu. Wyobraziliśmy sobie, że stanął, akumulatory wyładowują się przez prądnice, wszystko się pali i tak się kończą nasze obserwacje! Nigdy w życiu ani przedtem, ani potem tak prędko nie biegliśmy!

Wszystko okazało się w porządku. Jeszcze coś tam wysiadało, przyjechała ekipa Filmu Polskiego nas filmować i strasznie przeszkadzała. Ale obserwowaliśmy! Pomiary nie były zbyt dokładne, ale były to pierwsze obserwacje radioastronomiczne za pomocą do tego celu wykonanej aparatury w Polsce!



Przyjechała ekipa Filmu Polskiego – trzeci od prawej de Mezer, potem kolejno Czyżewski i Strzałkowski



## Astrofizyka i Ogólna Teoria Względności w Krakowie

*Andrzej Odrzywólek  
Instytut Fizyki UJ Kraków*

Członkowie Zakładu Teorii Względności i Astrofizyki działają w obszarze fizyki teoretycznej i matematyki. Dwa człony nazwy Zakładu odzwierciedlają dwa główne nurty bieżących prac naukowych: matematyczne aspekty Ogólnej Teorii Względności oraz zagadnienia astrofizyki teoretycznej. Oba te zagadnienia są ściśle powiązane ze sobą: nie jest możliwe prowadzenie prac badawczych dotyczących np. czarnych dziur lub gwiazd neutronowych bez OTW i odwrotnie: większość prac dotyczących np. osobliwości czasoprzestrzennych jest umotywowana fizycznymi rozważaniami na temat kolapsu grawitacyjnego i Wielkiego Wybuchu.

Pierwsza grupa, której członków można nazwać fizykami matematycznymi, zajmuje się badaniem interesujących zjawisk w równaniach nieliniowych: powstawanie osobliwości, istnienie globalnych rozwiązań, rozchodzenie się fal w zakrzywionej czasoprzestrzeni, hipoteza cenzury kosmicznej i inne. Prace mają charakter analityczny (rachunki przybliżone, dowodzenie twierdzeń, algebra symboliczna) oraz numeryczny (symulacje komputerowe). Nad tymi problemami pracują: prof. Edward Malec (kierownik Zakładu), prof. Piotr Bizoń, dr Andrzej Rostworowski, dr Krzysztof Roszkowski, Patryk Mach oraz liczni współpracownicy spoza Zakładu. Trzeba tu dodać, że niektóre z rozważanych problemów mają natychmiastowe przełożenie na teoretyczne aspekty współczesnej astrofizyki: spadanie materii (akrecja) na czarne dziury i inne obiekty zwarte (gwiazdy neutronowe, białe karły) oraz detekcja fal grawitacyjnych emitowanych w trakcie zlewania się dwóch czarnych dziur.

Druga grupa, którą można scharakteryzować jako astrofizycy teoretyczni, prowadzi prace badawcze nad znanymi, ale nie do końca zrozumiałymi obiektami i zjawiskami astrofizycznymi, jak gwiazdy neutronowe, wybuchy super- i hipernowych, rozbłyski gamma, galaktyki oraz większe struktury we wszechświecie. Ciekawe realizowane projekty to np. przewidywanie supernowych poprzez detekcję neutrin poprzedzających kolaps grawitacyjny o godziny czy nawet tygodnie oraz badania nad problemem realności ciemnej materii. Do grupy należą pracownicy Zakładu: prof. Marek Kutschera, dr Andrzej Odrzywólek wraz ze współpracownikami. Jest jasne z powyższego opisu, że podział na te dwie grupy badawcze nie jest ostry i następuje przenikanie się tematyki badań.

Tematyka poruszana w Zakładzie jest obecnie dosyć modna i fascynująca, ale nie należy ulegać złudzeniom: osiągnięcie sukcesu w tej dziedzinie wymaga

najwyższych kwalifikacji w matematyce oraz fizyce teoretycznej oraz sporo pracy. Ze względu na rosnącą z roku na rok rolę badań nad procesami, w których istotne jest uwzględnienie 3 (lub 4 w OTW) wymiarów (np. supernowe, zlewianie się czarnych dziur), pomocna jest dobra znajomość języków programowania, zwłaszcza tych umożliwiających obliczenia na wielu procesorach/komputerach jednocześnie.

Nasz zakład jest jedną z niewielu liczących się w świecie polskich grup prowadzących badania nad teorią względności i astrofizyką. Utrzymujemy kontakty i współpracujemy z ośrodkami na całym świecie. Gościem Zakładu był m.in. sir Roger Penrose, najwybitniejszy badacz osobliwości i twórca hipotezy cenzury kosmicznej. Pierwszym kierownikiem Zakładu był prof. Bronisław Średniawa, uczeń nestora krakowskich teoretyków, Jana Weyssenhoffa. Kolejnym kierownikiem Zakładu był prof. Andrzej Staruszkiewicz – jeden z najbardziej znanych polskich uczonych – odkrywca 2+1-wymiarowej grawitacji, a także legendarny (wśród wielu pokoleń studentów) wykładowca. Jego uczniem był profesor Paweł Mazur, autor jednego z ważniejszych dowodów o nieistnieniu włosów w konfiguracjach czarnodziurowych.

Osoby zainteresowane naszą tematyką zapraszamy na ul. Reymonta 4 w Krakowie, szczególnie w środy, kiedy to prowadzone są krótkie (45 min) wykłady na tematy związane z OTW (10:15) i astrofizyką (13:15), lub w dowolnym innym terminie na luźną rozmowę z wybraną osobą z Zakładu, szczególnie z kierownikiem, prof. Edwardem Malcem.

Dane kontaktowe: <http://th-www.if.uj.edu.pl/ztwa/>



WYWIAD**Astrofizyka – moja pasja**

**Z Wiesławem Zajiczkiem – doktorantem w IF UJ  
rozmawia Zofia Gołąb-Meyer**

*Zostałeś od października doktorantem w IF UJ, w Zakładzie Teorii Względności i Astrofizyki. Czy nie kusilo Cię by wyjechać za granicę jak niektórzy twoi koledzy? Jakie miałeś możliwości?*

Tu w Polsce są ludzie, z którymi jestem związany, mogę realizować wspólne pasje i to jest dla mnie ważne. Uznałem, że w Krakowie mam wystarczające możliwości rozwoju i od początku studiów byłem zdecydowany na pozostanie w Polsce. Choć rozumiem decyzje kolegów, którzy wyjechali, to ich prywatny wybór.

*Jaki miałeś temat pracy magisterskiej? A twoja koleżanka Iwona? Możesz objasnić, na czym polegała twoja praca? Czego będą dotyczyć twoje badania wykonane w pracy doktorskiej?*

Napisałem pracę magisterską *Fale grawitacyjne z układów czarnych dziur*, natomiast praca Iwony Kotko dotyczyła dynamiki gromad czarnych dziur. Zagadnieniami tymi zajmowaliśmy się pod kierunkiem prof. Marka Kutschery. Celem mojej pracy było oszacowanie amplitud i częstotliwości fal w różnych sytuacjach astrofizycznych oraz podanie związków pomiędzy parametrami fal grawitacyjnych a wielkościami charakteryzującymi gromady czarnych dziur. Zamierzam nadal pracować nad tymi problemami, tak więc moja praca doktorska będzie dotyczyć fal grawitacyjnych, bądź zagadnień pokrewnych.

*Czy miałeś okazje prezentować już na poważnych forach swoje wyniki?*

Wyniki mojej pracy prezentowałem na konferencji naukowej *Perspektywy astrofizyki cząstek*, która miała miejsce w październiku br. w Krakowie-Prze gorzałach.

*Czy wyjeżdżałeś za granicę w celach naukowych?*

W sierpniu br. uczestniczyłem w *International Summer School on Theoretical Gravitational Wave Astronomy* w Bad Honnefie w Niemczech. Było to dla mnie okazją do poznania najnowszych kierunków w fizyce fal grawitacyjnych i naukowych dyskusji na temat otwartych problemów w tej dziedzinie.

*Jakie badania robi się w zakładzie astrofizyki?*

Spektrum badań prowadzonych w Zakładzie Teorii Względności i Astrofizyki jest dość szerokie. Podejmowane są m.in. zagadnienia takie jak: fizyka czarnych dziur, gwiazd neutronowych, globalne aspekty OTW (Ogólnej Teorii Względności), fale grawitacyjne, akrecja materii na zwarte obiekty, kosmologia – w tym problem ciemnej materii i ciemnej energii, astrofizyka neutrin, problem błysków gamma i wiele innych.

*Kiedy zainteresowałeś się fizyką, astronomią?*

Od dzieciństwa nurtowały mnie tzw. pytania podstawowe. Na początku szkoły średniej interesowałem się głównie filozofią ogólną, potem zacząłem czytać popularnonaukowe książki autorstwa ks. prof. Michała Hellera o tematyce kosmologicznej. Chciałem jednak wiedzieć więcej. Udało mi się wypożyczyć w bibliotece UW monografię naukową tegoż autora *Osobliwy Wszechświat*. Była to dla mnie książka przełomowa. Stwierdziłem, że do choć częściowego jej zrozumienia potrzebuję nauczyć się na własną rękę wielu zagadnień matematycznych i fizycznych. Wtedy właśnie rozpoczęła się moja przygoda z fizyką teoretyczną.

*Jakich miałeś w szkole nauczycieli fizyki i matematyki?*

Bardzo cenię sobie moich nauczycieli przedmiotów ścisłych, Bożenę Piątek i śp. Zbigniewa Góreckiego. Sporo zawdzięczam mojemu matematykowi, który z prawdziwą pasją ukazywał matematykę w kontekście licznych zastosowań i otwartych problemów, zwracając uwagę na jej szczególne piękno. Jako pedagog uważał, że rolą nauczyciela jest nie tyle przekazywanie wiedzy, co inspirowanie ucznia do samodzielnej pracy.

*Czy miałeś w szkole kolegów o podobnych zainteresowaniach?*

Specyficzna atmosfera naukowa stymulowana przez nauczycieli matematyki i fizyki w naturalny sposób zachęcała wiele osób do poszerzania zainteresowań. Wspólnie z kolegami uczestniczyliśmy w konkursach, zajęciach fakultatywnych. Nasze zainteresowania szczegółowe zwykle były rozłączne, nie mniej jednak mogliśmy je rozwijać w klimacie współpracy. Bardzo ważnym wydarzeniem było dla mnie uczestnictwo w tzw. *Przedszkolu Fizyki* w Zakopanem podczas *Krakowskiej Szkoły Fizyki Teoretycznej*. Poznałem tam kolegów i koleżanki o podobnych zainteresowaniach, wysłuchałem pierwszych wykładów naukowych. Wtedy też ostatecznie podjąłem decyzję o podjęciu studiów w Krakowie.

*Czy rodzice utrzymywali Cię na studiach w Krakowie? Jakie miałeś stypendia, jak dorabiałeś? Czy przeszkadzało Ci to w nauce?*

Podczas studiów pobierałem stypendia na uczelni, rodzice mnie nie utrzymywali, choć zawsze mogłem liczyć na ich pomoc. Udzielałem korepetycji uczniom i studentom, nie było to dla mnie przeszkodą w nauce, wręcz przeciwnie – traktowałem to jako bardzo dobrą formę rozwoju. Zdarza się często, że konieczność objaśnienia drugiej osobie danego problemu rewiduje osobiste jego rozumienie, stawia ten problem w nowym świetle i wtedy nauczający również rozwija się.

*Jakie masz hobby?*

Pasjonuję się wspinaczką, jestem taternikiem. Regularnie wspinam się w podkrakowskich skałkach, jednak największą radość i satysfakcję daje mi pokonywanie wielowyciągowych dróg w terenach wysokogórskich.

*Jak widzisz siebie za 10 lat?*

Gdyby ktoś mnie spytał o to 10 lat temu, pewnie nie zobaczyłbym siebie. Choć myślę, że obrałem dobry kierunek, którym chcę podążać. Za 10 lat? Rodzina, praca naukowa na uczelni, wspinaczka – jeśli dane mi będzie to pogodzić, będę czuł się spełniony.



*Gdyby sytuacja życiowa zmusiła cię do szukania pracy bardzo dobrze płatnej, jakie miałbyś możliwości poza fizyką?*

Poza fizyką mógłbym szukać pracy w branży elektrycznej (mam dyplom technika elektryka) bądź informatycznej. Myślę jednak, że moją drogą jest uprawianie fizyki.



## Najważniejsze osiągnięcie fizyki roku 2006

Krzysztof Fiałkowski

Instytut Fizyki UJ

Biuletyn nowości American Institute of Physics *Physics News Update* (PNU) to tygodniowy przegląd najciekawszych artykułów i referatów prezentowanych ze wszystkich działów fizyki, który można przeczytać na stronie internetowej [www.aip.org/pnu](http://www.aip.org/pnu), albo po zamówieniu otrzymywać pocztą elektroniczną. Ukazuje się on już od kilkunastu lat, a co roku w grudniu prezentuje „The physics story of the year”, czyli osiągnięcie uznane za najważniejsze w mijającym roku, oraz listę kilkunastu dalszych najciekawszych wyników prezentowanych w PNU w tym roku.

W tym roku za najważniejszy wynik uznano nowy pomiar momentu magnetycznego elektronu i związane z nim nowe wyznaczenie wartości stałej struktury subtelnej. Pomiar został wykonany w Uniwersytecie Harvarda przez grupę profesora Geralda Gabrielse, która ma już na koncie wiele znakomych osiągnięć związanych z pułapkowaniem cząstek i antycząstek. W szczególności, kilka lat temu uzyskano tam antyprotony o najniższej temperaturze (ok. 4 K), które posłużyły do stworzenia atomów antywodoru i badania ich struktury. Pozwoliło to na najdokładniejsze jak dotąd testy podstawowej symetrii natury: symetrii między stanami cząstek i antycząstek.

Eksperyment przedstawiony w dwu publikacjach w *Physical Review Letters* i w referacie wygłoszonym na konferencji ICAP 2006 dotyczy ruchu elektronu w polach elektrycznych i magnetycznych. Starannie przygotowana pułapka pozwalała na obserwację pojedynczego elektronu przez kilka miesięcy. Był to bardzo szczególny eksperyment: pole magnetyczne wymuszało ruch po płaskiej orbicie „cyklotronowej” przypominający ruch w podstawowym stanie atomu, a pole elektryczne było zmieniane przez wzmacniane impulsy pochodzące od oscylacji elektronu nad- i pod płaszczyznę tego ruchu. Można więc powiedzieć, że badano zjawiska na pograniczu fizyki kwantowej i klasycznej. Wartości energii ruchu w polu magnetycznym są skwantowane, a reakcja układu na zmiany pola elektrycznego wynikłe z oscylacji elektronu pozwala na tłumienie lub wzmacnianie tych oscylacji.

Nie wchodząc w szczegóły techniczne można łatwo przewidzieć, że precyzyjne pomiary oscylacji elektronu pozwalają na wyznaczenie wielkości decydujących o sile jego oddziaływania z polem elektromagnetycznym: ładunku i momentu magnetycznego. W relatywistycznym opisie elektronu jako punktowej cząstki naładowanej o wartości spinu  $s$  (wewnętrznego momentu pędu) równej połowie stałej Plancka  $\hbar/2$ , wartość momentu magnetycznego  $\mu$  jest

związana z wartością spinu prostym wzorem  $\mu = ges/2mc$ , gdzie  $e$  jest ładunkiem elementarnym,  $c$  wartością prędkości światła,  $m$  masą elektronu, a  $g = 2$ . Jednak w kwantowej teorii pola opisującej oddziaływania elektromagnetyczne, czyli tzw. elektrodynamice kwantowej (QED), oddziaływanie elektronu z fluktuacjami próżni, czyli wirtualnymi fotonami i parami elektron-pozyton, powodują, że  $g$  ma wartość różną od 2, którą można obliczyć.

Precyzyjne wyniki obliczeń zależą od tego, czy elektron jest naprawdę elementarny i czy oprócz znanych dziś cząstek elementarnych istnieją inne. Zatem wyznaczenie stopnia zgodności pomiarów z przewidywaniami teorii pozwala zarówno na ograniczenie wartości mas ewentualnych nowych cząstek, jak i na stwierdzenie, do jakiego stopnia elektron można uważać za cząstkę punktową. Względna niepewność wartości  $g$  wyznaczonej w obecnym eksperymencie jest sześciokrotnie mniejsza niż osiągnięta wcześniej: poniżej  $10^{-12}$ . Pozwala to na oszacowanie maksymalnych dopuszczalnych rozmiarów elektronu na ok.  $10^{-18}$  m (1 attometr), czyli minimalnej dopuszczalnej masy hipotetycznych nowych cząstek – składników elektronu – na ok.  $130 \text{ GeV}/c^2$ . Są to ograniczenia niewiele słabsze od tych, jakie uzyskujemy z analizy eksperymentów, w których zderzamy elektrony i pozytony przy najwyższych osiągniętych obecnie energiach (a więc przy użyciu wielkich akceleratorów, nieporównanie droższych w budowie i eksploatacji niż skromna aparatura eksperymentu harwardzkiego).

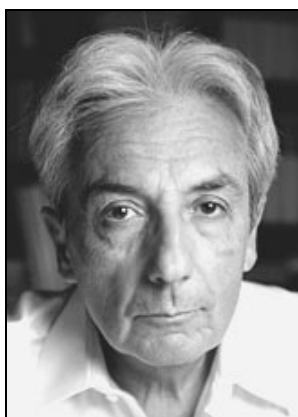
Obliczenia oparte na rachunku zaburzeń w QED wyrażają  $g$  przez tzw. stałą struktury subtelnej  $\alpha = e^2/\hbar c$ , zatem pomiar  $g$  umożliwia wyznaczenie wartości  $\alpha$  z niespotykaną dotąd dokładnością rzędu  $10^{-9}$  tej wartości. Jest to ważny krok na drodze do przyjęcia nowego układu podstawowych jednostek fizycznych, uniezależnionego od wzorców makroskopowych. Przypomnijmy, że obecnie jako jednostki masy (1 kg) używamy ciągle masy wzorca trzymanego pod kloszem w laboratorium w Sevres pod Paryżem, malejącej nieuchronnie w wyniku ścierania przy każdym czyszczeniu...



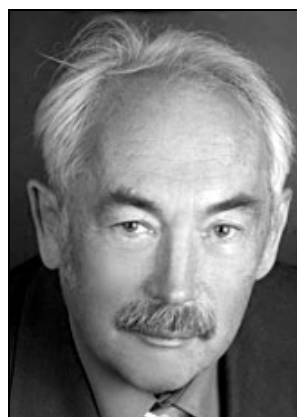
## Nagroda Nobla z fizyki 2007 dla Alberta Ferta i Petera Grünberga

*Michał Rams, Krzysztof Tomala  
Instytut Fizyki UJ*

Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za 2007 rok otrzymali prof. Albert Fert (Francja) i prof. Peter Grünberg (Niemcy) za odkrycie zjawiska gigantycznego magnetooporu (GMR – Giant MagnetoResistance). Zjawisko to zostało odkryte niezależnie przez obydwu fizyków w 1988 roku. W układach wykazujących gigantyczny magnetoopór bardzo małe zmiany pola magnetycznego prowadzą do bardzo dużych zmian oporu elektrycznego, co umożliwiło budowę małych i bardzo czułych sensorów pola magnetycznego. Czujniki takie znalazły zastosowanie do odczytywania informacji z nośników magnetycznych, np. w twardej dyskach stanowiących niezbędny element praktycznie każdego komputera.



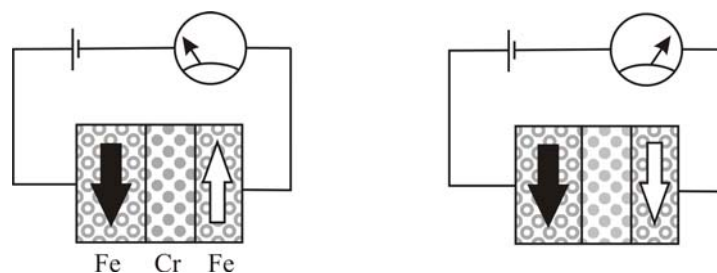
**Albert Fert**



**Peter Grünberg**

Zjawisko magnetooporu, tzn. zależność oporu elektrycznego przewodnika od przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego, zostało zaobserwowane po raz pierwszy przez Lorda Kelyvina w połowie XIX wieku. Lord Kelvin odkrył, że oporność przewodnika z żelaza rośnie, kiedy kierunki pola magnetycznego i prądu elektrycznego są równoległe oraz maleje, kiedy są prostopadłe względem siebie. Efekt był bardzo mały i obserwowalne zmiany oporu wymagały stosowania silnych pól magnetycznych, co uniemożliwiało budowanie czułych sensorów pola magnetycznego opartych na tym zjawisku i nie znalazło szerszego zastosowania.

Odkrycie zjawiska gigantycznego magnetooporu jest nieodłącznie związane z układami warstw metalicznych o nanometrowej grubości, a więc zawierających kilka warstw atomowych. Zjawisko GMR występuje w układach składających się co najmniej z trzech takich warstw, z których dwie skrajne są ferromagnetykami, natomiast warstwa środkowa jest niemagnetyczna. W swoich oryginalnych badaniach P. Grünberg zastosował układ Fe/Cr/Fe (rys. 1) zaś A. Fert, dla wzmocnienia efektu GMR, stosował układ złożony z bardzo wielu naprzemiennie naparowanych cienkich warstw żelaza i chromu  $(\text{Fe/Cr})_n$  z wartością  $n$  dochodzącą do 60. Jedną z przyczyn wykorzystania układów wielowarstwowych o takim składzie jest łatwość wytwarzania w układzie Fe i Cr cienkich warstw o dobrze określonych granicach międzywarstwowych, co wynika z faktu, że żelazo i chrom krystalizują w takiej samej strukturze krystalicznej (struktura regularna przestrzennie centrowana) o bardzo zbliżonych wartościach stałych sieci: 0,388 nm dla Cr i 0,387 nm dla Fe. Okazuje się, że opór takiego układu zależy bardzo silnie od kierunku wzajemnego namagnesowania obydwu warstw ferromagnetycznych. Stosując bardzo prosty model transportu elektronowego w materiałach magnetycznie uporządkowanych i zakładając, że w trakcie przepływu prądu przez układ przedstawiony na rysunku 1 nie nastąpi zmiana kierunku spinu elektronów przewodnictwa, można wykazać, że opór elektryczny takiego układu jest zawsze mniejszy, gdy obydwie warstwy ferromagnetyczne są namagnesowane równolegle, zaś rośnie, gdy momenty magnetyczne obydwu warstw są antyrównoległe. Duże zmiany oporu elektrycznego występują w słabych polach potrzebnych w tym przypadku jedynie do przemagnesowania cienkiej warstwy ferromagnetyka.

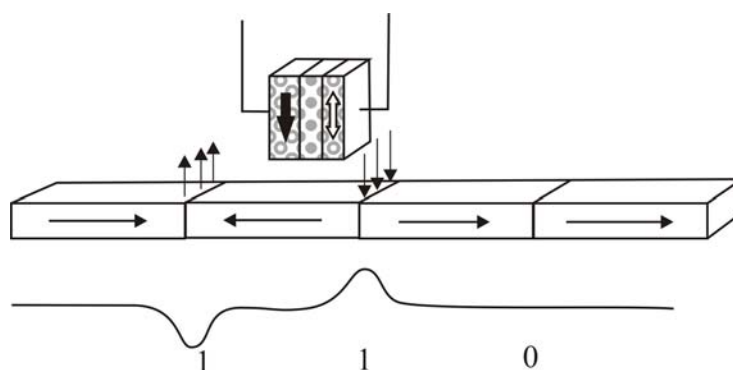


Rys. 1. Przepływ prądu elektrycznego przez układ trzech cienkich warstw z zaznaczeniem kierunku namagnesowania warstw ferromagnetycznych. Natężenie prądu elektrycznego zależy od względnej orientacji momentów magnetycznych obydwu warstw. Czarną strzałką zaznaczono kierunek magnetyzacji warstwy żelaza, którą jest trudno przemagnesować (patrz tekst)

Odkryte zjawisko znalazło bardzo szybko zastosowanie, przede wszystkim w konstrukcji miniaturowych głowic używanych do odczytu informacji zapisanych w formie magnetycznej na takich nośnikach jak twarde dyski. Zastosowanie czujników typu GMR pozwoliło w 1998 roku przekroczyć gęstość zapisu 10 GB na cal kwadratowy.

Aby przedstawiony na poprzednich rysunkach element mógł być stosowany do tego celu, musi istnieć możliwość zmiany w stosunkowo słabych polach magnetycznych wzajemnego ustawienia kierunków magnetyzacji obydwu warstw ferromagnetycznych. Służy do tego celu zarówno niemagnetyczna warstwa chromu, której grubość jest precyzyjnie dobrana tak, aby sprzężenie magnetyczne pomiędzy warstwami żelaza było minimalne, jak i sposób przygotowania warstw ferromagnetycznych. Jedna z nich powinna być spreparowana tak, aby łatwo ją było przemagnesować (materiał powinien wykazywać bardzo wąską pętlę histerezy), druga zaś do wymuszenia zmiany kierunku namagnesowania powinna wymagać znacznie większych pól zewnętrznych. Posiadający takie własności element został nazwany zaworem spinowym (spin valve).

Informacja na twardym dysku jest zapisana jako sekwencja małych obszarów zwanych domenami, namagnesowanych w dwóch kierunkach (rys. 2). Jeden z kierunków może oznaczać zapis „0”, zaś drugi „1”. Występujące w odpowiedniej sekwencji bieguny magnetyczne wytwarzają na granicach domen pole magnetyczne, które jest skierowane prostopadle do płaszczyzny dysku, a jego zwrot zależy od rodzaju spotykających się biegunów magnetycznych. Pokazany na rysunku czujnik GMR jest skonstruowany tak, że namagnesowanie warstwy trudnej do przemagnesowania jest skierowane prostopadle do płaszczyzny dysku, zaś moment magnetyczny warstwy łatwej do przemagnesowania znajduje się w płaszczyźnie dysku. Przemieszczanie się czujnika nad dyskiem powoduje zmiany ustawienia kierunku magnetyzacji do prostopadłej ze zwrotem „do” albo „od” płaszczyzny dysku, co powoduje wzajemnie równoległe lub antyrównoległe ustawienie magnetyzacji obydwu ferromagnetycznych warstw czujnika. Informacja ta jest odczytywana poprzez przepływający przez zawór spinowy prąd. Pokazana na rysunkach prostopadła do kierunku przepływu prądu orientacja warstw, nie jest stosowana w praktyce ze względu na bardzo mały opór. W praktyce wykorzystuje się wykazujący także efekt GMR prąd przepuszczany w płaszczyźnie warstw.



Rys. 2. Zastosowanie elementu GMR do odczytu informacji zapisanej na twardym dysku magnetycznym. Szczegółowe objaśnienia zamieszczono w tekście



Odkrycie efektu GMR w warstwach metalicznych stymulowało prace nad innego typu układem, w którym niemagnetyczna warstwa Cr (rys. 1) została zastąpiona izolatorem. Warstwa izolatora musi wtedy być na tyle cienka, aby umożliwić przepływ prądu tunelującego pomiędzy obydwooma ferromagnetykami. Układy tego typu, zwane tunelującymi złączami magnetycznymi (TMJ – Tunneling Magnetic Junction), wykazują znacznie większy magnetoopór aniżeli klasyczne układy GMR. Ponadto, zastosowana warstwa izolatora umożliwia pracę tego układu w geometrii z prądem prostopadłym do powierzchni warstw. Doprowadziło to do budowy trwałych pamięci magnetycznych MRAM (Magnetic Random Access Memory). Wykorzystanie czujników TMJ pozwoliło w 2007 roku osiągnąć gęstość zapisu ponad 500 GB na cal kwadratowy.

Odkrycie efektu GMR przez A. Fertę i P. Grünberga stanowiło bardzo silny impuls do dalszych prac nad budową układów półprzewodnikowych wykorzystujących spinowo zależny transport elektronowy. Powstała nowa dziedzina nauki zwana magnetoelektroniką lub spintroniką. Prowadzone badania koncentrują się na stworzeniu elektroniki opartej na manipulowaniu spinowymi stopniami swobody elektronu i obejmują takie zagadnienia jak: poszukiwania ferromagnetycznych półprzewodników z wysoką temperaturą Curie, wprowadzanie spinowo spolaryzowanych elektronów z metalu do półprzewodnika i ich transport w półprzewodnikach bez efektu depolaryzacji oraz przełączanie kierunku momentów magnetycznych przez spinowo spolaryzowane prądy. Panuje ogólne przekonanie, że magnetoelektronika jest w chwili obecnej najbardziej obiecującym kierunkiem rozwoju elektroniki.

Więcej informacji na temat układów GMR można znaleźć na stronach:  
[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2007/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/) (skąd pochodzą zamieszczone przez nas zdjęcia Noblistów)  
<http://www.research.ibm.com/research/demos/gmr/>



## WYWIADY Z NOBLISTAMI

### Nobliści mówią

Spisał i tłumaczył Wiesław Zajiczek

#### Albert Fert

Fragmenty wywiadu telefonicznego z Albertem Fertem przeprowadzonego dzień po przyznaniu Nagrody Nobla z Fizyki w dniu 9 października 2007. Rozmawia Adam Smith (AS) z Nobelprize.org.

[AS] – Gratuluję panu wczorajszego przyznania Nagrody Nobla. Jak spędził pan ostatnie 24 godziny?

[AF] – Dziękuję. Ostatnie godziny? – Dużo dziennikarzy, telewizji, próby objaśniania ludziom nauki, fizyki.

[AS] – Zniechęca to ludzi, bo dotyczy mechaniki kwantowej.

[AF] – Jest jednak możliwe wyjaśnienie prostych zagadnień.

[AS] – Analogią, której ja używam, jest idea skrzyżowanych polaryzatorów. Gdy spiny elektronów są skrzyżowane, uniemożliwiają przepływ prądu, zaś gdy są ustawione wzdłuż linii prostej, przepływ jest możliwy.

[AF] – Tak, to dobry obraz zjawiska. Podstawowym pytaniem jest, co może być polaryzatorem dla spinów elektronów?

[AS] – Czy polaryzatorem jest pole magnetyczne?

[AF] – Nie, to nie pole magnetyczne, tylko magnetyczny materiał. U podstawy zjawiska leży wpływ spinu na ruch elektronów w magnetycznych materiałach. Ideą efektu GMR (Gigantyczny Magnetyczny Opór) jest wpuszczenie elektronów do cienkiej warstwy magnetycznego materiału pełniącego rolę pojedynczego polaryzatora bądź do układu wielu polaryzatorów. Ponieważ magnetyzacja może być kontrolowana przez pole, jest to zarazem sposób detekcji pola. Pośrednikiem pomiędzy elektronami a przyłożonym polem jest magnetyzacja warstw. Wspólnie z Peterem Grübergiem w środku lat 80. byliśmy mniej lub bardziej pionierami w dziedzinie wytwarzania takich magnetycznych nanostruktur. Ja wcześniej w pracy doktorskiej zajmowałem się wpływem spinu na przewodnictwo. Peter Grünberg w 1986 r. badał cienkie materiały złożone z warstw żelaza i chromu. Zaobserwował istnienie sprzężenia pomiędzy warstwami żelaza, które prowadziło do tego, że magnetyzacje w tych warstwach ustawały się antyrównolegle. W układzie tym możliwe było dokonywanie

zmian od równoległych do antyrównoległych polaryzatorów. Odkrycie efektu GMR nastąpiło dzięki połączeniu badań nad przewodnictwem i rezultatu eksperymentu Grünberga oraz innych. Tak więc było to spotkanie fizyki fundamentalnej i nanotechnologii.

*[AS] – Tak więc musi pan być świadomy tego, co dzieje się w obu tych dziedzinach?*

[AF] – Tak. Nanotechnologia jest użytecznym narzędziem dla fizyków, biologów i chemików. Nie jest jednak nauką w ścisłym sensie, jest narzędziem. Użyliśmy go do odkrycia GMR. Obecnie nanotechnologia jest stosowana w wielu aspektach spintroniki. W mojej opinii, ważniejszym od zastosowania GMR w twardej dyskach jest otwarcie nowego kierunku w nauce w postaci spintroniki.

*[AS] – Choć są to nadal badania podstawowe, jakie widzi pan praktyczne zastosowania spintroniki?*

[AF] – Praktyczne zastosowania? Kolejna generacja MRAM (Magnetic Random Access Memory) będzie wykorzystywała przełączanie pamięci na drodze transferu spinu. Zostało to już ogłoszone przez *Sony* w Japonii, a także przez *Hitachi*. Innym zastosowaniem, nad którym obecnie pracuję, jest emisja mikrofal. Wykorzystując oscylacje magnetyzacji można na drodze transferu spinu wyindukować napięcie o częstotliwości rzędu GHz i spowodować emisję mikrofal. Zaletą tej metody jest możliwość łatwej i bardzo płynnej regulacji częstotliwości, co jest ważne z punktu widzenia zastosowań.

*[AS] – Chciałem jeszcze powrócić do tego, że jest pan nowym Laureatem, tak więc ma pan powód do świętowania. Jakie są pana perspektywy w tej szczególnej sytuacji?*

[AF] – Dla mnie jest to fantastyczne, a może też dla mojego zespołu? Moi młodzi współpracownicy są bardzo szczęśliwi, będąc rozpoznawanymi. Chodzi też o rozpoznawalność pracy, którą wykonuję ja i mój zespół. Jest to bardzo dobrą szansą na dalszy rozwój naszych badań.

*[AS] – Dziękuję za rozmowę, do zobaczenia w Sztokholmie podczas odbioru Nagrody Nobla*

[AF] – Dziękuję i do zobaczenia.

## Peter Grünberg

Telefoniczny wywiad (fragment) z Peterem Grünbergiem przeprowadzony zaraz po przyznaniu Nagrody Nobla z Fizyki 9 października 2007. Rozmawia Adam Smith z Nobelprize.org.

*[AS] – Gratuluję przyznania Nagrody Nobla. Otrzymał ją pan wspólnie z Albertem Fertem za odkrycie efektu GMR (Giant MagnetoResistance). Kiedy dowiedział się pan, że Albert Fert dokonał tego samego odkrycia?*

[PG] – W 1988 r. spotkaliśmy się w Paryżu na konferencji dotyczącej magnetyzmu. W Le Creusot wygłosiliśmy referaty, po których stwierdziliśmy, że „oczywiście odkryliśmy ten sam rodzaj efektu”. Moje odkrycie dotyczyło struktury dwuwarstwowej, natomiast Albert Fert badał struktury wielowarstwowe, tak więc efekt był silniejszy w drugim przypadku. Uświadomiliśmy sobie jednak, że to samo zjawisko fizyczne zachodzi w obu różnych układach.

*[AS] – Poszukiwał pan efektu, który został odkryty, czy też było to nieoczekiwane odkrycie podczas badań nad czymś innym?*

[PG] – Zrobiliśmy eksperyment, ponieważ oczekiwaliśmy czegoś. Oczekiwałem, że elektrony, które przechodzą przez warstwę materiału, a mają spiny przeciwne do magnetyzacji warstwy, będą inaczej rozpraszane niż elektrony mające spiny zgodne z magnetyzacją. Dzięki temu powinna istnieć różnica w oporach dla równoległego i antyrównoległego ustawienia magnetyzacji w takich dwuwarstwowych strukturach.

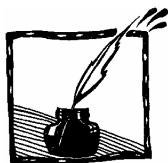
*[AS] – Rozważany efekt jest skomplikowanym zjawiskiem kwantowym. Czy jednak możemy odwołać się do analogii skrzyżowanych polaryzatorów, przez które światło nie może przejść?*

[PG] – Jak najbardziej, analogia ta jest bardzo dobra.

*[AS] – Zjawisko GMR ma wiele różnych zastosowań. Które z nich jest dla pana najbardziej ekscytujące?*

[PG] – Obecnie najbardziej dyskutowanym jest zastosowanie tego efektu w twardych dyskach. Myślę, że z punktu widzenia ekonomicznego był to przełom w technologii twardych dysków. Ponieważ jednak znamy to zastosowanie od wielu lat, nie jest ono obecnie dla mnie najbardziej ekscytujące. Znam inne dziedziny, w których GMR jest bardzo użyteczna, w szczególności w detekcji materiału genetycznego, który można separować używając magnetycznej separacji. Związane jest to z wykorzystaniem magnetycznych nanocząstek, które są superparamagnetyczne. Jest to niezwykle szeroki temat podejmowany obecnie w bardzo znanych laboratoriach. W przypadku twardych dysków superparamagnetyzm jest zjawiskiem niekorzystnym, natomiast w badaniach biologicznych może znaleźć bardzo szerokie zastosowanie.

*[AS] – Dziękuję za rozmowę i jeszcze raz gratuluję.*



## „I gra gitara”, czyli o fizyce gitary

Michał Krupiński

Student fizyki Akademii Górniczo-Hutniczej

Charakterystyczne brzmienie gitary jest bez trudu rozpoznawane przez każdego i możemy się z nim spotkać przy ognisku, na wycieczce lub też w bardziej wyszukanej formie – na koncercie. Wiele osób posiada gitarę i potrafi na niej grać ze względu na powszechną dostępność tego instrumentu i niezbyt skomplikowaną technikę gry. Okazuje się, że gitara jest ciekawym obiektem fizycznym, dzięki któremu „na własne uszy” możemy przekonać się jak działa i jak pięknie brzmieć może fizyka.

Inspiracją do rozważań nad fizyką gitary była jedna z wielu wycieczek w góry. Oczywiście, oprócz mozolnego wdrapywania się pod górę i podziwiania przepięknych widoków, nie zabrakło także wieczornego ogniska z nieodłącznym brzmieniem gitary. Początkowy rytuał strojenia i bogata gama dźwięków płynących pod rozgwieżdżonym niebem skłoniły do rozważań: Dlaczego różne gitary posiadają różną barwę dźwięku? Jak działa pudło rezonansowe? Jak drgają struny? Zaraz po powrocie z gór postanowiłem odpowiedzieć na powyższe pytania.

Zacznijmy od źródła dźwięku, czyli od strun. W zależności od typu gitary zbudowane są one z różnych materiałów. W przypadku gitar klasycznych spotykamy się z nylonowymi żyłkami o różnej grubości. Gitary akustyczne i elektryczne wyposażone są natomiast w struny stalowe. W obu przypadkach najgrubsze z nich są owijane metalowym drucikiem. Oczywiście rodzaj strun wpływa na barwę dźwięku. Dźwięk strun metalowych jest określany przez muzyków jako „jaśniejszy” i „ostrzejszy” natomiast dla strun nylonowych jako „bardziej miękki”. Próbki dźwięków można usłyszeć na stronach internetowych: [1] – struny stalowe, [2], [3] – nylonowe.

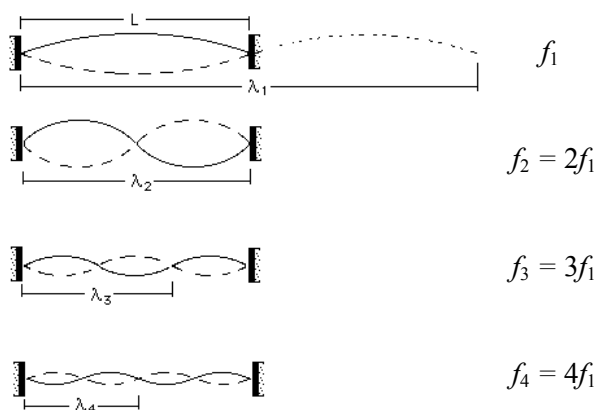
No dobrze, struna to kawałek żyłki bądź drutu, ale gdzie tu fizyka? Fizyka zaczyna się w momencie, w którym usiłujemy wydać z gitary dźwięk. Pobudzamy zatem strunę szarpiąc ją palcem. Szarpiemy, czyli wychylamy ją z położenia równowagi, nadając jej kształt podobny do kształtu sznurka z praniem obciążonego w jednym miejscu. Następnie puszczaamy strunę i pozwalamy jej swobodnie drgać. Tworzy się wtedy fala stojąca posiadająca węzły na końcach struny. Różne warianty takiej fali stojącej na strunie (zwane *modami*) przedstawia rys. 1. Drgająca struna emituje energię w postaci dźwięku o pewnej wysokości. Za wysokość odbieranego przez nas dźwięku odpowiada częstotliwość, z jaką drga struna. Zaprzęgając do działania matematykę i fizykę możemy na kartce papieru wyprowadzić wzór na tę częstotliwość.

Zatem do dzieła. Szybkość rozchodzenia się w strunie fal poprzecznych jest dana jako  $v = \sqrt{F/\mu}$  i jest taka sama dla wszystkich częstotliwości [4]. Występujące we wzorze  $F$  to siła naciągu struny, a  $\mu$  to jej gęstość liniowa. Z analizy sposobu powstawania fal stojących na strunie (rys. 1) wydedukować możemy długość fali równą  $\lambda = 2l/n$  gdzie  $l$  to długość struny, a  $n$  jest liczbą naturalną. Stąd już prosto dojdziemy do częstotliwości fali:

$$f_n = \frac{v}{\lambda} = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Równanie to po raz pierwszy zostało podane niezależnie przez Pere Marina Mersenne'a i Galileusza około roku 1635 [5]. Widzimy, że częstotliwość, z jaką drga struna, zależy od siły naciągu struny  $F$ . No tak, przecież strojąc gitarę zmieniamy właśnie naciąg struny, chcąc dostosować częstotliwość drgań struny do odpowiedniego poziomu. We wzorze pojawia się również  $l$ , czyli długość struny. Tu też nie ma niespodzianki. Grając na gitarze wydobywamy różne dźwięki przyciskając strunę do odpowiednich progów na gryfie, a tym samym zmieniamy jej aktywną długość. Analizujmy wzór dalej:  $\mu$  to masa struny na jednostkę długości. Aha, czyli wysokość dźwięku zależy również od grubości struny i materiału, z jakiego jest ona wykonana. Wszystko staje się jasne – to dlatego struny w gitarze mają różne grubości i to dlatego struny basowe owijają się dodatkowo metalowym drucikiem.

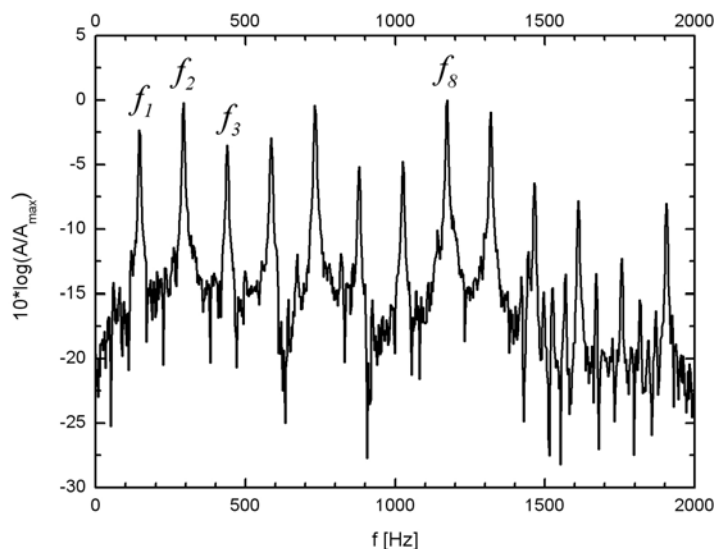
Do całkowitego rozszyfrowania wzoru pozostała jeszcze litera  $n$ , która może przyjmować wartości kolejnych liczb naturalnych. Oznacza to, że struna może drgać równocześnie z wieloma częstotliwościami a nie tylko z jedną. Te różne drgania nazywamy modami i przedstawia je rys. 1. Najniższą częstotliwość, z jaką może drgać struna, nazywamy częstotliwością podstawową  $f_1$  i odpowiada ona pierwszemu modowi drgań.



Rys. 1. Różne mody drgań struny (od pierwszego do czwartego) wraz z odpowiadającymi im długościami fali i częstotliwościami

Po przeanalizowaniu podstaw teoretycznych warto przekonać się samemu jak drga struna. Potrzebny jest do tego tylko komputer, mikrofon i oczywiście gitara. Zatem mikrofon w dłoń, włączamy komputer i nagrywamy gitarę! W moim przypadku do swoich pomiarów użyłem najzwyklejszego mikrofonu używanego do głosowych komunikatorów internetowych oraz programu Cool Edit do obróbki uzyskanych nagrań. Podobne możliwości analizy sygnału dźwiękowego oferują inne dostępne programy takie jak na przykład WaveLab czy Audacity.

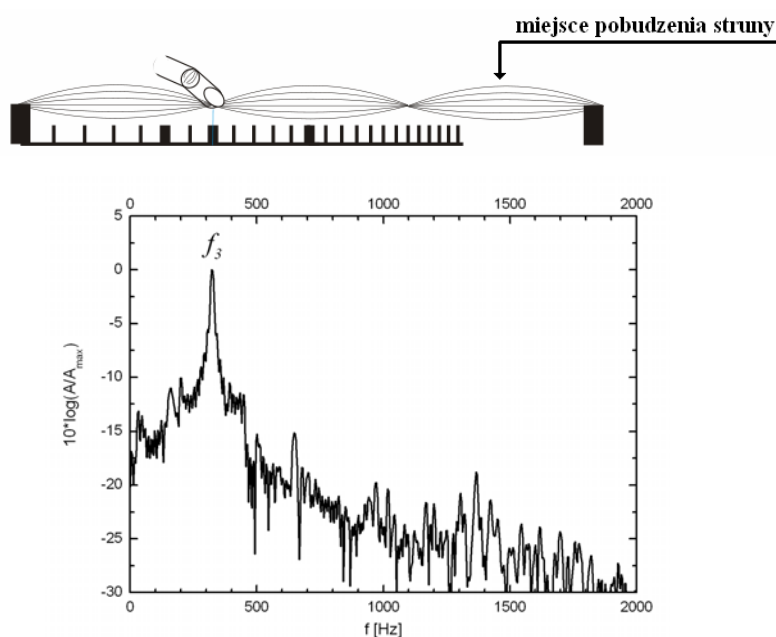
Pierwsze trącenie struny i już wszystko jasne. Analiza częstotliwościowa na rys. 2 wyraźnie pokazuje, że w dźwięku pojedynczej struny znaleźć możemy co najmniej 10 wyraźnych częstotliwości odpowiadających kolejnym modom drgań. To właśnie obecność wielu różnych częstotliwości odpowiada za bogatą barwę gitarowego brzmienia. Analiza częstotliwościowa wyjaśnia również, dlaczego różne typy gitar posiadają odmienną barwę dźwięku. Za barwę dźwięku odpowiada bowiem zawartość różnych częstotliwości w jego widmie. Amplitudy tych częstotliwości są odmienne dla każdej z gitar, dzięki czemu nasze ucho jest w stanie zarejestrować różnice w dźwięku. Możemy zaobserwować to wykonując podobny pomiar dla gitary klasycznej i akustycznej.



Rys. 2. Widmo częstotliwościowe drgającej struny gitarowej. Na osi pionowej odłożona jest względna amplituda odpowiadająca danej częstotliwości. W widmie widocznych kilkanaście częstotliwości

A czy możemy ze struny gitarowej wydobyć dźwięk posiadający tylko jedną pojedynczą częstotliwość? Okazuje się, że tak! Gitarzyści dźwięki takie nazywają flażoletami i grają je w dosyć specyficzny sposób. Nie przyciskają struny

go gryfu, ale delikatnie przytrzymują ją opuszką palca w miejscu odpowiadającym jej  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  lub  $\frac{1}{4}$  długości tak, jak to zostało pokazane na rys. 3. Tym samym wyznaczają węzeł fali stojącej. Drugą ręką pobudzają strunę do drgań w miejscu odpowiadającemu strzałce fali stojącej na strunie. W takim przypadku struna wydaje dźwięk, w którego widmie dominuje tylko jedna częstotliwość.



Rys. 3. Sposób pobudzenia struny w przypadku grania fłazoletu i widmo częstotliwościowe dźwięku. Widoczna dominacja jednej częstotliwości w widmie dźwięku

Przejdźmy teraz do najokazalszej części gitary, czyli do pudła rezonansowego. Struny przymocowane są do niego za pomocą mostka, który w sposób mechaniczny przekazuje drewnianym częściom pudła drgania strun. Przekaz energii od strun do pudła odbywa się również w pewnym stopniu przez powietrze, o czym łatwo możemy się przekonać krzycząc w otwór rezonansowy. Pudło „odpowie” nam wtedy cichym, ale wyraźnie słyszalnym buczeniem. Razem z całym pudłem drga również powietrze w jego wnętrzu. Drgania te przenoszą się następnie na drgania otaczającego powietrza, czyli na dźwięk. Na pierwszy rzut oka wszystko wydaje się być proste.

My jednak jesteśmy dociekliwi i znów, posługując się mikrofonem podłączonym do komputera, zaobserwujemy dokładnie działanie pudła rezonansowego. Rysunek 4 pokazuje jak wybrzmiewa struna E (najgrubsza struna gitary) w obecności pudła rezonansowego i bez niego. Aby wynik był dokładniejszy

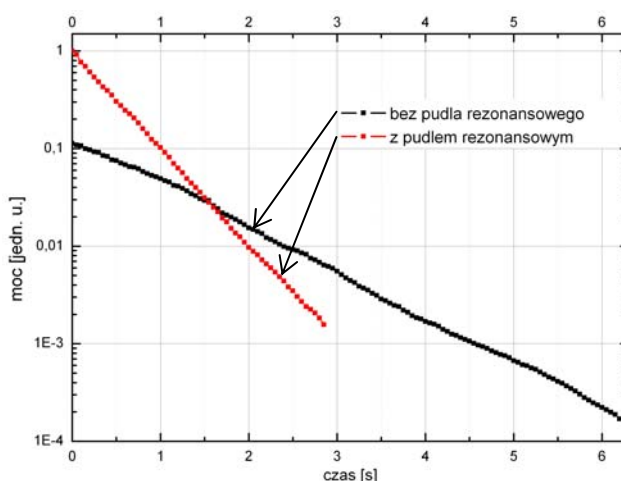


i pozbawiony szumów, pomiary wybrzmiewania struny przeprowadziłem w komorze bezchowej znajdującej się w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Widzimy, iż pudło rezonansowe sprawia, że przekaz energii od struny do powietrza na początku wybrzmiewania jest efektywniejszy, a co za tym idzie słyszany przez nas dźwięk staje się głośniejszy. Dzieje się tak dzięki dużym wymiarom pudła. Sama struna, posiadając niewielkie pole powierzchni, w małym tylko stopniu oddziałuje z powietrzem, przez co tylko niewielka część jej energii przekazywana jest w każdej sekundzie w postaci dźwięku. Przymocowana natomiast do pudła rezonansowego tworzy układ, który posiadając o wiele większą powierzchnię, jest w stanie sprawniej przekazywać energię mechaniczną struny w energię fali dźwiękowej. Pudło rezonansowe jest zatem niczym membrana w głośniku, która umożliwia sprawny transfer energii od elementu drgającego do powietrza.

Z wykresu na rys. 4 widzimy również, iż dźwięk struny w obecności pudła rezonansowego brzmi krócej. Okazuje się, że pudło rezonansowe stwarza strunie pewien „opór”, przez co szybciej wytraca ona swoje drgania. Szybkość przekazywania energii w postaci dźwięku możemy opisać prostą zależnością:

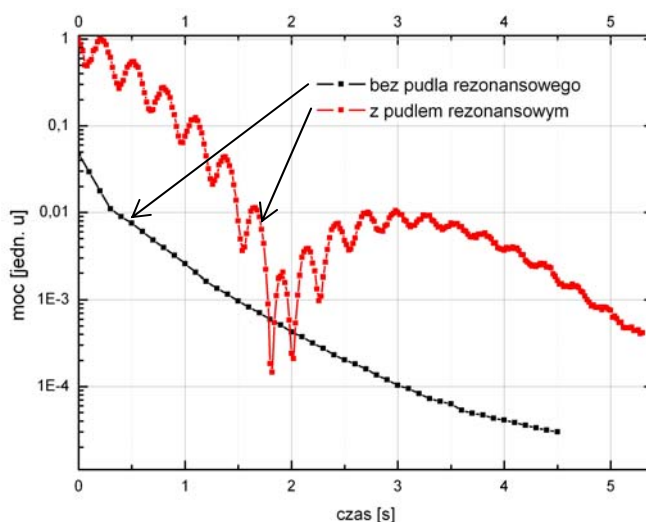
$$P(t) = P_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

gdzie  $P(t)$  to moc dźwięku w chwili  $t$ , natomiast  $\tau$  jest stałą czasową opisującą jak szybki jest zanik mocy dźwięku. W przypadku struny z pudłem rezonansowym ta stała czasowa wynosi 0,44 s, podczas gdy bez pudła rezonansowego osiąga ona wartość 1,17 s. Szybsze wytracenie energii struny w obecności pudła to większa moc fali dźwiękowej, czyli głośniejszy dźwięk.



Rys. 4. Moc emitowanego dźwięku w zależności od czasu dla struny przymocowanej do pudła rezonansowego i tej samej struny przymocowanej do kawałka drewna. Pomiar przeprowadzony dla struny E (najgrubsza struna gitary) o częstotliwości podstawowej  $f_1 = 82,4$  Hz

Nie wszystko jest jednak tak proste jak się wydaje na pierwszy rzut oka. Rysunek 5 pokazuje podobny wykres zaniku mocy dźwięku jednak tym razem dla struny H (druga struna w gitarze licząc od najcieńszej). Widzimy, że w tym przypadku zanik mocy dźwięku dla struny przymocowanej do pudła rezonansowego nie może być opisany prostą funkcją eksponencjalną. Na wykresie pojawiają się wyraźne zduńnienia, których źródłem jest pudło rezonansowe. Widzimy, że dla struny przymocowanej do kawałka drewna one nie występują. Wzrost głośności dźwięku w okolicach trzeciej sekundy jest nawet słyszalny nieuzbrojonym uchem. Zauważmy również, że wzmacniające działanie pudła rezonansowego jest przypadku struny H nieco silniejsze niż dla struny E.



Rys. 5. Moc emitowanego dźwięku w zależności od czasu dla struny przymocowanej do pudła rezonansowego i tej samej struny przymocowanej do kawałka drewna. Pomiar przeprowadzony dla struny H (druga struna w gitarze licząc od najcieńszej) o częstotliwości podstawowej  $f_1 = 246,9$  Hz

To właśnie pudło rezonansowe decyduje o jakości instrumentu i jest odpowiedzialne za barwę i głębię dźwięku. Oczywiście chcielibyśmy, aby nie wzmacniało ono tylko dźwięku o jednej konkretnej częstotliwości, ale aby było jak najwszechstronniejsze i „działało” dla szerokiej gamy tonów. Aby spełnić te wymagania pudła rezonansowe dobrych gitar muszą być lekkie i sztywne. Są wykonywane ze szlachetnych gatunków drewna posiadających jak najdrobniejsze słoje, by podczas drgań nie tracić zbyt wiele energii w postaci ciepła. Skonstruowanie dobrego pudła nie jest sprawą prostą i przez wieki była to tajemnica lutników, którzy zdobywali swoją wiedzę przez lata metodą prób i błędów. Dziś coraz częściej stosuje się dokładne komputerowe pomiary, dzięki którym pudła rezonansowe współczesnych gitar potrafią sprawnie wzmacniać zarówno

bardzo niskie jak i wysokie częstotliwości, przez co słyszany przez nas dźwięk jest bogaty, pełny i głęboki.

*Serdecznie dziękuję prof. Andrzejowi Ziębie z Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH za opiekę merytoryczną podczas pisania niniejszego artykułu oraz dr Wiesławowi Wszółkowi z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH za udostępnienie komory bezchowej oraz sprzętu pomiarowego.*

[1] <http://www.glooped.com/gloop.php?gloopId=d17c657e49011f50242cff164d3f2318>

[2] <http://www.glooped.com/gloop.php?gloopId=063a3f15a888741f7bace8e524bfc37f>

[3] <http://sixstringlive.com/audio.htm>

[4] R. Resnick, D. Haliday, Fizyka 1, PWN Warszawa 1999, s. 504

[5] Jess J. Josephs, Fizyka dźwięku muzycznego, PWN Poznań 1970, s. 107

także: <http://ffden-2.phys.uaf.edu/211.web.stuff/billington/main.htm>

<http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitar>

### Częstotliwości podstawowych tonów gamy

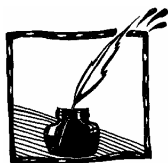
Polecamy *Foton* 48, styczeń/luty 1997, a w nim artykuły:

1. *Fizyczne podstawy muzyki. Piękno ukryte w liczbach* – Piotra Zielińskiego
2. *Fraktalne własności muzyki* – Marka Wolfa
3. *Kompozytor o twórczości komputerowej* – Krzysztofa Meyera
4. *Fizyka głosu* – Barbary Blicharskiej

Ku Państwa wygodzie przedrukowujemy tabelę:



Ton	c̄	d̄	ē	f̄	ḡ	ā	h̄	c̄̄
Częstotliwość [Hz]	264	297	330	352	396	440	495	528
Stosunki częstości	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Nazwy interwałów (względem c̄)	Prima	Sekunda	Tercja	Kwarta	Kwinta	Seksta	Septima	Oktawa



## Wpływ przygotowania ze szkoły średniej na wyniki egzaminów z fizyki w uczelniach technicznych

*Henryk Figiel, Janusz Niewolski*  
*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej*  
*Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków*

### Streszczenie

W artykule poruszono problem słabego przygotowania z fizyki kandydatów na studia techniczne i jego korelacji z programem nauczania w szkołach średnich. Analizę podjęto, aby sprawdzić, na ile zmiana systemu kształcenia w szkołach średnich wpłynęła na wyniki nauczania fizyki w AGH. Przedstawiono i przedyskutowano wyniki z egzaminów w funkcji ocen i roczników oraz porównano je dla dwóch wybranych wydziałów na AGH. Przeanalizowano przyczyny tego problemu, przedstawiono obecne środki zaradcze i zaproponowano rozwiązania. Wykazano, że w wyniku reformy szkolnictwa średniego i zasad rekrutacji na wyższe uczelnie techniczne statystycznie poziom wiedzy z fizyki u przyjętych na studia obniżył się.

### Wstęp

Problem słabego przygotowania z fizyki kandydatów na studia techniczne istnieje od wielu lat. Dawniej, gdy w szkołach średnich poświęcano dużo więcej czasu na uczenie fizyki, uczelnie techniczne prowadziły selekcję kandydatów w oparciu o egzaminy wstępne z matematyki i fizyki, co zmuszało ich do uzupełniania braków jeszcze przed rozpoczęciem studiów. W ostatnich latach mieliśmy jednak do czynienia ze zmianami zarówno w programie nauczania jak i w zasadach przyjęć. Zlikwidowano bowiem egzaminy wstępne, zastępując je konkursem matur. Spowodowało to w praktyce zniesienie wymogu zdawania fizyki na maturze dla kandydatów na studia techniczne. Ostatnio wprowadzona reforma szkolnictwa z 3-letnim liceum o bardzo ograniczonej liczbie godzin nauczania fizyki związana z „nową maturą” jeszcze pogorszyła sytuację. Za wyjątkiem takich kierunków jak informatyka czy elektronika na studia techniczne przychodzi bowiem młodzież głównie po klasach ogólnych z reguły niezdająca fizyki na maturze, a więc z bardzo niską wiedzą z tego przedmiotu. Dodatkowo zlikwidowanie techników wyeliminowało sporą grupę kandydatów w miarę dobrze przygotowanych z fizyki. Z kolei na zajęcia z przedmiotów podstawowych (matematyka, fizyka, chemia) na studiach jest też mniej czasu w programach, a przyszły inżynier musi jednak mieć odpowiednio elementarną

wiedzę z fizyki, żeby mógł studiować przedmioty techniczne. Oznacza to, że na studiach nie ma ani czasu, ani możliwości, aby rozpocząć nauczanie fizyki od początku.

Powszechne jest odczucie wykładowców fizyki na naszej Uczelni, że poziom przygotowania kandydatów na studia obniżył się w związku z wprowadzeniem reformy szkolnictwa uwieńczonej „nową maturą”, zdawaną po raz pierwszy w roku 2005. W niniejszym opracowaniu podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, jaki jest wpływ tej reformy na wyniki egzaminów. Przeanalizowano wyniki studentów zdających po raz pierwszy egzamin z fizyki po wysłuchaniu wykładów z fizyki, a więc wtedy, gdy poziom przygotowania ze szkoły średniej mógł mieć wpływ na wynik egzaminu.

### Egzaminowanie

Analizę przeprowadzono zarówno w funkcji czasu jak i poziomu przygotowania kandydatów. Przeprowadzono analizę wyników egzaminów dla:

- ♠ I roku kierunku „Fizyka Techniczna” na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej (WFiIS), gdzie semestr obejmował 3 godziny wykładu oraz 2 godziny ćwiczeń rachunkowych tygodniowo,
- ♠ I roku kierunku „Metalurgia” na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej (WIMiIP), gdzie I semestr obejmował 2 godziny ćwiczeń rachunkowych /przygotowawczych/ będących powtórką z liceum, a II semestr 2 godziny wykładu i 1 godzinę ćwiczeń rachunkowych.

Studenci, którzy uczęszczali na zajęcia byli przyjmowani na wydziały w następujący sposób:

- ♣ WFiIS – nabór własny 80–90% + głównie kandydaci, którzy się nie dostali np. na informatykę WEAIiE i inne wydziały, wymagania: matura z matematyki, fizyki lub chemii,
- ♣ WIMiIP – nabór własny ~50% + kandydaci, którzy się nie dostali na inne wydziały AGH, wymagania: matura z matematyki.

Celem wykładów jest przekazanie młodzieży pełnego obrazu fizyki poszerzonego i pogłębionego w stosunku do zakresu materiału nauczanego w szkole średniej. Oznacza to założenie posiadania wiedzy „minimum” wynikającej z programu szkoły średniej i stąd idea semestru wyrównawczego dla studentów, którzy nie wynieśli odpowiedniej wiedzy w zakresie fizyki ze szkoły średniej. W trakcie wykładu podawane są pewne elementy matematyki wyższej (wektory, całki, różniczki, pochodne), które wyprzedzają wykład z matematyki.

Zakres tematyczny na obydwu Wydziałach praktycznie jest taki sam, z tym, że na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej odpowiednio pogłębiony i poszerzony. Tematyka wykładów obejmowała następujące zagadnienia:

Kinematyka, dynamika, dynamika ruchu obrotowego, szczególna teoria względności, drgania i fale, termodynamika.

Bardziej szczegółowo tematyka wykładów dla metalurgów obejmuje:

- Omówienie roli fizyki w naukach technicznych.
- Pomiar, jednostki, podstawowe zasady fizyki, układ odniesienia, działy fizyki i ich związek, podstawowe oddziaływania, stany skupienia materii.
- Kinematyka ruchu, równanie toru, prędkość i przyspieszenie, ruch prostoliniowy i obrotowy, zasada niezależności ruchów.
- Dynamika punktu materialnego. Zasady dynamiki Newtona, prawa mechaniki w układach nieinercjalnych, pojęcie pola sił, pole grawitacyjne. Zasada zachowania pędu i momentu pędu. Praca, energia, pojęcie potencjału, potencjalne pole sił, energia kinetyczna i potencjalna, zachowawcze pole sił, zasada zachowania energii.
- Dynamika bryły sztywnej, równania Eulera, precesja, żyroskop.
- Podstawy szczególnej teorii względności, transformacja Lorentza, czasoprzestrzeń, niezmiennik transformacji Lorentza, diagram Minkowskiego, skrócenie długości, dylatacja czasu, transformacja prędkości, czterowektor energii i pędu, energia całkowita, energia kinetyczna i masa w ujęciu relatywistycznym.
- Ruch drgający, składanie drgań, oscylator harmoniczny, wahadło rzeczywiste i fizyczne, drgania tłumione, drgania wymuszone, rezonans, energia drgań, dobroć oscylatora.
- Fale, parametry fali, prędkość, dodawanie fal, interferencja, energia fali, fale odbite i stojące.
- Termodynamika, zasady, kinetyczna teoria gazów, gaz rzeczywisty, skraplanie gazów.
- Mechanika cieczy, prawo Bernoulliego.

Egzaminy były przeprowadzane w formie pisemnej lub ustnej.

- Egzamin ustny był przeprowadzany na kierunku fizyki technicznej Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej (prof. dr hab. W. Łużny)
- Egzamin pisemny był przeprowadzany na kierunku metalurgii Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej (prof. dr hab. H. Figiel). Egzamin „zerowy” przeprowadzany jako egzamin ustny dla studentów z oceną co najmniej 4,0 z ćwiczeń.

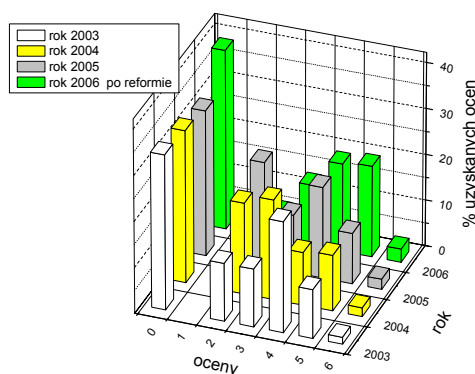
Egzamin pisemny obejmował 6 tematów, w tym 5 z zakresu aktualnie wyłożonego materiału oraz 1 zadanie do rozwiązania. Aby uzyskać pozytywną ocenę należało opracować poprawnie odpowiedzi na co najmniej 4 tematy i rozwiązać zadanie. Czas: 3 godziny lekcyjne.

Po poprawie opracowań pisemnych w przypadkach wątpliwych odbywała się rozmowa z każdym studentem na temat jego opracowania – wyjaśnienie błędów i braków oraz dodatkowe pytania z zakresu wyłożonego materiału w celu ustalenia oceny.

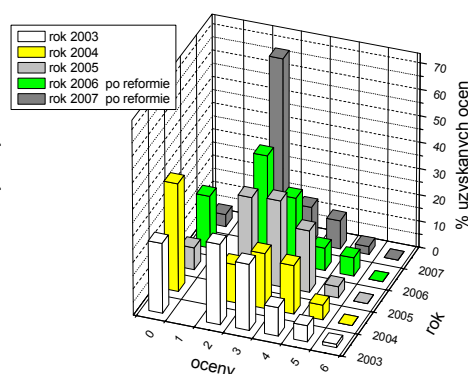
### Analiza wyników

Analizie poddano wyniki tzw. „pierwszego podejścia”, a więc pierwszego egzaminu studenta, gdzie wynik jest silnie skorelowany z przygotowaniem (zarówno merytorycznym jak i umiejętnością logicznego myślenia i rozwiązywania problemów) wyniesionym ze szkoły średniej. Porównane zostały wyniki uzyskiwane w latach poprzedzających reformę z wynikami „nowych maturzystów”, czyli uzyskanymi w latach 2006 i 2007.

Wyniki uzyskane na egzaminach przedstawiają rys. 1 i 2 odpowiednio dla Wydziału FiIS i Wydziału IMiIP. Pokazano rozkłady ocen z lat 2003–2006. Na osi „oceny” jako „0” przedstawiono % liczby studentów, którzy nie przystąpili do egzaminu, to znaczy nie uzyskali zaliczenia z ćwiczeń lub zrezygnowali. Do ocen „4” i „5” wliczono też oceny odpowiednio 3,5 i 4,5, gdyż ich liczby były dużo mniejsze od liczb ocen „4” i „5”. Widoczne jest, że w roku 2006 (po reformie) rozkład ocen na Wydziale FiIS jest nawet lepszy niż w poprzednich latach. Natomiast w rozkładach ocen w latach 2006 i 2007 (po reformie) na Wydziale IMiIP wykazuje zdecydowanie większy udział ocen niedostatecznych niż w poprzednich latach.

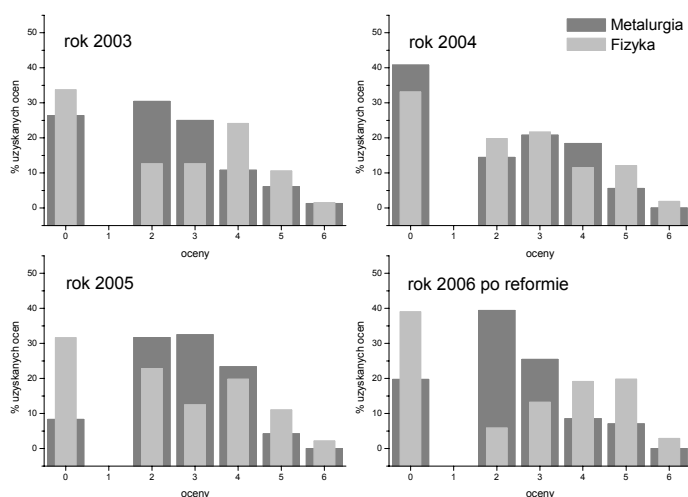


Rys. 1. Wyniki Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej



Rys. 2. Wyniki Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Na rys. 3 przedstawiono porównanie wyników dla obydwu wydziałów w kolejnych latach. Widoczne jest, że na WFiIS średnia ocen jest w zakresie 3–4, a w roku 2006 nawet około 4. Natomiast na WIMiIP średnia ocen oscyluje około 3, a w latach 2006 i 2007 obniża się wyraźnie w kierunku oceny 2. Różnicę tę można zrozumieć biorąc pod uwagę to, że na WFiIS przychodzą kandydaci już zmotywowani, zainteresowani fizyką, często po klasach profilowanych „matematyczno-fizycznych” lub podobnych. Natomiast na kierunku Metalurgia WIMiIP przychodzą kandydaci z klas ogólnych, o średnio przeciętnych wynikach w szkole średniej, często ze znikomą wiedzą z zakresu fizyki, nie przygotowani myślowo do studiów technicznych. Widać niestety, że nawet mając semestr poświęcony powtórce materiału ze szkoły średniej oraz kolejny semestr wykładów i ćwiczeń z fizyki, nie są oni w stanie nadrobić zaległości ze szkoły średniej. Nie jest to tylko wina tych młodych ludzi, którzy często bardzo się starają, ale efekt błędnego ustawienia priorytetów nauczania w szkole średniej, a w szczególności efekt zminimalizowania nauczania fizyki jako zbyt trudnej. Zapomniano tu o tym, że fizyka oprócz przekazu wiedzy daje doskonałą bazę do uczenia logicznego myślenia i rozwiązywania problemów, co jest bardzo przydatne nie tylko fizykom czy technikom. Jest to więc sygnał, że problem poprawiania efektywności nauczania fizyki musi w pierwszej kolejności być rozwiązany na poziomie szkoły średniej. Mogą pojawić się również głosy, aby uczyć fizyki na uczelni od podstaw. Jednakże na uczelniach mamy ograniczony czas na nauczanie fizyki, który musimy poświęcać na zagadnienia przygotowujące studentów do zrozumienia przedmiotów technicznych. Uczelnie wyższe nie są powołane do tego, aby zastępować szkoły średnie. Uczelnie mają kształcić fachowców, którzy mają ukończyć uczelnie z określoną wiedzą, a zatem musimy im przekazać to, co jest konieczne, aby inżynier był wysokiej klasy specjalistą.

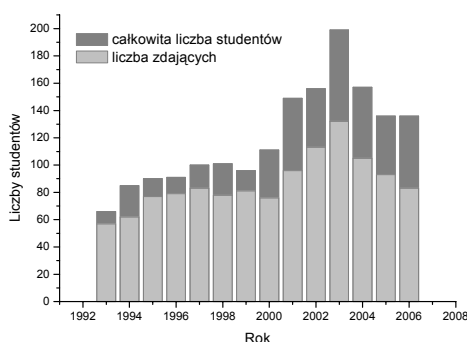


Rys. 3. Porównanie wyników obydwu Wydziałów

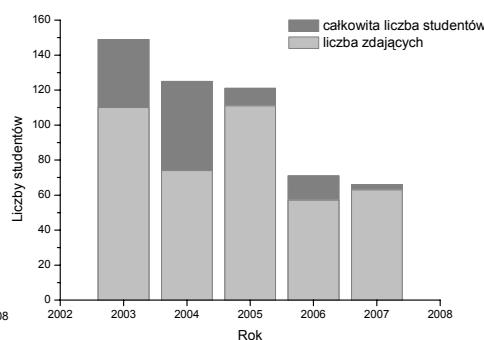


Tak wysoki procent ocen niedostatecznych na WIMiIP dotyczy oczywiście „pierwszego podejścia”, które nas interesowało z uwagi na korelację ze zmianą systemu kształcenia. Jak wiadomo studenci mają możliwość zdawania egzaminów poprawkowych i w efekcie pozytywne oceny końcowe uzyskuje około 70% zdających.

Interesujące było również prześledzenie liczby studentów rozpoczynających studia na obydwu wydziałach, co ilustrują rys. 4 i 5. Widoczne jest, że na WFiIS liczba studentów wzrastała do roku 2003, a obecnie pozostaje w przybliżeniu stała, jednakże systematycznie zwiększa się liczba studentów, którzy rezygnują. Na WIMiIP widoczna jest tendencja zniżkowa całkowitej liczby studentów, ale liczba osób rezygnujących się zmniejsza.



Rys. 4. Całkowita liczba osób zapisanych na zajęcia i liczba osób zdających na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej



Rys. 5. Całkowita liczba osób zapisanych na zajęcia i liczba osób zdających na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Zjawisko to obserwuje się na większości wydziałów technicznych poza takimi, które kształcą informatyków czy elektroników. Jednocześnie już teraz słyszymy, że kształcimy za mało inżynierów dla potrzeb gospodarki. W szkołach średnich muszą być więc rozwinięte odpowiednie mechanizmy poprawiające kształcenie z fizyki i zachęcające młodzież do studiów technicznych.

Jeżeli w szkołach średnich nie zostanie odpowiednio skorygowane nauczanie fizyki, być może pojawi się konieczność szerszego doksztalcenia z fizyki, matematyki i chemii po maturze dla kandydatów na studia techniczne. Mogłyby być to na przykład jednostki odpowiadające amerykańskiemu „college”. Wymaga to jednak rozważenia, czy te jednostki byłyby finansowane przez państwo, czy też miałyby charakter szkół prywatnych.

## Wnioski

Średnia ocen na kierunku fizyki technicznej Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej jest lepsza niż na kierunku metalurgii Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, co odzwierciedla poziom przygotowania kandyda-

tów. Więcej kandydatów z klas „mat-fiz” niż „ogólnych” i innych przychodzi na studia na Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej.

Poziom przygotowania z fizyki rozpoczynających studia na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej poprawia się.

Poziom przygotowania z fizyki osób rozpoczynających studia na kierunku metalurgii Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej – „technicznym” obniżył się po wprowadzeniu reformy nauczania w szkołach średnich.

Aby zapobiec dalszemu obniżaniu poziomu wiedzy z zakresu fizyki kandydatów na studia techniczne konieczne jest skorygowanie programów nauczania fizyki w szkołach średnich lub wprowadzenie możliwości dokształcania po maturze przed rozpoczęciem studiów technicznych. Innym rozwiązaniem byłby powrót do egzaminów wstępnych na studia techniczne.

### **Podziękowania**

Pragniemy podziękować Dziekanowi WFiIS AGH Prof. dr hab. inż. Zbigniewowi Kąkolowi za udostępnienie danych statystycznych.



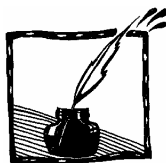
## Jan Dunin-Borkowski nie żyje (1932–2007)

*Zofia Gołąb-Meyer*

Parę miesięcy temu odszedł od nas na zawsze Jan Dunin-Borkowski, dla nas Janek. Wprost wierzyć się nie chce, że miał 74 lata. Był do końca młodzieńczy w zachowaniu, pełen życia, energii, dusza towarzystwa. Konferencje GIREP-u, na które zawsze jeździł, stały się bez Niego smutniejsze. Nikt nie jest w stanie podjąć tradycji wspólnych śpiewów, układania okolicznościowych hymnów. To Janek inicjował gorące dyskusje na tematy dydaktyczne i nauczania fizyki. Nie spełniło się Jego marzenie utworzenia ogólnopolskiego, mocnego i zwarteo środowiska dydaktyków fizyki, które nie tylko dałoby odpór niszczącym nauczanie fizyki zewnętrznym działaniom, ale które by miało siłę przeforsować powszechnie nowoczesne i coraz lepsze nauczanie. Nie ustawał w działaniach i miał sukcesy, choć nie na skalę swoich wielkich marzeń.



**Dr inż. Jan Dunin-Borkowski** wieloletni kierownik Centrum Technologii Nauczania Ośrodka Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów w Warszawie (OEIiZK), wykładowca akademicki, członek Międzynarodowej Grupy Badawczej Dydaktyki Fizyki (GIREP), członek Forum Edukacyjnego przy Europejskim Towarzystwie Fizycznym (EPS), przewodniczący powołanej przez PTF komisji do spraw reformy edukacji.



## Pamięci Jana Dunina-Borkowskiego

*Grażyna Gregorczyk, Elżbieta Kawecka*  
*Centrum Technologii Nauczania OEliZK w Warszawie*

### Od Redakcji:

Poniższy artykuł jest skrótem obszernego omówienia działalności dra inż. Dunina-Borkowskiego zamieszczonego w „Meritum” nr 1 (5) 2007 (Mazowiecki Kwartalnik Edukacyjny).

Jan Dunin-Borkowski, fizyk, był doktorem nauk technicznych. [...] Od wielu lat zajmował się wykorzystaniem komputerów w nauczaniu fizyki i innych przedmiotów przyrodniczych. [...] Był znakomitym dydaktykiem fizyki, specjalistą i pionierem we wprowadzaniu pomiarów wspomaganym komputerowo i modelowania w polskim szkolnictwie. Chętnie dzielił się swoją wiedzą i doświadczeniem.

Przeszedł całą długą drogę zawodową, aby zostać w końcu nauczycielem nauczycieli. Początkowo pracował jako nauczyciel akademicki w Katedrze, a następnie Instytucie Fizyki Politechniki Warszawskiej, prowadząc wykłady i ćwiczenia równoległe z pracą badawczą w dziedzinie optyki fizycznej.

Stopniowo jego zainteresowania zaczęły się coraz bardziej przesuwać na zagadnienia związane z nauczaniem fizyki, która była jego ukochaną dziedziną. [...] Pod koniec lat sześćdziesiątych brał udział w opracowywaniu telewizyjnego kursu fizyki w ramach Politechniki Telewizyjnej, a następnie prowadził telewizyjne lekcje fizyki dla szkoły podstawowej. [...]

Przez 15 lat prowadził eksperymentalne lekcje fizyki w klasach uniwersyteckich XIV Liceum w Warszawie. W szkole tej zorganizował nowoczesną pracownię fizyki, w której oprócz zajęć szkolnych prowadzone były zajęcia szkoleniowe dla nauczycieli. W tym czasie dokonał szeregu opracowań metodycznych oraz projektów doświadczeń i przyrządów. [...]

Przez szereg lat, do 1997 roku, pracował w Zakładzie Dydaktyki Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Prowadził różnego typu zajęcia z dydaktyki fizyki: wykłady, ćwiczenia, seminarium magisterskie, zajęcia laboratoryjne. Był promotorem kilkunastu dyplomowych prac magisterskich. Brał aktywny udział w pracach Międzynarodowej Grupy Badawczej Dydaktyki Fizyki (GIREP). [...]

W 1991 r. zorganizował w ramach Społecznego Towarzystwa Oświatowego Centrum Technologii Nauczania. Miała to być placówka doskonalenia nauczycieli, prowadząca szkolenie metodyków (nauczycieli-nauczycieli) w dziedzinie nowych technik i metod nauczania w ramach Systemu Szkolenia Kaskadowego. Problematyka szkoleń a także prac studyjnych dotyczyła przede wszystkim

*Modelowania, Mikrokomputerowo Wspomagane Laboratorium, Telematyki i Multimediiów.*

Dzięki kontaktom i współpracy naukowo-dydaktycznej z czołowymi ośrodkami w kraju i zagranicą, wykłady i seminaria prowadzili tak wybitni specjaliści, jak Jon Ogborn, Robert Taylor, Dean Zollman, Alain Bron, Ton Ellermeijer. Największym wydarzeniem było seminarium z udziałem laureata Nagrody Nobla, profesora Kennetha Wilsona.

Był kierownikiem powołanego przez Polskie Towarzystwo Fizyczne *Forum Edukacyjnego* – grupy roboczej zajmującej się reformą nauczania fizyki w szkołach. Został zaproszony do uczestnictwa w Komitecie Wykonawczym *Educational Division* Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.

Jest autorem ponad 60 prac własnych z dziedziny dydaktyki, opublikowanych w wydawnictwach książkowych, czasopiśmie i materiałach konferencyjnych. Przetłumaczył z języka angielskiego źródłową książkę UNESCO *Teaching school physics*, wydaną przez PWN pod tytułem *Nauczanie fizyki*.

Za osiągnięcia w pracy dydaktyczno-wychowawczej i naukowo-badawczej otrzymał Nagrodę Ministra Oświaty i Wychowania, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Nagrodę I stopnia Kuratora Oświaty i Wychowania w Warszawie. Został odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi.

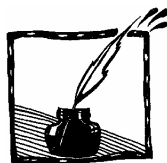
Przez ostatnich kilkanaście lat kierował Centrum Technologii Nauczania – grupą nauczycieli konsultantów Ośrodka Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów w Warszawie, którzy zajmują się szkoleniem nauczycieli przedmiotów przyrodniczych w stosowaniu technologii informacyjnej w nauczaniu.

Jego zaangażowanie, profesjonalizm i liczne kontakty z zagranicznymi placówkami naukowymi spowodowały, że Ośrodek stał się koordynatorem międzynarodowego projektu ITforUS „Information Technology for Understanding Science” – Technologia Informacyjna dla lepszego zrozumienia przedmiotów przyrodniczych. Projekt ten jest realizowany w ramach programu Socrates Comenius Akcja 2.1 (Szkolenie kadry edukacyjnej) od stycznia 2005 roku do chwili obecnej.

Jan Dunin-Borkowski do końca dbał o perfekcyjną realizację wszystkich zadań wykonywanych w ramach projektu, był bardzo ceniony przez partnerów zagranicznych i naszych nauczycieli. Nigdy nie opuszczało Go poczucie humoru, lubił prowadzić zajęcia i często urozmaicał je dowcipnymi przerywnikami. Straciliśmy wspańiałego Kolegę, nauczyciela i naukowca.

Jeden z uczestników projektu ITforUS, dr Laurence Rogers z Uniwersytetu w Leicester tak napisał:

„Zgasł jasny płomień światowej dydaktyki fizyki. Uważam za wielki honor, że znałem go i pracowałem z nim. Nie jest możliwe wypowiedzieć, jak wspańiałe jest jego dziedzictwo, jego prawość, przyjaźń i człowieczeństwo, podarowane innym. Doprawdy trudno jest w tym momencie odegnąć smutek, wynikający z przeświadczenia, że utraciliśmy Go na zawsze.”



## Badanie roli pudła rezonansowego za pomocą konsoli pomiarowej CoachLab II

*Bogdan Bogacz*

*Pracownia Technicznych Środków Nauczania  
Zakład Metodyki Nauczania i Metodologii Fizyki  
Instytut Fizyki UJ*

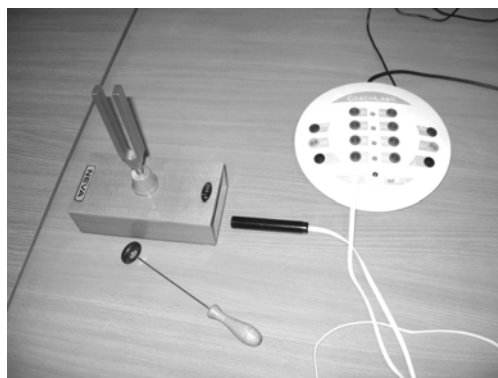
W jakim celu wyposaża się instrumenty muzyczne (gitara, skrzypce) w pudło rezonansowe?

Można to zobaczyć na przykładzie kamertonu (widełek stroikowych). Same widełki stroikowe słychać bardzo słabo, natomiast umieszczone na pudle rezonansowym dźwięczą głośno. Wystarczy tylko zasłonić otwór pudła rezonansowego, żeby zaobserwować znaczne obniżenie natężenia dźwięku. Więc to właśnie pudło rezonansowe jest głównym emiterym fali dźwiękowej.

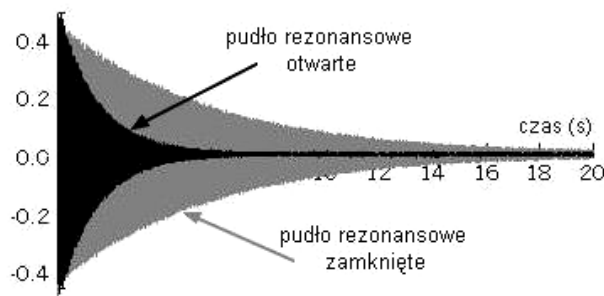
Pozostają pytania skąd bierze się energia konieczna do tego, żeby natężenie dźwięku było większe i dlaczego widełki stroikowe, czy też drgająca struna są słabymi emiterymi fal dźwiękowych?

Żeby przyjrzeć się roli pudła rezonansowego i odpowiedzieć na postawione pytania wykorzystany został system komputerowy wspomagający demonstracje fizyczne. Tego typu systemy komputerowe, najlepiej połączone z rzutnikiem multimedialnym, pełnią rolę uniwersalnych przyrządów pomiarowych i dają olbrzymie możliwości prezentacji zjawisk fizycznych [1]. W Pracowni Technicznych Środków Nauczania studenci sekcji nauczycielskiej fizyki zapoznają się z możliwościami wykorzystywania

tych systemów w nauczaniu fizyki. Do przeprowadzonej rejestracji fali dźwiękowej użyto mikrofonu, konsoli pomiarowej CoachLab II (rys. 1) i komputera wyposażonego w program Coach 5 [2]. Zarejestrowano falę dźwiękową emitowaną przez widełki stroikowe (440 Hz) umieszczone na pudle rezonansowym otwartym i zamkniętym (rys. 2).



Rys. 1. Kamerton na pudle rezonansowym, mikrofon i konsola pomiarowa CoachLab II



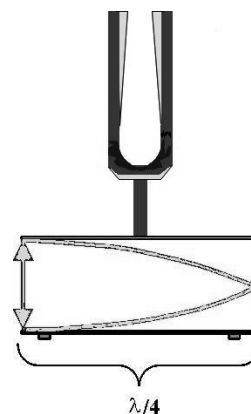
Rys. 2. Fala dźwiękowa zarejestrowana dla kamertonu z zamkniętym i otwartym pudłem rezonansowym. (Ażeby początkowe amplitudy fal w obu przypadkach były zbliżone to dla otwartego pudła rezonansowego mikrofon został umieszczony w większej odległości od kamertonu).

Amplituda fali dźwiękowej zarejestrowanej dla kamertonu z otwartym pudłem rezonansowym maleje z czasem szybciej niż dla pudła zamkniętego. Świadczy to o tym, że drgania kamertonu umieszczonego na otwartym pudle rezonansowym są silniej tłumione, trwają krócej, a energia układu jest szybciej zamieniana na energię emitowanej fali dźwiękowej. Określona energia drgań widełek stroikowych zostaje wyemitowana w postaci fali dźwiękowej w czasie krótszym w porównaniu z czasem drgań i emisji fal dla pudła z zasłoniętym otworem. Stąd dla otwartego pudła większa amplituda fali dźwiękowej i tym samym większe, proporcjonalne do kwadratu amplitudy fali, natężenie dźwięku. Dodatkowa energia emitowana w zadanym przedziale czasu, związana z większym natężeniem dźwięku jest więc uzyskiwana kosztem skrócenia czasu trwania dźwięku (rys. 2).

Widelki stroikowe i pudło rezonansowe tworzą rezonansowy układ sprzężony (rys. 3). Rozmiary pudła są tak dobrane, żeby mogła w nim powstać fala stojąca o częstotliwości podstawowej. Oznacza to, że w pudle musi się mieścić ćwiartka długości fali. Przyjmując, że szybkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu wynosi  $v = 340$  m/s, dla kamertonu o częstotliwości  $f = 440$  Hz otrzymujemy:

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{1}{4} \frac{v}{f} = \frac{1}{4} \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{440 \text{ Hz}} \approx 19 \text{ cm} .$$

Rys. 3. Rezonansowy układ sprzężony tworzony przez widelki stroikowe i słup powietrza w pudle rezonansowym. Sposób (mod) drgań widełek stroikowych został zaznaczony jaśniejszym odcieniem



Zaobserwowano, że same widełki stroikowe są bardzo słabym emiterym fali dźwiękowej, powoli oddają energię fali dźwiękowej, a w konsekwencji ich drgania są bardzo słabo tłumione. Pudło rezonansowe przeciwnie, jest dobrym emiterym fali dźwiękowej, powstające w nim drgania są silnie tłumione. Fala jest emitowana przez pudło rezonansowe dzięki energii dostarczanej z widełek stroikowych. Właściwości pudła rezonansowego i sprzężenia z widełkami stroikowymi decydują o tym, jak szybko energia drgań widełek stroikowych jest zamieniana na energię fali dźwiękowej, a więc jakie jest natężenie dźwięku i jak szybko są tłumione drgania układu rezonansowego kamerton – pudło.

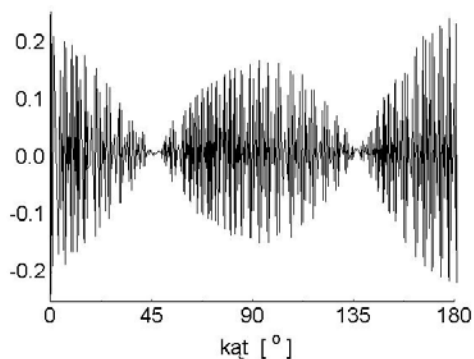
Pozostaje pytanie, dlaczego widełki stroikowe (drgająca struna) są słabym emiterym fal dźwiękowych?

W znalezieniu odpowiedzi pomoże obserwacja rozkładu przestrzennego amplitudy fal dźwiękowych emitowanych przez widełki stroikowe. Wystarczy pobudzić je do drgań i trzymając przy uchu obracać wokół podłużnej osi, żeby zaobserwować cztery wyraźne wyciszenia przy obrocie o kąt pełny. Użycie czujnika obrotu (rys. 4) pozwoliło zarejestrować zmiany amplitudy fali dźwiękowej w funkcji kąta ustawienia widełek (rys. 5). Dla pewnych ustawień widoczne jest niemal całkowite wygaszenie dźwięku. Ta obserwacja sugeruje, że mamy do czynienia z interferencją fal dźwiękowych. Poruszające się ramię kamertonu (struna) wytwarza z jednej strony zagęszczenie, a z drugiej, w tym samym momencie, rozrzedzenie powietrza [3]. Wytwarza więc dwie fale o przeciwnych fazach, emitowane z punktów przesuniętych o grubość ramienia kamertonu. Dla wykonanych pomiarów rozsuniecie położenia źródeł fal wynosiło 0,6 cm przy długości emitowanej fali 77 cm. Takie fale bardzo silnie się wygaszają, a w kierunku prostopadłym do ruchu ramienia wygaszają się całkowicie.



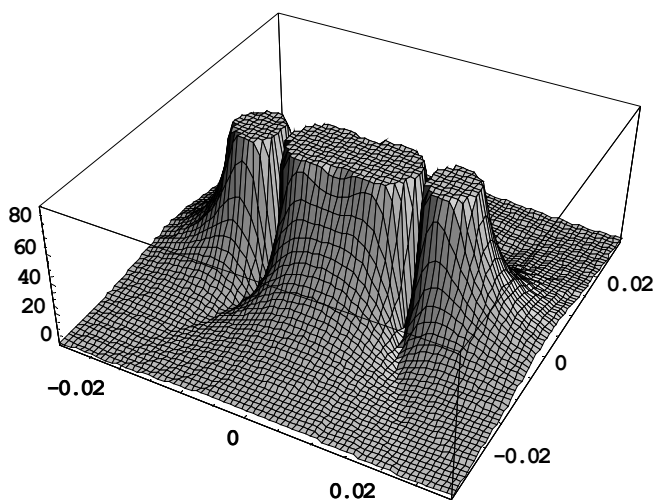
Rys. 4. Stanowisko do pomiaru dźwięku w funkcji kąta ustawienia widełek stroikowych





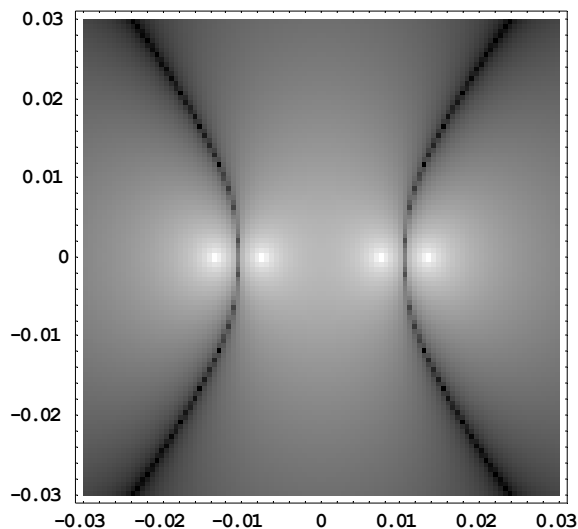
Rys. 5. Fala dźwiękowa w funkcji kąta ustawienia widełek stroikowych

Do obliczenia amplitudy fali dźwiękowej na płaszczyźnie prostopadłej do osi długiej widełek stroikowych wykorzystany został program Mathematica. Obraz interferencji fal, uzyskano przy założeniu, że każda ze stron obu ramion kamertonu jest punktowym źródłem kołowej fali harmoniczej. Amplituda fali dźwiękowej (a więc również natężenie dźwięku) bardzo silnie maleje wraz ze wzrostem odległości od widełek stroikowych (rys. 6). To interferencyjne wygaszanie fal jest odpowiedzialne za to, że widełki stroikowe (struna) są tak słabym emiterem fal dźwiękowych.



Rys. 6. Obliczona zależność amplitudy fali dźwiękowej od położenia (w metrach) na płaszczyźnie prostopadłej do osi długiej widełek stroikowych

W celu wyraźnego pokazania miejsc, w których następuje całkowite wygaszenie dźwięku, wielkość amplitudy fali dźwiękowej przedstawiono w skali logarytmicznej (rys. 7). Miejsca wygaszania dźwięku układają się wzdłuż ramion hiperboli.



Rys. 7. Obliczona zależność logarytmu amplitudy fali dźwiękowej od położenia (w metrach) na płaszczyźnie prostopadłej do osi długiej widełek stroikowych. Najjaśniejsze obszary odpowiadają największej amplitudzie fali (cztery punktowe źródła fali). Czarne obszary pokazują miejsca niemal całkowitego wygaszania fali

Zestaw komputerowy wspomagający demonstracje fizyczne pozwolił łatwo zaobserwować zjawisko interferencyjnego wygaszania fali dźwiękowych emitowanych przez widełki stroikowe i zrozumieć rolę, jaką pełni pudło rezonansowe.

#### Literatura

- [1] H. Szydłowski, *Mikrokomputer w doświadczeniach fizycznych*, UAM, Poznań 1993.
- [2] V. Dorenbos, E. Mioduszewska, *Guide to Coach 5*, 2001 Foundation CMA/AMSTEL Institute, Universiteit van Amsterdam.
- [3] Sz. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna cz. 1*, PWN, Warszawa 1972, s. 621.

## KĄCIK DOŚWIADCZALNY

### **Widma wokół nas – zabawa ze spektroskopem**

*opracowała Dagmara Sokołowska*

*Instytut Fizyki UJ*



Artykuł powstał na podstawie informacji zamieszczonych przez autorów: Maite Lacarra (Université Pierre et Marie Curie Paryż, Francja), Angela Turricchia (Laboratorio per la Didattica Aula Planetario, Comune di Bologna, Włochy), Ariel Majcher (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa, Polska), na podanej poniżej stronie internetowej.

Spektroskop to przyrząd, który za pomocą siatki dyfrakcyjnej rozszczepia docierające do nas światło na składowe w postaci widma.

Masz już swój własny spektroskop? Jeśli nie, zbuduj sobie spektroskop i skieruj go na różne źródła światła. Przekonasz się, że nie każde źródło świeci tak samo. Na stronie: [http://www.pl.euhou.net/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=3&Itemid=139](http://www.pl.euhou.net/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=3&Itemid=139) zamieszczono, krok po kroku, jak wykonać spektroskop.

#### **Domowy spektroskop**

Autorzy proponują dwie wersje: podstawową, którą można wykonać z elementów znajdujących się w zasięgu ręki i „lux”, też prostą, ale wykonaną ze specjalnie przygotowanych elementów.

#### **1. Obudowa:**

- **wersja podstawowa:** tubka tekturowa z wnętrza rolki ręczników papierowych, kawałek cienkiej tekturki np. z pudełka po herbacie, ryżu, itp.
- **wersja „lux”:** można użyć kartonowej tuby do noszenia rysunków.



Materiały potrzebne do wykonania spektroskopu. Z lewej z płyty CD, z prawej – z siatki dyfrakcyjnej

Oprócz tego potrzebna będzie nieprzezroczysta taśma klejąca (np. taśma izolacyjna), do zrobienia szczeliny wygodnie jest użyć taśmy dwustronnie klejącej, chociaż nie jest to absolutnie konieczne.

## 2. Szczelina:

- w **wersji podstawowej**: tekturowe pudełko
- w **wersji „lux”**: nieużywana żyletka (**uwaga na bezpieczeństwo dzieci!**).

## 3. Siatka dyfrakcyjna:

– **wersja podstawowa**: tutaj autorzy zrobili prawdziwe odkrycie. Bardzo dobrą siatkę dyfrakcyjną można uzyskać z plastikowych krążków, które na ogół chronią ostatnią, dolną płytę CD w opakowaniach, w których kupujemy je w sklepie. Chodzi o takie „rolki” albo „ciastka” z CD, które są dostępne np. w supermarketach. Uwaga: nie każde opakowanie zawiera taki dodatkowy ochronny krążek, ponadto nie każdy taki krążek się do tego nadaje. Musi on się mienić tęczę, gdy patrzymy na niego pod światło. Trzeba więc uważać, co się kupuje.

W ten sam sposób można wykorzystać zwykłą płytę CD lub DVD, jednak wcześniej trzeba się pozbyć warstwy farby. Najlepiej zrobić to za pomocą taśmy klejącej:



Zdrapujemy kawałek brzegu



Przyklejamy taśmę



Odrywamy taśmę razem z farbą



Płyta pozbawiona warstwy farby

- **wersja „lux”**: prawdziwą siatkę dyfrakcyjną można kupić tanio np. w wydawnictwie Zamkor ([www.zamkor.pl](http://www.zamkor.pl)). Potrzebna będzie siatka o zdolności rozdzielczej około 500 linii/mm.

**4. Narzędzia:**

solidne nożyczki, najlepiej takie gospodarcze, ostry nóż (np. taki specjalny do cięcia papieru), ołówek, linijka.

**Wykonanie spektroskopu**

Dokładna instrukcja na stronie: [http://www.pl.euhou.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=132&Itemid=13](http://www.pl.euhou.net/index.php?option=com_content&task=view&id=132&Itemid=13)

A oto widok gotowego spektroskopu.



Teraz można oglądać różne źródła światła. Jeśli jest ono dostatecznie silne – zobaczymy czasami drugi rząd widma, a jeśli zamiast gołym okiem będziemy patrzeć przez aparat (najlepiej, gdy zarówno spektroskop, jak i aparat są na statywie) wtedy zabawka przekształca się w spektrograf i można zarejestrować różne widma na kliszy lub matrycy CCD.

Na podanej stronie internetowej można znaleźć przykładowe widma.

Wesołej zabawy!!



KĄCIK ZADAŃ

**Odgłosy z jaskini (7) –  
Nieintuicyjne „padnij”**

*Adam Smólski*

*I Społeczne LO w Warszawie*

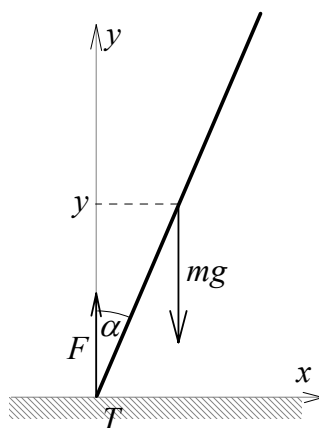
Oto zadanie z zestawu Lwiątko 2007 dla III i IV klas liceum i technikum.

12. Lekko odchylony od pionu słup przewraca się na jedną stronę bez przesunięcia punktu oparcia o ziemię. Przyspieszeniem stycznym nazywamy składową wektora przyspieszenia styczną do toru. Środek masy słupa porusza się po łuku okręgu

- A. ruchem o rosnącym przyspieszeniu stycznym,
- B. ruchem o stałym przyspieszeniu stycznym,
- C. ruchem o malejącym przyspieszeniu stycznym,
- D. ruchem jednostajnym z niezerową prędkością.
- E. Środek masy słupa nie porusza się.

Poprawna jest odpowiedź A, co wynika z faktu, że moment siły przyspieszający obrót słupa jest coraz większy w miarę, jak słup się przewraca.

A gdyby pozwolić na przesuwanie się punktu podparcia (robimy „padnij” na lodzie)? Na słup działają w takim wypadku wyłącznie siły pionowe – ciężar zaczepiony w środku słupa i siła reakcji podłoża działająca na jego koniec.



Środek masy słupa porusza się zatem po pionowym odcinku. Jego współrzędna pionowa spełnia równanie

$$m\ddot{y} = F - mg . \quad (1)$$

Ponadto  $y = l \cos \alpha$  ( $2l$  to długość słupa) co po dwukrotnym zróżniczkowaniu daje

$$\ddot{y} = -l\varepsilon \sin \alpha - l\omega^2 \cos \alpha \quad (2)$$

( $\omega$  to prędkość kątowna słupa, a  $\varepsilon$  to jego przyspieszenie kątowe).

Równania (1) i (2) dają łącznie

$$F = mg - ml\varepsilon \sin \alpha - ml\omega^2 \cos \alpha \quad (3)$$

Przyspieszenie kątowe spełnia drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego:

$\varepsilon = \frac{Fl \sin \alpha}{I}$ , gdzie  $I = \frac{1}{3} ml^2$  czyli

$$\varepsilon = \frac{3F \sin \alpha}{ml} . \quad (4)$$

Natomiast prędkość kątową możemy obliczyć z zasady zachowania energii:

$\frac{m\mathbf{v}^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha)$ . Liniowa prędkość  $v$  środka masy to  $\dot{y} = -l\omega \sin \alpha$ ,

zatem  $\frac{1}{2}(ml^2 \sin^2 \alpha + I)\omega^2 = mgl(1 - \cos \alpha)$ , skąd, po uwzględnieniu  $I = \frac{1}{3} ml^2$ ,

$$\omega^2 = \frac{6g(1 - \cos \alpha)}{l(1 + 3 \sin^2 \alpha)} . \quad (5)$$

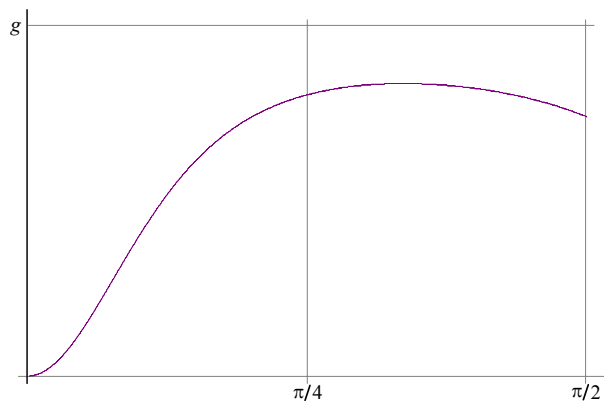
Wstawienie (4) i (5) do (3) daje po uproszczeniu

$$F = mg \frac{4 - 6 \cos \alpha + 3 \cos^2 \alpha}{(4 - 3 \cos^2 \alpha)^2} , \quad (6)$$

a w konsekwencji

$$-\ddot{y} = mg \left[ 1 - \frac{4 - 6 \cos \alpha + 3 \cos^2 \alpha}{(4 - 3 \cos^2 \alpha)^2} \right] . \quad (7)$$

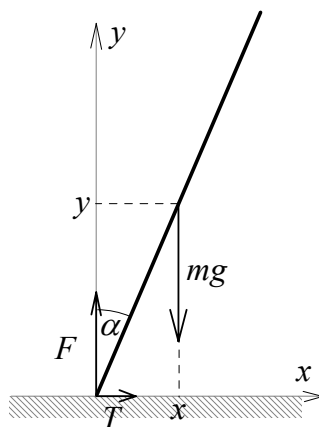
Cóż, z samego wzoru niewiele widać, narysujmy wykres:



Ciekawe i chyba nieintuicyjne, że przyspieszenie środka słupa posiada maksimum jeszcze przed rąbnięciem słupa o ziemię. Można je wyznaczyć analitycznie, różniczkując (7) po zmiennej  $\cos \alpha$ . Maksimum występuje dla  $\alpha \approx 61,5^\circ$ .

Jeśli słup robi „padnij” nie na lodzie, ale mając umocowaną oś obrotu na dolnym końcu, również pojawiają się nieintuicyjne efekty.

Umocowanie osi obrotu słupa oznacza, że siła, jaką podłoże działa na słup, posiada poziomą składową  $T$ . Składową pionową oznaczmy jak poprzednio  $F$ .



Rachunki będą podobnie jak poprzednio, a nawet są prostsze, jeśli rozpatrujemy obrót wokół punktu podparcia. Współrzędne przyspieszenia środka masy spełniają równania  $m\ddot{x} = T$ ,  $m\ddot{y} = F - mg$ . Ponadto  $x = l \sin \alpha$ , co po dwukrotnym zróżniczkowaniu daje

$$\ddot{x} = l\epsilon \cos \alpha - l\omega^2 \sin \alpha.$$



Wstawienie tu  $\varepsilon = \frac{mgl \sin \alpha}{I}$ ,  $I = \frac{4}{3}ml^2$ , prowadzi do wyniku

$$T = m \left( \frac{3}{4}g \cos \alpha - \omega^2 l \right) \sin \alpha .$$

Zasada zachowania energii:  $\frac{1}{2}I\omega^2 = mgl(1 - \cos \alpha)$ . Ostatecznie

$$T = \frac{3mg}{2} \left( \frac{3}{2} \cos \alpha - 1 \right) \sin \alpha .$$

Zauważmy, że tylko w początkowej fazie ruchu siła  $T$  zwrócona jest tak, jak na rysunku powyżej. To też jest dość nieintuicyjne. Oto wykres czynnika  $\left( \frac{3}{2} \cos \alpha - 1 \right) \sin \alpha$  :



Czy siła  $T$  może być po prostu siłą tarcia? Tak, ale współczynnik musiałby być dość duży. Siła nacisku w końcowej fazie ruchu dąży do

$$F = mg + m\ddot{y} = mg - ml\varepsilon = mg - \frac{3}{4}mg = \frac{mg}{4},$$

a siła  $T$  dąży do  $\frac{3}{2}mg$ , więc współczynnik musiałby być równy co najmniej 6.

Proponuję przyjrzeć się, jak przewraca się choćby kij od szczotki – upada przesunięty nieco do przodu w stosunku do położenia, które miałyby, gdyby oś obrotu była umocowana.



## KOMUNIKAT

# Polsko-Ukraiński Konkurs Fizyczny LWIĄTKO 2008

**Zapraszamy gimnazja, licea, licea profilowane i technika do udziału w Polsko-Ukraińskim Konkursie Fizycznym LWIĄTKO 2008**

Konkurs zostanie przeprowadzony **31 marca 2008**.

Konkurs rozgrywany jest na pięciu poziomach:

- Klasy 1–2 gimnazjum
- Klasy 3 gimnazjum
- Klasy I liceum i technikum
- Klasy II liceum i technikum
- Klasy III liceum, klasy III i V technikum

Szkoły mogą zgłaszać uczestników najpóźniej do **31 stycznia 2008**.

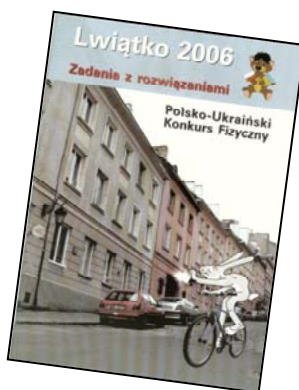
Zachęcamy do dokonania zgłoszenia za pomocą interaktywnego formularza.

Możliwe jest także przesłanie zgłoszenia na formularzu papierowym, pocztą na adres:

I Społeczne Liceum Ogólnokształcące,  
ul. Bednarska 2/4, 00-310 Warszawa

Wszelkie pytania prosimy kierować na adres: [konkurs.lwiatko@gmail.com](mailto:konkurs.lwiatko@gmail.com)

Więcej informacji na stronie: <http://www.lwiatko.org/>





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

*Danuta Latos*

*Zespół Szkół Gastronomiczno-Usługowych  
im. Marii Dąbrowskiej w Chorzowie*

### **Ze zbioru „Poznać po słowie, co u kogo w głowie”**

Ziemia ma kształt kulisty, a świadczą o tym teorie różnych naukowców i nie tylko.

Ziemia ma kształt kulisty, a świadczy o tym fakt, że człowiek może przejść Ziemię dookoła i nie spadnie nagle w przepaść.

Ziemia ma kształt kulisty, a udowodnić to można obserwując mikroskopem poszczególne planety.

Ziemia jest spłaszczona przy biegunach, bo gdyby była zupełnie okrągła, to to, co byłoby u góry, spadałoby na dół.

Gnomon jest przyczyną występowania na Ziemi pór roku.

Oś obrotu Ziemi jest tak wstawiona, że oświetla ona obie półkule równomier-  
nie.

Słońce w ciągu roku zmienia położenie na tle innych gwiazd, dlatego że zmie-  
nia nam się klimat.

Słońce pada zawsze na jedną półkulę. Obiegając Ziemię widzimy po kolei fazy  
Księżyca.

Księżyc chowa się za Ziemię, gdzie nie docierają promienie słoneczne, i w ten  
sposób dochodzi do jego zaćmienia.

My na Ziemi nie widzimy gwiazd w dzień, ponieważ zostało przyjęte, że  
gwiazdy widzimy nocą.

W dzień światło ze Słońca i światło z gwiazd odbijają się od Ziemi i spotykają  
się ze sobą, a w nocy nie mają się od czego odbić – gwiazdy odbijają się wtedy  
same od siebie i dlatego je widzimy.

Spektroskopy są narzędziami do analizy spektralnej.

Dzień polarny i noc polarna występują na biegunie północnym, a ich przyczyną  
jest tarcie się asteroid z atmosferą.

Zaćmienie Słońca występuje wtedy, kiedy Księżyc jest w stosunku z Ziemią.



## Radioastronomia w filatelistyce

*Jerzy Bartke*

*Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków*

Reprodukujemy kilka znaczków przedstawiających radioteleskopy. Na znaczku brytyjskim z 1966 roku przedstawiony jest radioteleskop uniwersytetu w Manchesterze znajdujący się w miejscowości Jodrell Bank w Anglii. Urządzenie to, zbudowane w latach 60., posiada ruchomą (sterowaną) antenę o średnicy 75 m. Przez wiele lat był to największy radioteleskop tego typu na świecie, obecnie największym jest radioteleskop o średnicy 100 m znajdujący się w Effelsbergu w Niemczech.

Na znaczku ZSRR z 1987 roku przedstawiony jest radioteleskop RATAN-600 (Radio-Astronomiczny Teleskop Akademii Nauk) znajdujący się w miejscowości Niznij Arhyz na wysokości 970 m n.p.m. Ten



radioteleskop, uruchomiony w 1974 roku, posiada antenę składającą się z 895 elementów o wymiarach 2 x 11,5 m rozmieszczonych na okręgu o obwodzie 576 m. Przeznaczony jest do badania obszaru nieba bliskiego zenitu, w zakresie długości fal 1–31 cm. Przy okazji warto przypomnieć, że największy radioteleskop nieruchomy ma średnicę 305 m i znajduje się w Arecibo, w kotlinie górskiej na wyspie Puerto Rico.

Na najnowszym znaczku hiszpańskim z 2007 roku przedstawiony jest radioteleskop w ośrodku astronomicznym w Yebes.





## CO CZYTAĆ

### Nowości wydawnicze

*Historia astronomii*, pod redakcją naukową Michała Hoskina, WUW, Warszawa 2007

Historia astronomii pod redakcją Michaela Hoskina z Uniwersytetu w Cambridge jest doskonałym nowoczesnym zarysem dziejów nauki o Wszechświecie. Obejmuje okres od pozbawionych źródeł pisanych czasów prehistorycznych (astronomia megalityczna) po drugą połowę XX wieku (z uwzględnieniem badań kosmicznych). Poza tekstem głównym, przybliżającym kolejno astronomię w różnych epokach historycznych, książka ta zawiera interesujące dodatki: szkic o starożytnej astronomii chińskiej, opis budowy i działania arabskiego astrolabium płaskiego, dzieje teleskopu w XVII wieku oraz tablice chronologiczne, jak również – w niniejszym wydaniu – rys historii astronomii w Polsce, autorstwa Jarosława Włodarczyka z Instytutu Historii Nauki PAN w Warszawie.



[http://www.wuw.home.pl/ksiegarnia/product\\_info.php?products\\_id=4070](http://www.wuw.home.pl/ksiegarnia/product_info.php?products_id=4070)

*Księżyc w nauce XVII wieku. Libracja: od astronomii do fizyki*, Jarosław Włodarczyk, WUW, Warszawa 2005

Księżyc w nauce XVII wieku przedstawia historię badań, które doprowadziły do ukształtowania się współczesnego obrazu Srebrnego Globu – bryły obiegającej Ziemię po orbicie keplerowskiej i wirującej wokół własnej osi. Książka rozpoczyna się od przeglądu opinii o ruchu obrotowym Księżyca od starożytności po połowę siedemnastego stulecia; poznajemy poglądy takich myślicieli, jak Platon, Arystoteles, średniowieczni uczeni arabscy i łacińscy, Mikołaj Kopernik, William Gilbert, Johannes Kepler, Thomas Hobbes czy Kartezjusz.



[http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product\\_info.php?products\\_id=3836](http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product_info.php?products_id=3836)

*Obserwacje i pomiary astronomiczne dla studentów, uczniów i miłośników astronomii*, Andrzej Branicki, WUW, Warszawa 2006

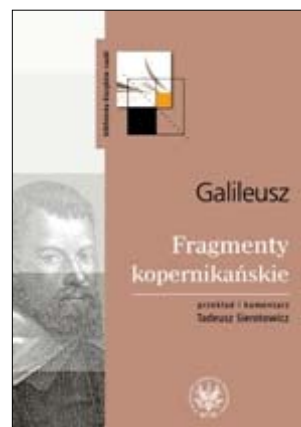
Jest to znakomita pomoc dla wszystkich zainteresowanych uzupełnieniem teoretycznej wiedzy astronomicznej o astronomiczną praktykę. Książka składa się z dwóch części: pierwsza zawiera propozycje kilkudziesięciu prostych obserwacji astronomicznych, które można przeprowadzić samodzielnie bez jakichkolwiek instrumentów optycznych (albo za pomocą lornetki lub aparatu fotograficznego); druga opisuje obserwacje trudniejsze, wymagające podstawowej wiedzy fizycznej i astronomicznej oraz dysponowania skromnym instrumentarium, jakie znajduje się w posiadaniu wielu szkół i miłośników astronomii.



[http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product\\_info.php?products\\_id=3881](http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product_info.php?products_id=3881)

*Fragmety kopernikańskie*, Galileusz, Wstęp, przekład i komentarz Tadeusz Sierotowicz, WUW, Warszawa 2005

W 1610 roku Galileusz obwieścił światu nowe odkrycia astronomiczne, dokonane za pomocą teleskopu: góry na Księżycu, satelity Jowisza, fazy Wenus i gwiazdy Drogi Mlecznej. W 1616 r. Święte Oficjum zakazało lektury dzieła *O obrotach* Mikołaja Kopernika. Te wydarzenia spinają klamrą czas, w którym krystalizowały się poglądy Galileusza na budowę wszechświata i na relacje między nauką a wiarą. Pod koniec tego okresu powstały *Fragmety kopernikańskie* – zapiski, stanowiące rodzaj intelektualnego dziennika wielkiego uczonego i ukazujące jego sposób myślenia oraz argumentacji. Taki był początek dysputy, która blisko 20 lat później, w 1633 r., zakończyła się procesem Galileusza i wyrokiem skazującym go na wyrzeczenie się własnych poglądów naukowych. Niniejsza książka zawiera pierwszy polski przekład Fragmentów kopernikańskich, opatrzone obszernym komentarzem, przybliżającym tło, uczestników i charakter siedemnastowiecznego sporu o związki nauki z religią. Tekst Galileusza uzupełniają tłumaczenia dwóch listów – kardynała Contiego do Galileusza, z 1612 r. i kardynała Belarmina do karmelity ojca Foscariniego z 1615 r., oraz szczegółowa chronologia wydarzeń.



[http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product\\_info.php?products\\_id=3857](http://www.wuw.pl/ksiegarnia/product_info.php?products_id=3857)

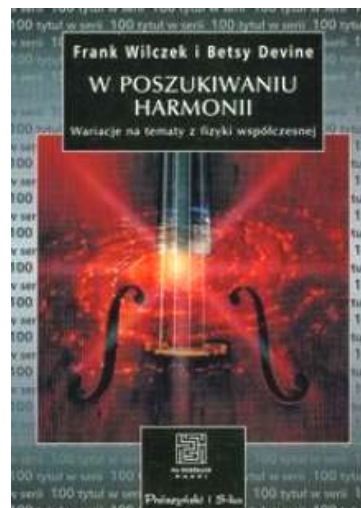
*W poszukiwaniu harmonii. Wariacje na tematy z fizyki współczesnej*, Frank Wilczek, Betsy Devine, 2007, Przełożyli: Ewa L. Łokas, Bogumił Bieniok

W XX wieku dokonana się rewolucja w pojmowaniu podstawowych aspektów przyrody: materii, czasu i przestrzeni. Frank Wilczek i Betsy Devine poszukują harmonii w morzu nowych faktów doświadczalnych i założeń teoretycznych, w morzu nowych teoretycznych paradoksów i dysonansów, a twórczość naukową ukazują jako proces komponowania symfonii, na podstawie syntezy estetycznie brzmiących wariacji i tematów muzycznych. Autorzy – doskonale obeznani ze współczesną

fizyką – w przystępny sposób omawiają całą gamę tematów, od zagadnień cząstek podstawowych po problemy wielkoskalowych struktur Wszechświata. Bardzo rzadko trafia się pozycja popularnonaukowa, którą z wielką przyjemnością i równie wielkim pożytkiem przeczytają zarówno humaniści, jak i reprezentanci nauk ścisłych – taka właśnie jest ta książka.

Frank Wilczek urodził się w 1951 roku w Queens, dzielnicy Nowego Jorku. Jego dziadkowie ze strony ojca byli emigrantami z Polski, ze strony matki – z Włoch. Mając zaledwie 16 lat, Wilczek rozpoczął studia na uniwersytecie w Chicago, a zakończył w Princeton dwoma doktoratami, z matematyki i z fizyki. Od 2000 roku jest profesorem w Massachusetts Institute of Technology (MIT). W 2004 roku wraz z Davidem J. Grossem i H. Davidem Pulitzerem otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

Betsy Devine z wykształcenia jest informatykiem, studia ukończyła w Princeton. Regularnie prowadzi w Internecie blog „Funny Ha-Ha or Funny Peculiar” poświęcony różnym zagadnieniom z pogranicza nauki, polityki i humoru. Od 1973 roku jest żoną Franka Wilczka.



Dedykacja dla studentów z książki *W poszukiwaniu harmonii. Wariacje na tematy z fizyki współczesnej*, znajdującej się w bibliotece Instytutu Fizyki UJ.

Dear student and/or seeker  
 We live in an exciting  
 time in an exciting Universe.  
 Enjoy it!  
 Frank Wilczek  
 22 Nov. '07

*Czytaj i myśl*, Stanisław Jakubowicz i in., Wydawnictwo Pedagogiczne ZNP, 2007

Publikacja przeznaczona dla maturzystów oraz nauczycieli polonistów i fizyków, w której autorzy pokazują problem czytania ze zrozumieniem z perspektywy dwu różnych przedmiotów, prezentują nowatorskie metody edukacyjne: ramy tekstowe i Piramidę Faktów, proponują ćwiczenia doskonalące umiejętność wieloaspektowej analizy utworu.

W publikacji odbiorcy znajdą:

maturzyści:

- wyjaśnienie pojęć i zjawisk fizycznych pojawiających się w tekstach literackich;
- ćwiczenia o charakterze samokształceniowym;
- pytania i polecenia dotyczące:
  - znaczeń dosłownych i metaforycznych (słów, zdań);
  - zabiegów językowych, cech stylu, kompozycji;
- sugerowane odpowiedzi.

poloniści:

- wybór fragmentów różnorodnych tekstów literatury polskiej i obcej;
- ćwiczenia do analizy i interpretacji tekstu;
- narzędzie do sprawdzenia umiejętności analityczno-interpretacyjnych ucznia.

fizycy:

- fragmenty tekstów do uatrakcyjnienia zajęć przedmiotowych;
- kulturowy kontekst analizowanych zjawisk fizycznych;
- możliwość wykorzystania tekstów literackich jako punktów wyjścia do omówienia zjawisk fizycznych, bądź podsumowania zajęć.







## CZYTAMY PO ANGIELSKU

### **Nobel Prize 2007 in Physics**

Nanotechnology gives sensitive read-out heads for compact hard disks. This year's physics prize is awarded for the technology that is used to read data on hard disks. It is thanks to this technology that it has been possible to miniaturize hard disks so radically in recent years. Sensitive read-out heads are needed to be able to read data from the compact hard disks used in laptops and some music players, for instance.

In 1988 the Frenchman Albert Fert and the German Peter Grünberg each independently discovered a totally new physical effect – Giant Magnetoresistance or GMR. Very weak magnetic changes give rise to major differences in electrical resistance in a GMR system. A system of this kind is the perfect tool for reading data from hard disks when information registered magnetically has to be converted to electric current. Soon researchers and engineers began work to enable use of the effect in read-out heads. In 1997 the first read-out head based on the GMR effect was launched and this soon became the standard technology. Even the most recent read-out techniques of today are further developments of GMR.

A hard disk stores information, such as music, in the form of microscopically small areas magnetized in different directions. The information is retrieved by a read-out head that scans the disk and registers the magnetic changes. The smaller and more compact the hard disk, the smaller and weaker the individual magnetic areas. More sensitive read-out heads are therefore required if information has to be packed more densely on a hard disk. A read-out head based on the GMR effect can convert very small magnetic changes into differences in electrical resistance and therefore into changes in the current emitted by the read-out head. The current is the signal from the read-out head and its different strengths represent ones and zeros.

#### **Dictionary:**

**magnetoresistance** – magnetoopór

**register** – zarejestrować; tutaj: zapisać

**enable** – umożliwić

**launch** – wypuścić (na rynek)

**read-out** – czytający informacje

**convert** – przekształcać



## XXXIX Zjazd Fizyków Polskich

*Adam Bechler*  
*Uniwersytet Szczeciński*

W dniach 9–14 września 2007 odbył się w Szczecinie XXXIX Zjazd Fizyków Polskich. Zjazd został zorganizowany przez Oddział Szczeciński Polskiego Towarzystwa Fizycznego wraz z Uniwersytetem Szczecińskim, Politechniką Szczecińską i Akademią Morską w Szczecinie. Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego Zjazdu był przewodniczący Oddziału Szczecińskiego PTF prof. dr hab. US Adam Bechler. Organizatorzy zadbali o bogaty program naukowy Zjazdu, składający się z sesji plenarnych i specjalistycznych, a także sesji plakatowych oraz imprez towarzyszących, wśród których najświetniejszą była ceremonia nadania doktoratu honorowego profesorowi Johnowi Barrow'owi.

W niedzielę 9 września wieczorem uczestnicy Zjazdu wzięli udział w nieformalnej kolacji powitalnej, a od poniedziałku rano rozpoczęły się obrady Zjazdu. W trakcie uroczystości otwarcia Zjazdu przewodniczący Zarządu Głównego PTF profesor Reinhard Kulesa wręczył nagrody i medale Towarzystwa za osiągnięcia naukowe, wyróżniające się prace magisterskie, osiągnięcia w dziedzinie popularyzacji fizyki, a także nagrody dla wyróżniających się nauczycieli fizyki. Wręczone zostały trzy prestiżowe wyróżnienia za osiągnięcia naukowe: polsko-niemiecka nagroda Smoluchowskiego-Warburga, którą otrzymał prof. dr hab. Andrzej Jerzy Buras z Uniwersytetu Technicznego w Monachium, medal Mariana Smoluchowskiego, którym wyróżniony został prof. dr hab. Robert Gałązka z Instytutu Fizyki PAN, oraz nagroda naukowa im. Wojciecha Rubinowicza, której laureatem został prof. dr hab. Wojciech Gawlik z Uniwersytetu Jagiellońskiego. Medal im. Grzegorza Białkowskiego przyznano w tym roku Jadwidze Salach z Krakowa (patrz *Foton* 98).

Wykłady na sesjach plenarnych poświęcone były omówieniu najnowszych osiągnięć fizyki, zarówno w kraju jak i na świecie. Naczelną ideą przyświecającą Zjazdowi była popularyzacja fizyki na poziomie uniwersyteckim, a wykładowcy dołożyli wszelkich starań, by ich wykłady były przystępne nie tylko dla specjalistów, ale dla szerokiego ogółu fizyków o bardzo różnorodnych zainteresowaniach naukowych. Na podkreślenie zasługuje bardzo wysoki poziom wykładów wygłoszonych na Zjeździe, zarówno na sesjach plenarnych jak i specjalistycznych. Niezwykle interesujące i inspirujące były także sesje plakatowe, na których uczestnicy Zjazdu mogli zaprezentować swoje osiągnięcia naukowe.

W programie Zjazdu znalazło się także sześć sesji specjalistycznych, spośród których trzy dotyczyły zagadnień „czysto” fizycznych, związanych z biofizyką, geofizyką i fizyką materii skondensowanej. Na sesjach tych omawiane

były najnowsze polskie dokonania w dziedzinie biofizyki (Symposium Biofizyczne), problemy związane z fizyką atmosfery i zmianami klimatycznymi (Symposium Geofizyczne) i zagadnienia wpływu fizyki na technikę (sesja Fizyka Materii Skondensowanej). Pozostałe sesje specjalistyczne dotyczyły zagadnień niezwiązanych z konkretnymi dziedzinami fizyki, ale raczej relacji typu „Fizyka i społeczeństwo”. Jedną z tych sesji miała wręcz taki tytuł, a pozostałe dwie to „Popularyzacja fizyki” i sesja dydaktyczna z prowokującym motywem przewodnim „Czy fizycy w szkołach wyginą?” Nikomu, kto interesuje się nauczaniem fizyki, nie trzeba tłumaczyć genezy tego motywu przewodniego.

Tradycją zjazdów są imprezy towarzyszące, w tym takie, których zadaniem jest popularyzacja fizyki, zwłaszcza wśród młodego pokolenia. Imprez takich nie zabrakło także na XXXIX Zjeździe, a dwie najbardziej spektakularne to prezentacja „Żyjemy na Ziemi – wirującej planecie”, oraz wystawa interaktywna, na której można wszystkiego „dotknąć” – „Nauki dawne i niedawne” (z Collegium Maius UJ). Atrakcją Zjazdu okazało się także zwiedzanie statku szkolno-badawczego Akademii Morskiej i symulatorów nawigacji oraz maszynowni okrętowej.

Jestem przekonany, że XXXIX Zjazd Fizyków Polskich był udaną imprezą, a jego uczestnicy zachowali miłe wspomnienia z pobytu w Szczecinie.



Mega demonstracja dla uczniów („Żyjemy na Ziemi – wirującej planecie” – zespół z Katowic)





## **Stanowisko Polskiego Towarzystwa Fizycznego wyrażone na XXXIX Zjeździe Fizyków Polskich w Szczecinie**

Uczestnicy XXXIX Zjazdu Fizyków Polskich w Szczecinie wyrażają głębokie zaniepokojenie obecnym stanem nauczania fizyki w szkołach.

1. Fizyka jest nauczana w gimnazjum bez oparcia na materiale, który powinien być przerabiany na lekcjach przyrody w szkole podstawowej.
2. Zmniejszona drastycznie liczba godzin fizyki w gimnazjum nie pozwala na przekazanie uczniom niezbędnego minimum wiedzy przedmiotowej. Powoduje to zmniejszenie liczby chętnych do nauki w klasach o profilu matematyczno-fizycznym w liceum, a co za tym idzie radykalnie zmniejsza się liczba dobrze przygotowanych kandydatów na studia techniczne i przyrodnicze.
3. Innym czynnikiem wpływającym niezwykle negatywnie na poziom nauczania jest dopuszczenie do nauczania fizyki niekompetentnych nauczycieli. PTF stanowczo protestuje przeciw takiemu kształceniu, które nie wymaga właściwego poziomu przygotowania merytorycznego z fizyki. Magisterium z fizyki lub równoważne wymagania powinny być warunkiem zatrudnienia w szkole ponadgimnazjalnej, a podobny poziom powinien być zalecany dla nauczycieli w gimnazjum. Powyższe wymagania powinny być zabezpieczone przez odpowiednio opracowane standardy kształcenia nauczycieli.

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

Powyższe stanowisko zostało wystosowane do Ministra Edukacji Narodowej Prof. dr. hab. Ryszarda Legutki.

KRONIKA**Borowice 2007 w Kudowie**

Kto nie był, niech żałuje!

W tym roku TKO (Tajny Komitet Organizacyjny, jedyny jawny członek Komitetu to Ludwik Lehman) skrzyknął nauczycieli fizyki do Kudowy.

Cały dzień 16 listopada i dwa wieczory, piątek i sobotę, trwały zawzięte dyskusje o tym, czy uczyć modelu Bohra, czy też nie, jak uczyć astronomii korzystając z najnowszych danych z teleskopów, jak zmierzyć wartość kaloryczną jedzenia, jak ułatwić sobie rozumienie i pamiętanie korzystając z map mentalnych – to tylko przykłady.

Unikalne miejsce, unikalna atmosfera. Byłam i widziałam i nawet spotkałam swojego byłego studenta, pana Grzegorza Sęka, który działa cuda w Niepołomicach (można było o tym czytać w *Fotonie*).

Proszę poczytać o tym, co się tam działo, na stronie internetowej <http://www.obserwatorium.lo2.pl/kudowa.htm>

Z.G-M.



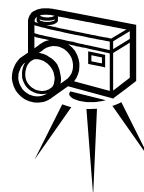


## VI Ogólnopolski konkurs fizyczno-fotograficzny „Zjawiska fizyczne wokół nas”

*Koło młodych fizyków  
przy Młodzieżowym Domu Kultury w Wieluniu*

### Organizatorzy konkursu:

- Starosta Wieluński
- Młodzieżowy Dom Kultury („Domek Harcerza”) w Wieluniu
- Koło młodych fizyków przy MDK w Wieluniu



### Warunki udziału w konkursie

Konkurs jest adresowany do **uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych** (wiek uczestników: 13–19 lat).

Warunkiem udziału w konkursie jest przesłanie lub osobiste dostarczenie do Młodzieżowego Domu Kultury, **WŁASNORĘCZNIE WYKONANYCH ZDJĘĆ**, przedstawiających dowolnie wybrane zjawiska fizyczne, dostrzeżone w otaczającej przyrodzie lub świadomie wyeksponowane w przeprowadzonym przez ucznia eksperymencie.

Oczekujemy na **fotografie barwne lub czarno-białe wyłącznie formatu 13 x 18 cm i poprawne technicznie**.

### Konkurs rozstrzygniemy w dwóch kategoriach:

- a) fotografie przedstawiające określone **zjawiska fizyczne zaobserwowane w otaczającej przyrodzie**,
- b) serie zdjęć ilustrujące **eksperymenty fizyczne**.

**Na fotografię oczekiwać będziemy do 27 maja 2008 roku.**

### **Informacji o konkursie udziela i prace przyjmuje:**

Sekretariat MDK, ul. 3 Maja 29, 98-300 Wieluń,  
tel. (043) 843-87-80, e-mail: mdkwielun@wp.pl



## KOMUNIKATY REDAKCJI

### **SPOTKANIA ŚRODOWE W IF UJ**

W roku szkolnym 2007/2008 w **środy o 16.00 w Instytucie Fizyki UJ, ul. Reymonta 4, sala 055 (parter)** odbywają się wykłady i pokazy dla młodzieży szkół średnich, jak również dla gimnazjów.

Tytuły i terminy zamieszczone są na stronie internetowej:

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>

<http://www.if.uj.edu.pl/PPF/>

\* \* \*

**WARSZTATY Z FIZYKI** prowadzone przez pracowników Instytutu Fizyki UJ. Spotkania w ramach warsztatów adresowane są do uczniów szkół średnich zainteresowanych fizyką. Program zajęć teoretycznych obejmuje praktyczną naukę rozwiązywania zadań z fizyki na poziomie rozszerzonego programu szkoły średniej, z naciskiem na te działy fizyki, które powszechnie uważane są za najtrudniejsze.

Podczas zajęć doświadczalnych uczestnicy warsztatów wykonują doświadczenia indywidualnie lub zespołowo. Istnieje możliwość wzięcia udziału w zajęciach w pracowni fizycznej.

Zajęcia odbywają się we **wtorki o godz. 16.30 w Instytucie Fizyki UJ, ul. Reymonta 4.**

Tematy zajęć na stronie: <http://www.if.uj.edu.pl/warsztaty/warsztaty.html>

\* \* \*

### **UNIwersytet Jagielloński dla szkół**

Seria cotygodniowych wykładów skierowanych do uczniów szkół średnich. Tematyka obejmuje zagadnienia nauk ścisłych i przyrodniczych. Prowadzącymi są wyróżniający się studenci i doktoranci oraz goście specjaliści z Uniwersytetu Jagiellońskiego. Spotkania odbywają się we **wtorki o godz. 16:00 w sali 22, V LO w Krakowie, ul. Studencka 12.** Na wszystkie wykłady wstęp wolny.

[www.uniwersytetdlaszkoł.pl](http://www.uniwersytetdlaszkoł.pl)

Uniwersytet  
Jagielloński



# S<sub>tudia</sub> M<sub>atematyczno</sub> P<sub>rzyrodnicze</sub>

## **Studia Matematyczno-Przyrodnicze (SMP)**

to nowoczesny sposób studiowania na wydziałach nauk matematycznych i przyrodniczych *Uniwersytetu Jagiellońskiego* (11 kierunków do wyboru: astronomia, biologia, biotechnologia, chemia, fizyka, geologia, geografia, informatyka, nowoczesne materiały i nanotechnologia, ochrona środowiska i matematyka).

### **Co wyróżnia te studia?**

**Indywidualny tok studiów** pod opieką *tutora* (opiekuna naukowego). Każdy słuchacz wybiera interesujące go kursy spośród całej oferty wydziałów matematyczno-przyrodniczych.

**Interdyscyplinarność** - możliwość uczęszczania na zajęcia z różnych dziedzin.

**Wybór kierunku wiodącego** (jednego z jedenastu) po drugim roku studiów.

Więcej informacji na stronie internetowej: [www.if.uj.edu.pl/pl/SMP](http://www.if.uj.edu.pl/pl/SMP)