

tom 61

zeszyt 1

rok 2010

nr indeksu 369721

cena 12 zł (0% VAT)

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



Rok Astronomii – Podsumowanie

Królewskie Towarzystwo Astronomiczne

Pierwsze spektroskopy pryzmatyczne

Inwazja mózgow Boltzmannowskich

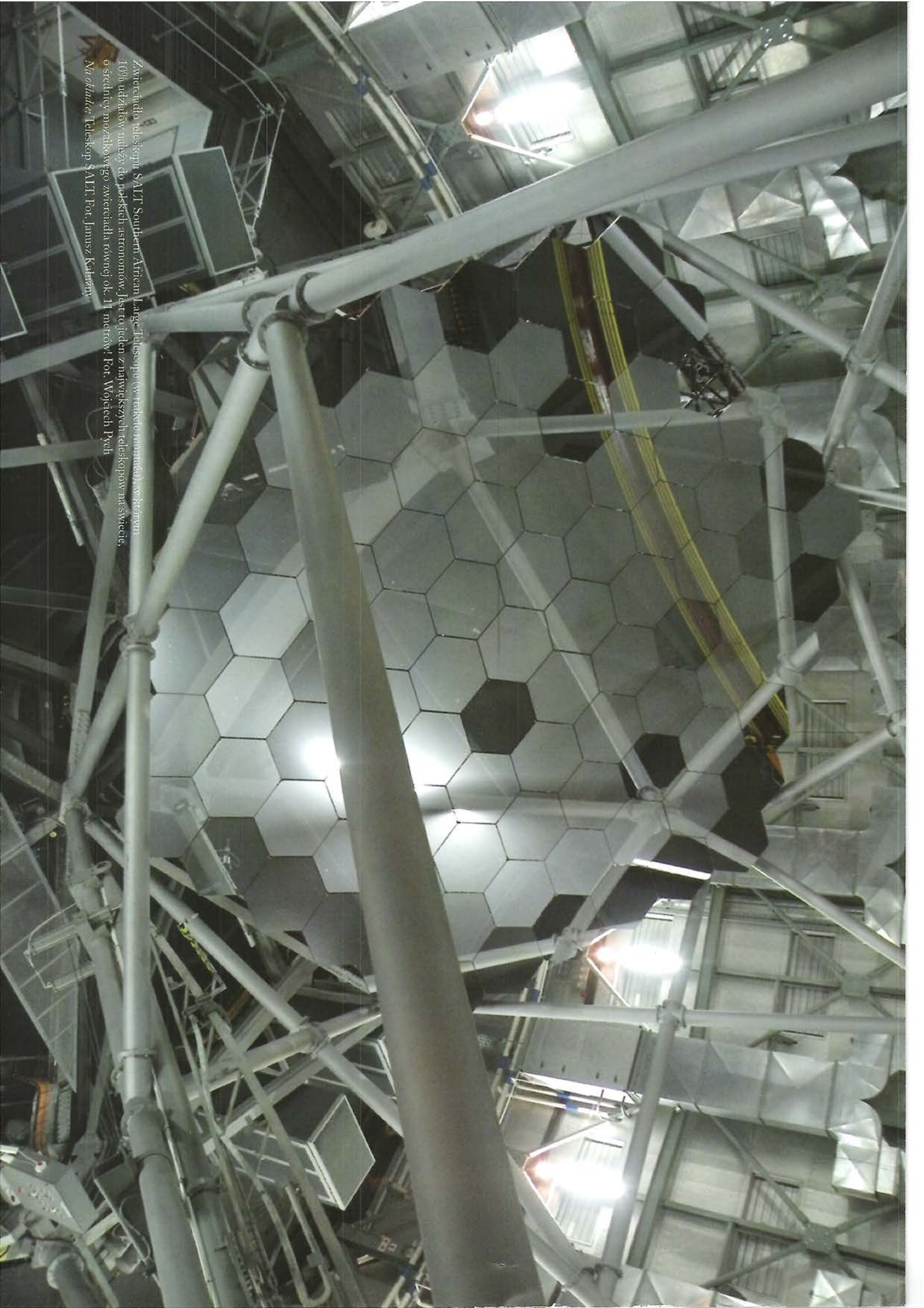
ISSN 0032-5430



9 770032 543004 >

Zwierzciadło teleskopu SALT (Southern African Large Telescope) w którym
10% udziałów należy do polskich astronomów. Jest to jeden z największych teleskopów na świecie,
o średnicy mozaikowego zwierziadła równej ok. 11 metrów! Fot. Wojciech Pych

Na okładce: Teleskop SALT. Fot. Jannusz Kalinzy



RADA REDAKCYJNA

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

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

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

Adres Redakcji:

Instytut Fizyki UŚ, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, e-mail: postepy@fuw.edu.pl, Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF

Maciej Pięta (Białystok), Aleksandra Wronkowska (Bydgoszcz), Wojciech Gruhn (Częstochowa), Tomasz Jarosław Wąsowicz (Gdańsk), Roman Bukowski (Gliwice), Beata Kozłowska (Katowice), Aldona Kubala-Kukuś (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków), Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole), Maria Połomska (Poznań), Małgorzata Pociąg (Rzeszów), Małgorzata Kuzio (Ślupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń), Aleksandra Miłoś (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Joanna Borgensztajn (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY

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

Adres Zarządu:

ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 022-6212668, e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF

Eugeniusz Żukowski (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Ewa Mandowska (Częstochowa), Bolesław Augustyniak (Gdańsk), Jacek Mazur (Gliwice), Wiktor Zipper (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce), Wojciech Gawlik (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Tadeusz Wibig (Łódź), Stanisław Waga (Opole), Roman Świetlik (Poznań), Marian Kuźma (Rzeszów), Włodimir Tomin (Ślupsk), Mariusz P. Dąbrowski (Szczecin), Jacek Szatkowski (Toruń), Mirosław Karpierz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Marian Olszowy (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM

WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF

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

Czasopismo ukazuje się od 1949 roku.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne

Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Patronat: Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego

Skład komputerowy, opracowanie okładki oraz druk i oprawa:

Oficina Wydawniczo-Projektowa „Markan” Marcin Kandziara,

ul. Piastów 7/204, 40-866 Katowice, tel.: 32 254 28 09,

e-mail: markan6@o2.pl, Drukarnia Kolumb,

e-mail: info@drukarniakolumb.pl

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

S. Bajtlik – O roku ów! Czyli o Międzynarodowym Roku Astronomii	2
M. Demiański, E. Infeld – Królewskie Towarzystwo Astronomiczne – Od Herschela do Hawkinga	6
J. Rodzeń – Pierwsze spektroskopy przyrządowe	20
T. Wibig – Inwazja mózgow Boltzmannowskich	27
H. Kubbinga – An appeal of the European Physical Society ..	36
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	37
NOWI PROFESOROWIE	42
KRONIKA	43

Drodzy Czytelnicy!

Pisząc te słowa nie mogę odrzucić kłębiących się w mojej głowie myśli, które przytłaczają wszystko inne. Tragedia narodowa wywołuje nieprzeciętną rozpacz i cięży niezwykłym brzemieniem. Ale jednak już w tej chwili świeci światło nadziei i to nie tylko ponad morzem płonących zniczów i morzem kwiatów koło Pałacu, lecz także z milionowego morza ludzi, które tam faluje i przepływa przez Pałac, to światło nadziei promieniuje w postaci słów wypowiedzianych i współbrzmiających na jedną nutę: Jeszcze Polska nie zginęła...

Niniejszy zeszyt Postępów Fizyki jest pierwszym numerem w pełni kolorowym w niespełna sześćdziesięcioletniej historii czasopisma. Zawiera on cztery zasadnicze artykuły oraz stałe, równie ciekawe zresztą rubryki. I tak w pierwszym artykule Stanisław Bajtlik pisze o wspaniałych dokonaniach Światowego Roku Astronomii 2009 przez ludzi różnych pokoleń i różnych zawodów, ludzi pełnych entuzjazmu i pasji, ale pisze nie bez pewnej nutki goryczy wynikającej z faktu niezrozumienia przez klasy finansowe wagi tego wydarzenia dla naszej kultury oraz dla naszej tożsamości ludzkiej. Jako antrakt między tym artykułem a następnym przeczytamy wiersz natchnionego poety-fizyka Ryszarda Horodeckiego. Drugi artykuł, którego autorami są Marek Demiański i Eryk Infeld, przedstawia historię Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego. Autorzy pokazują jak ta historia jest ściśle spleciona z historią fizyki. Znakomite nazwiska począwszy od Williama Herschela i jego syna Johna, poprzez m.in. Bailyego, Hendersona, Eddingtona, Lovella do Penrose'a i Hawkinga świadczą o tym. Jacek Rodzeń w trzecim artykule ukazuje nam początki historii spektroskopów koncentrując się na XIX-wiecznych spektroskopach przyrządowych. Opisuje ich zasadę działania a także ich różne typy oraz ich ewolucję. W czwartym artykule Tadeusz Wibig raczy nas tekstem oscylującym między science a science fiction, przy czym ta ostatnia nadaje artykułowi bąbelki, rzekłbym szampańskie. Autor pokazuje, że to właśnie z ostatnich odkryć astrofizycznych wynika, że żyjemy we Wszechświecie zdominowanym przez stałą kosmologiczną, i, co więcej, wynika w kosmologii kwantowej paradoks „inwazji mózgow Boltzmannowskich”. Ta inwazja może nam wkrótce, tj. za około 10 miliardów lat zagrozić. Dlatego Autor nawołuje nas do zastanowienia się nad przyszłością, a może nawet zrobienia rachunku sumienia etc.

Drodzy Czytelnicy! Cieszymy się zatem póki czas kolorami w Postępiech Fizyki. I w ogóle życząc Wam la vie en rose.

*Jerzy Warczewski
Pisane w piątek 16 kwietnia 2010*

O roku ów! Czyli o Międzynarodowym Roku Astronomii 2009

Stanisław Bajtlik

Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN, Warszawa

Streszczenie: Z okazji ważnych rocznic: 400-setnej rocznicy użycia przez Galileusza lunety do obserwacji nieba, 400-setnej rocznicy opublikowania przez Keplera dzieła „Astronomia nova”, 90-tej rocznicy powstania Międzynarodowej Unii Astronomicznej i 40-tej rocznicy lądowania przez człowieka na Księżycu ONZ ogłosiła rok 2009 Międzynarodowym Rokiem Astronomii. W skali ogólnoswiatowej obchody były organizowane przez Międzynarodową Unię Astronomiczną, a w Polsce przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Komitet Astronomii PAN. Rok ten już się skończył, przyszedł czas na podsumowania i refleksję nad przyszłością edukacji i popularyzacji astronomii i w ogóle nauk ścisłych.

Oh that year! Or on the International Year of Astronomy 2009

Abstract: On the occasion of the important anniversaries: the 400th anniversary of the use by Galileo Galilei of the telescope for the sky observation, the 400th anniversary of the publication by Kepler of the work „Astronomia nova”, the ninetieth anniversary of the establishment of the International Astronomical Union and the fortieth anniversary of the landing of the man on the Moon the United Nations have proclaimed the year 2009 the International Year of Astronomy. In the worldwide scale the celebrations were organized by the International Astronomical Union and in Poland both by the Polish Astronomical Society and the Committee of Astronomy of the Polish Academy of Sciences. This year has just finished and time came to summarize and make reflections on the future of education and popularization of astronomy and in general of science.

Wszyscy fizycy pamiętają, że w roku 2005 obchodzony był Międzynarodowy Rok Fizyki, ogłoszony z okazji setnej rocznicy „rewolucji 1905 roku”, czyli opublikowania przez Alberta Einsteina pięciu prac, które zmieniły oblicze fizyki. Z inicjatywy włoskich astronomów najpierw UNESCO, a potem Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych ogłosiło rok 2009 Międzynarodowym Rokiem Astronomii. Okazją były: 400-setna rocznica użycia przez Galileusza lunety do obserwacji nieba, 400-setna rocznica opublikowania przez Keplera dzieła „Astronomia nova”, 90-ta rocznica powstania Międzynarodowej Unii Astronomicznej i 40-sta rocznica lądowania przez człowieka na Księżycu. Uchwała Zgromadzenia Ogólnego nie została przyjęta bez trudności. Niektóre kraje z zasady są bowiem przeciwnie proklamowaniu jakichkolwiek „lat międzynarodowych”, inne uzależniały poparcie dla tej inicjatywy od spełnienia ich oczekiwań w innych dziedzinach. Targi trwały niemal rok. W skali ogólnoswiatowej obchody roku astronomii koordynował międzynarodowy komitet powołany przez Międzynarodową Unię Astronomiczną. Na jego czele stała francuska astronomka Katharine Cesarsky. Ogłaszając Międzynarodowy Rok Astronomii 2009, międzynarodowy komitet obchodów

poprosił towarzystwa krajowe i krajowe Komitety Astronomii (w Polsce jest nim Komitet Astronomii PAN) o wyznaczenie w każdym kraju jednej osoby, której zadaniem miało być utrzymywanie kontaktów i przekazywanie informacji pomiędzy międzynarodowym komitetem, a środowiskiem astronomicznym w danym kraju. Taka osoba w żargonie organizatorów była nazywana SPOC (Single Point of Contact). Zostałem powołany przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Komitet Astronomii PAN do pełnienia tej roli. Potem okazało się, że w praktyce oczekiwania wobec mnie są znacznie szersze. Stawiane jest pytanie, czy spełnione zostały główne cele dla jakich ogłoszono ten rok. Ja uważam, że tak. Celem głównym była popularyzacja astronomii, a przy okazji nauk ścisłych i naukowego patrzenia na rzeczywistość. Pamiętajmy, że w wielu krajach astronomia w ogóle nie jest nauczana w szkole, a w niektórych prawie w ogóle nie uczy się nawet fizyki. W bardzo wielu krajach takie formy popularyzacji jak olimpiady astronomiczne, konkursy dla młodzieży, wykłady popularne czy młodzieżowe obserwatoria są niemal nieznanymi. To właśnie w tych krajach znaczenie MRA2009 było największe. Ważnym zadaniem MRA2009 było też zachęcanie

dziewcząt do interesowania się astronomią i naukami ścisłymi oraz do wybierania takich kierunków studiów. Jednym z efektywnych celów była też ochrona ciemnego nieba nad miastami, parkami narodowymi i miejscami ważnymi dla obserwacji astronomicznych. Wiele lokalnych społeczności zrobiło wiele w tej sprawie. Ale lokalne społeczności działają na własną rękę. Znacznie słabiej ta sprawa wygląda w skali ogólnopolskiej. W niektórych miejscach na świecie, np. w Tucson, w Arizonie, mieście wielkości Krakowa, obowiązują od lat ostre regulacje dotyczące billboardów i sposobów oświetlania ulic. Nic dziwnego. Na okolicznych szczytach umieszczono przeszło 100 teleskopów, a astronomia jest prawdziwym miejscowym „przemysłem”. Pamiętajmy jednak, że Obserwatorium na Mt. Wilson, nad Pasadena, w którym Hubble odkrył rozszerzanie się Wszechświata, zostało zamknięte z powodu luny sztucznych światel nad Los Angeles. Podobnie, położone niedaleko San Diego Obserwatorium na Mt. Palomar, w którym przez długi czas znajdował się największy teleskop na świecie (o średnicy zwierciadła 5 m) straciło swe znaczenie z powodu zanieczyszczenia światłem. Jak powiedział mi japoński kolega, z badań wynika, że przeszło 90% maturzystów w Japonii nigdy nie widziało Drogi Mlecznej. Inny astronom powiedział mi, że niemal na jednej trzeciej liczby zdjęć wysokiej jakości, robionych przy użyciu dużych teleskopów, widać w postaci jasnej kreski ślad pozostawiony przez przelatującego satelitę lub jakiś kosmiczny śmieć na orbicie okołoziemskiej. „Zanieczyszczenie światłem” dotyczy nie tylko światła widzialnego. Telefonii komórkowej, radary, CB-Radio itp. praktycznie już zasłoniły całe niebo i zabiły (a przynajmniej bardzo utrudniły) radioastronomię molekularną. Pamiętajmy, że telefon komórkowy na Księżycu byłby najjaśniejszym źródłem na niebie. Łatwo więc sobie wyobrazić jaki „hałas” elektromagnetyczny powodują wspomniane przeze mnie urządzenia. Ze względów estetycznych, komercyjnych i bezpieczeństwa nie przyćmimy światel w miastach. Trzeba to robić tam, gdzie się da, a więc właśnie w parkach (nie tylko narodowych), czy lokalnie, w gminach, w których nocne niebo może być atrakcją turystyczną. W Polsce dodatkowym problemem jest słabość państwa, które nie jest ani zainteresowane, ani nie byłoby w stanie wprowadzić żadnych takich regulacji. Wystarczy popatrzeć na tysiące szkodliwych billboardów, oszpecających nasze miasta w stopniu, którego nie mogą pojąć cudzoziemcy. Ponadto, dopóki ludzie będą wyrzucać śmieci do lasu, rozszczelniać szamba i wysypywać „jedzenie dla kotków i ptaszków” na chodniki, to nawoływanie do ochrony nocnego nieba pozostanie głosem wołającego na puszczy. Ankiety przeprowadzone na polskich portalach astronomicznych wyraźnie wykazują, że większość osób ubolewała nad słabym nagłośnieniem imprez, wydarzeń i pokazów nieba. Tak naprawdę była tylko oficjalna strona internetowa. Pieniądzy zabrakło nie tylko na nagłośnienie i reklamę ale na wszystko. Wbrew wcześniejszym obietnicom, ani PTA, ani KA PAN nie dostały żadnych dodatkowych pieniędzy w związku z MRA2009. Gadanie przez środowiska biznesowe o ich silnej woli dotowania nauki i kultury też można między bajki włożyć, a takie imprezy jak Festiwal Nauki czy MRA2009 są świetną okazją by się przekonać, że są to puste, pozbawione jakiegokolwiek wartości frazesy. Chlubne wyjątki, jak np. Skarbiec Mennicy Polskiej, który był serdecznym mecenasem astronomów w 2009 roku, są naprawdę bardzo nieliczne. Ponadto, nagłaśnianie imprez naukowych nie może i nie powinno wyglądać tak, jak nagłaśnianie akcji Owsiaka, konkursu Eurowizji czy Euro2012, z występami celebrytów i pie-

czonymi na rynkach kiełbaskami. Ponadto, opinie internautów nie są sprawiedliwe. Czy wiecie, że wcześniejszy, 2008 rok też był rokiem międzynarodowym, ogłoszonym przez ONZ? A czy wiedzieliście czego? Ziemiaka! Czy ktoś o tym słyszał? Czy było to „odpowiednio nagłośnione”? Rok 2009 był nie tylko Rokiem Astronomii, ale jednocześnie „Międzynarodowym Rokiem Włókien Naturalnych”. O tym też było cicho. A obecny, 2010 rok jest rokiem czego? Są aż trzy dedykacje ONZ: zbliżenia kultur, bioróżnorodności oraz młodzieży. Trudno mówić o nagłośnieniu tych tematów. Na pewno przykry był brak zainteresowania mediów, zwłaszcza telewizji. Przy powszechnym, słusznym ataku na telewizję publiczną, trzeba podkreślić, że wszystkie telewizje prywatne wykazały zupełny brak zainteresowania tym tematem. Podobnie było z prasą. Poza Gazetą Wyborczą, wszystkie dzienniki i tygodniki ignorują naukę. Niektóre (jak np. Rzeczpospolita czy Polityka albo Wprost) kamuflują naukę jako technikę. W takim klimacie społecznym działamy. Proszę zauważyć, że w polskich szkołach liczba godzin nauczania przedmiotów ścisłych została bardzo ograniczona. Niektóre autorytety, jak np. prof. Wiktor Osiatyński uważają nauczanie matematyki, fizyki i chemii za relikty XIX kultury. W Polsce pracuje zaledwie ok. 100 astronomów (dla porównania, w Hiszpanii, kraju o porównywalnej liczbie ludności, jest ich prawie 1000). Mimo to, na tle innych krajów, obchody MRA2009 w Polsce wypadły całkiem dobrze, głównie dlatego, że już od wielu, wielu lat astronomia jest w Polsce przedmiotem nauczania i fascynacji wielu miłośników. Astronomia jest obecna w szkołach, w ruchu miłośniczym, w wydawnictwach popularnych (słabiej w mediach). Wykłady popularne, pokazy astronomiczne, publiczne obserwatoria działają w Polsce od lat. Dlatego, mimo bardzo niewielkich dodatkowych nakładów, to, co działo się u nas (prawda, że często będąc kontynuacją zwykłej działalności), było i jest dość imponujące. Podsumowując, z pewnością największą porażką MRA2009 był brak dodatkowych środków na realizację wielu zaplanowanych przedsięwzięć o zasięgu ogólnopolskim. Nie udało się nakręcić zaplanowanego, kilkuodcinkowego filmu dokumentalnego o polskiej astronomii. Nie byliśmy w stanie dofinansować ani narodowej wyprawy na obserwacje zaćmienia Słońca w Chinach, ani innych ogólnokrajowych i lokalnych inicjatyw. Kompletną porażką zakończyły się próby zaproszenia do współpracy telewizji (zarówno publicznej jak i prywatnej). Udało się za to wciągnąć do współpracy tysiące nauczycieli, miłośników astronomii i entuzjastów. Dobrze wyglądała współpraca z radiem (zarówno ze stacjami o zasięgu ogólnopolskim, zwłaszcza Radiem Euro, jak i rozgłośniami regionalnymi). W większości miejscowości lokalne władze bardzo przychylnie patrzyły na imprezy często je dofinansowując. PTA i KA PAN były całym sercem zaangażowane w MRA2009. Podobnie niektóre oddziały Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Niestety, Polski Komitet do Spraw UNESCO (jeden z inicjatorów MRA2009) praktycznie umył ręce, nie wyrażając ani zainteresowania, ani jakiegokolwiek kompetencji w tej sprawie. To było dla mnie zaskakujące i przykre doświadczenie. Nie wiedziałem, że wciąż istnieją tak nieporadne i wprost bezradne ciała. MRA2009 był naprawdę światową imprezą, z czego w Polsce często nie zdajemy sobie sprawy, bo „nasza chata skraja”. W wielu krajach taka impreza to jedyna szansa pokazania młodzieży, że nauki ścisłe są ciekawe. W innych to szansa zaangażowania kobiet w poznawanie tej dziedziny. Gdzie indziej to walka z „zanieczyszczeniem światłem”. Jeszcze gdzie indziej to po prostu radosne, wspólne przeży-



Rys. 1 Teleskop SALT Southern African Large Telescope, w którym 10 % udziałów należy do polskich astronomów. Jest to jeden z największych teleskopów na świecie, o średnicy mozaikowego zwierciadła równej ok. 11 metrów!
Fot. Kamil Złoczewski

wanie oglądania nieba (czyli astronomia jako rekreacja). Tak też było. W wielu krajach forma obchodów była dostosowana do ... oczekiwań sponsorów, czyli nie było to święto astronomii, tylko tego, kto płacił. Jaka była skala zainteresowania i inicjatyw, można się przekonać zaglądając na listę imprez, które się w Polsce odbyły. Od konkursów plastycznych dla dzieci, poprzez pokazy ogni sztucznych w Toruniu, imitujących kolejne etapy ewolucji Wszechświata, pikniki naukowe, programy radiowe, publiczne pokazy nieba, dystrybucję „Galileoskopu” (współczesny odpowiednik lunety Galileusza, sprzedawany w formie zestawu do samodzielnego zmontowania), itd. itp. Nie ma „złotego klucza”, ani żadnej cudownej metody popularyzowania nauki. Podobnie jak nie ma metody na napisanie wiersza czy namalowanie wspaniałego obrazu. Tak samo nie ma metody, np. jak być dobrym wykładowcą, czy dobrym autorem podręczników. To sprawa wyczucia, wrażliwości, szerokości horyzontów, talentu. Ale nie tylko, bo to także sprawa klimatu społecznego i społecznej gotowości. Książka Stevena Weinberga „Pierwsze trzy minuty”, o początku ewolucji Wszechświata, miała na przełomie lat 70. i 80. w Polsce ponad 100-tysięczny nakład. Dziś za sukces uznaje się sprzedaż książki popularnej w nakładzie ponad 3 tysiące. Ci sami internauci, którzy biadolą nad „niedostatecznym nagłośnieniem” MRA2009 nie czytają często znakomitych artykułów popularnych, pisanych przez świetnych autorów w Wiedzy i Życiu czy Świecie Nauki. Nie ma osobnej popularyzacji dla młodzieży i dla „starszych”. W naszym Centrum Astro-

nomii im. M. Kopernika PAN w Warszawie na poniedziałkowych, popularnych wykładach i pokazach nieba spotykają się i uczniowie szkół podstawowych i emeryci. Jakoś świetnie się rozumieją. Wielkie zainteresowanie astronomią jest bardzo ciekawą sprawą. Astronomia jest szczególna. To jedyna (chyba obok ornitologii) nauka, której towarzyszy ruch miłośników, który wniósł wielokrotnie istotny wkład w jej rozwój. Myślę, że ludzie pociąga ta sama groza i piękno nocnego nieba, która działała od zawsze. Nie przypadkiem ludzie umieszczali w niebie bogów, wyczytywali z niego swoje losy. To w niebie szukali zrozumienia, kim są i jakie jest ich miejsce w Kosmosie. Kiedy MRA2009 nie był jeszcze oficjalnie ogłoszony, w 2007 roku, w okresie prosperity, snuto wspaniałe plany rozwoju i upowszechniania wiedzy astronomicznej na całym świecie. Było to bardzo naiwne. Zafundowany ludzkości przez najlepiej opłacaną w dziejach „kadrę specjalistów” kryzys finansowy dał rządowi, agencjom, fundacjom łatwy pretekst do wycofania się z wcześniejszych obietnic. Sądzę jednak, że entuzjazm dzieci, młodych ludzi, naukowców, lekarzy, inżynierów, a nawet prawników czy ekonomistów, którzy dzięki MRA2009 mieli po raz pierwszy w życiu okazję zobaczyć kratery na Księżycu, plamę na Jowiszcu, pierścienie Saturna czy Andromedę, nie pozwoli im, tj. tej „kadrze specjalistów” spać spokojnie i pewnie już niejeden z nich nie będzie sprowadzać problemów dnia dzisiejszego do prymitywnego pytania „czy jestem dziś bogatszy czy biedniejszy?”

POEZJE PROFESORA RYSZARDA HORODECKIEGO FIZYKA-POETY

Dzisiaj drukujemy trzeci wiersz fizyka-poety profesora Ryszarda Horodeckiego zarówno po polsku, Spacer, jak też i po angielsku, A Walk, w tłumaczeniu Jean Ward. Wiersz pochodzi z dwujęzycznego tomu wierszy „Sum ergo cogito (Impresje poetyckie Poetic Impressions)”, Wydawnictwo „Marpress” Gdańsk 2009.

Spacer

Przyjaciołom na szlaku

1
Jest pod stopami ziemi płatek
ziarno gotowe ścierpieć ból
dla drzewa które da nam owoc
i stół nam da pod chleba bochen
łaskawy cień liść Kołyskę
do której włożą pierwszy oddech

jest fal eteru – pilot – promień
co czoła dumnych koron przebił
do żył ogrodów botanicznych
wilgotnych cieni ziół paproci
źródła w którym ptak się kąpie
i śpiewa ptak w porządku rzeczy

gdzie zapach gorzkich żywic z pnia
nasyści płuca aromatem
na brzuchu szarym mrok się czołga
i rany liże nam i skamle

2
Z atomów światła informacji
reguł wyboru pól eterów
z plazmy, która przenika ruch
– pod cienką przezroczystą skórą
pulsuje żywa krew i myśl jak gotyk
obliczona na intromisję i tęsknotę

gdy czas odmierza cichy krok
gdzie nas prowadzi zmarszczek szlak
i pilot – promień gdyby zgasł
w materię zimną zmieni świat
i tylko miłość nie zakrzepnie
na spacer wyjdzie rajskim szlakiem

Leśniczówka Jasiień

A Walk

For friends on the trail

1
There's a flake of earth underfoot
a seed that's ready to suffer pain
for the tree that will give us fruit
will give us a table for our bread
and gentle shade of leaves A cradle
in which we may lay the first breath

there's a pilot beam of ether waves
that pierced the foreheads of proud crowns
to veins of botanic gardens
to damp shade of herbs of ferns
to the spring where the bird bathes
and the bird sings in the order of things

where bark's bitter resin small
will fill the lungs with its aroma
on its grey belly dusk comes crawling
and licks our wounds and whimpers

2
From information of atoms of light
of rules of choice of ether fields
from plasma that movement penetrates
– under a thin transparent skin
pulses live blood and though like Gothic
designed for intromission and yearning

when a quiet step is the measure of time
where the trail of wrinkles leads us
and the pilot beam if it went out
will turn the world to cold material
and all will clot and love alone
will still walk out on the paradise trail

Jasiień Forester's Lodge

Królewskie Towarzystwo Astronomiczne – Od Herschela do Hawkinga

Marek Demiański

Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Eryk Infeld

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sottana, Warszawa

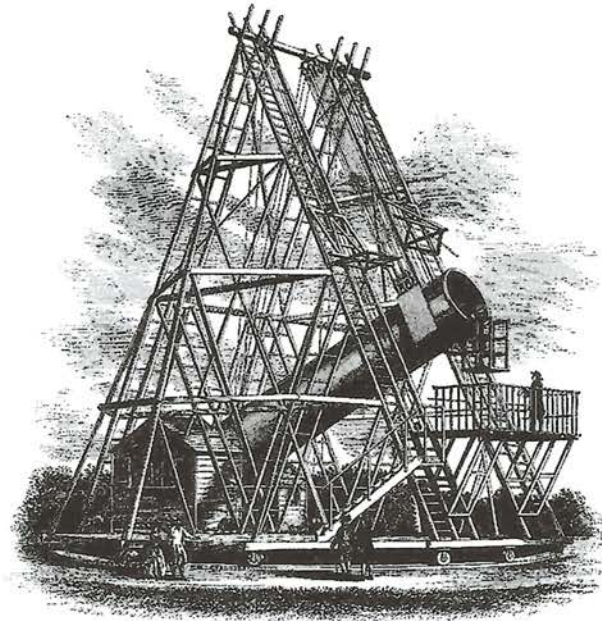
Streszczenie: Jako skromny przyczynek do obchodzonego właśnie Międzynarodowego Roku Astronomii (2009) i 190-tej rocznicy założenia w 1820 roku Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego zwięźle przedstawiamy jego historię. Rozpoczynając od odkrycia Neptuna przedstawiamy obserwacje, które przekonały astronomów o konieczności powołania organizacji niezależnej od Królewskiego Towarzystwa (Naukowego). Koncentrujemy się na niektórych najważniejszych wydarzeniach i kontrowersjach, takich jak kto odkrył Neptuna, Złoty Medal dla Einsteina, sprzeczka Eddingtona z Chandrasekharem, czy odkrycie pulsarów. Przedstawiamy historię Towarzystwa aż do ostatnich lat i znajdujemy brytyjską astronomię utrzymującą nadal swoją wysoką pozycję w coraz bardziej zdominowanej przez zasoby finansowe naukowej rzeczywistości.

Royal Astronomical Society – from Herschel to Hawking

Abstract: As a modest contribution to awareness of the International Year of Astronomy (2009) and also the 190th anniversary of the founding in 1820 of the Royal Astronomical Society we briefly describe its history. Starting with the discovery of Uranus, we cover the observations that convinced astronomers of the need of an organization independent of the Royal Society. We lead the Reader through some of the highlights, including controversial issues such as who discovered Neptune, Einstein's Gold Medal, the Chandrasekhar – Eddington squabble, or the discovery of pulsars. We bring the story up to the present and find British Astronomy still holding its own in this scientific reality increasingly dominated by the financial resources.

Obserwacje astronomiczne za pomocą teleskopów rozpoczęły się w Londynie w 1609 roku, a nie we Włoszech dzięki Galileuszowi. Przynajmniej tak się uważa w Anglii. Thomas Harriot spojrział przez teleskop w Sion House (Isleworth, wielki Londyn) na Księżyc, a następnie sporządził mapę satelity. Narodziła się brytyjska astronomia obserwacyjna, przodująca w świecie aż do początków XX wieku. Niedawno odbyła się uroczystość 400 lat wydarzenia w Sion House. Thomas Harriot (być może przebrany aktor) przechadzał się po posiadłości, demonstrując swój teleskop. Ale ojcem Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego (KTA) był Niemiec. Urodził się jako Fryderyk Herschel w Hanowerze w 1738 roku jako syn Kapelmistrza Gwardii Hanowerskiej Isaaka Herschela i pojawił się w Anglii dopiero w 1757 roku. Tam przyjął imię William i przeżył życie, którym można by obdarzyć jednego pierwszorzędnego kompozytora, jednego fizyka oraz trzech przodujących astronomów. Jest to tym bardziej zdumiewające, że astronomią zainteresował się dopiero w wieku 35 lat, i to

zupełnie przypadkiem. Studiując dzieło Roberta Smitha o teorii harmonii, natrafił na jego „Optykę”, gdzie zainteresował go opis konstrukcji teleskopu. Sąsiad w modnym uzdrowisku Bath miał odpowiedni warsztat, a brat Aleksander był mechanikiem-amatorem. Tak z muzyką zrodził się astronom. W tym czasie dołączyła do braci siostra Karolina. Myślała, że jedzie do muzyka, który pomoże jej zostać śpiewaczką, a przyjechała do astronoma, dzięki któremu odkryła 8 komet i została honorowym członkiem Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego. Cała trójka konstruowała coraz większe teleskopy. To przy pomocy jednego z nich w 1781 roku William odkrył Urana. Była to pierwsza nowoodkryta planeta od czasów starożytnych. Królewskie Towarzystwo (Royal Society) odznaczyło Herschela Medalem Copleya i wybrało go na członka (fellow), a król Jerzy III (też Niemiec) przyznał mu roczną pensję 200 funtów. Warunkiem było zamieszkanie w pobliżu Windsoru i bawienie rodziny królewskiej od czasu do czasu pokazami astronomicznymi. Odkrycie Urana do tego stopnia zafad-



Rys. 1. Teleskop zbudowany przez Williama Herschela w 1789 roku. Przez pół wieku był to największy teleskop świata.

nęto świadomością współczesnych, że nowoodkryty kilka lat później pierwiastek też nazwano Uran (1789). To wielkie jego odkrycie astronomiczne, najślawniejsze lecz niekoniecznie najważniejsze, jak się okaże, było tylko początkiem długiej serii. W 1787 roku Herschel odkrył dwa księżycy Urana, a dwa lata później szósty i siódmy księżyc Saturna (Enceladus i Mimas). W tym samym 1789 roku zakończyła się budowa największego teleskopu świata, i to największego aż do połowy XIX wieku. Jest to teleskop Herschela o średnicy 4 stóp, ważący niemal tonę (Rys. 1). Zawdzięczamy temu teleskopowi wspomniane odkrycie siódmego księżycy Saturna, najbliższego planety. Wizerunek tego teleskopu widnieje na Złotym Medalu KTA i na godle Towarzystwa. Dalsze odkrycia Williama Herschela są bardziej ogólne i wpływają na to, jak obecnie postrzegamy Wszechświat. To on odkrył ruch układu słonecznego względem tła galaktycznego, pierwszy spróbował określić kształt i rozmiary naszej galaktyki. Jako pierwszy badał bardzo wiele (850) układów gwiazd podwójnych i wysunął hipotezę, że gwiazdy w nich poruszają się podobnie, jak planety wokół Słońca. Wynik ten uściłił Felix Savary 25 lat później wykazując, że gwiazdy podwójne poruszają się po orbitach eliptycznych zgodnie z dynamiką Newtona. Herschel próbował ustalić kształt Drogi Mlecznej jako owalu o długości czterokrotnej w stosunku do szerokości. Słońce mylnie umieścił w pobliżu środka. Generał Konarszewski, późniejszy ojciec chrzestny Johna Herschela (syna Williama) donosił o tych odkryciach polskiemu królowi Stanisławowi Augustowi Poniatowskiemu listem z 1790 roku. Herschel jest odkrywcą promieniowania podczerwonego. W doświadczeniu rozszczepił promieniowanie słoneczne i na stole, na którym rozchodziło się rozszczepione światło, ustawił rząd termometrów, również jeden obok promienia czerwonego. Ów ostatni termometr wskazywał podwyższoną temperaturę. Doświadczenie wraz z ilustracją i wnioskami opisał w *Philosophical Transactions of the Royal Society* w 1800 roku. Ogólnie w tym piśmie opublikował 70 prac w latach 1780-1818. W roku 1788 William Herschel ożenił się z wdową po bogatym londyńskim kupcu. W roku 1792 urodził się

syn, John, o którym będzie jeszcze mowa. W 1793 roku przyjął poddaństwo brytyjskie. W 1816 roku Książę Regent nadał mu tytuł rycerza, w 1820 roku został pierwszym prezesem KTA. Zmarł 25 sierpnia 1822 roku w Slough koło Windsoru. Istnieje Medal Herschelów KTA na którym widnieją podobizny Williama i Johna.

Towarzystwo Astronomiczne

Dwunastego stycznia 1820 roku 14 panów, interesujących się astronomią, spotkało się na kolacji w londyńskim Freemason's Tavern i postanowiło utworzyć Towarzystwo Astronomiczne. Sytuacja już dojrzała, przecież dzięki rodzinie Herschelów Anglia przodowała w tej dziedzinie (chodzi o obserwacje, natomiast przodownictwo w teorii przeszło na kontynent). Miało nie być formalnych wymogów członkostwa, jak wiadomo była to era amatorów. Oficjalnie Towarzystwo ukonstytuowało się 10 marca. Komu zaproponować prezesurę? Czytelnik pewnie pomyśli, że sir Williamowi. Nic z tego! Chciano księcia. Ale jego miłośić księżę Somerset wycofał zgodę. Sięgnięto po rezerwę i ostatecznie pierwszym prezesem jednak został Herschel (1820-1822). Ale był już leciwy i obradom nie przewodniczył. Postanowiono, że będzie tylko jedna kategoria członkostwa (fellows: w innych towarzystwach jest to najwyższa kategoria). Określenie to podkreśla równość wszystkich członków. Obowiązuje do dziś, mimo że od 1915 roku przyjmowane są również panie. (Karolina Herschel była członkiem honorowym. Zaszczyc ten spotkał kilka innych pań przed rokiem 1915.) Aby zostać wybranym należało uzyskać cztery razy więcej głosów za (white balls) niż głosów przeciw kandydatowi (black balls). Przez długie lata Towarzystwo ciągle zmieniało siedzibę, aż do 1874 roku, gdy zamieszkało, aż do dziś, w Burlington House na Picadilly, do niedawna wraz z Royal Society. Ważnym wydarzeniem było królewskie nadanie w 1831 roku przez Williama IV. Od tej daty Towarzystwo nosi obecną nazwę. Królewskie nadanie ma nie tylko prestiżowe znaczenie. Porządkuje też pewne sprawy majątkowe. Ale w tym przeglądzie bardziej będą nas interesowali ludzie, ich odkrycia i niekiedy zmagania. Prezesa wybierało się na dwuletnią kadencję. Liczba kadencji nie była ograniczona. (Obecnie już nie wybiera się prezesów na więcej niż jedną kadencję.) Towarzystwo wydaje szereg periodyków. Najbardziej znane są "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" (MN RAS), założone w 1829 roku i wydawane do dziś. Wychodzą trzy razy w miesiącu (nazwa sugeruje, że jedynie raz; poza tym nie są to ogłoszenia, lecz prace. Jedyna prawda to nazwa Towarzystwa!) Do profilu Towarzystwa po 190 latach powrócimy na końcu.

Niektórzy polscy członkowie KTA

Fellow KTA był Marian Kowalski, polski astronom wykształcony w Petersburgu (1821-1884). Był pracownikiem, a następnie dyrektorem obserwatorium w Kazaniu. Jego wyniki dotyczą toru Neptuna oraz ruchu obrotowego naszej galaktyki. Do KTA został przyjęty w 1863 roku. Najwybitniejszym polskim członkiem KTA w pierwszej połowie XX wieku był Tadeusz Banachiewicz (1882-1954), autor rachunku krakowianowego i odkrywca toru Plutona (1930-31). Fellow KTA został w 1946 roku. Był członkiem tytularnym PAN. Stefan Piotrowski (1910-1985) twórca warszawskiej szkoły astronomii, został wybrany do KTA w 1957 roku. Będąc członkiem od 1976 roku, niedawno zmarły znakomity polski astrofizyk pracujący w Princeton University Bohdan Paczyński (1940-2007) otrzymał Złoty Medal KTA w 1999 roku (oraz

Medal Eddingtona KTA przyznawany za dokonania teoretyczne dotyczące końcowej fazy ewolucji gwiazd już w 1987 roku.)

John Herschel

Pierwszym sekretarzem i jednym z pierwszych prezesów Towarzystwa, i to wybranym na trzy kadencje, był wspomniany syn sir Williama John. Na znaczku wydanym z okazji 150 rocznicy założenia w 1970 roku widzimy Herschelów, ojca i syna, Baily'ego oraz teleskop Williama Herschela (Rys. 2). Jak już wiemy, John urodził się w 1792 roku w Slough. O jego dzieciństwie wiemy sporo, przecież naród pilnie obserwował dom Herschelów. Na jego osobowość wpływali William i Karolina (źródła bardzo oszczędnie piszą o matce Elizabeth). John kiedyś spytał ojca o przedmioty najbardziej do siebie podobne w przyrodzie. Sir William swoim zwyczajem kazał synowi samemu odpowiedzieć na swoje pytanie.

- Myślę, że liście z tego samego drzewa.
- Idź do ogrodu i przynieś garść takich liści.



Rys. 2. Znaczek okolicznościowy wydany z okazji 150-lecia Towarzystwa. Od lewej: William Herschel, John Herschel, Francis Baily, Teleskop Herschela.

Okazało się, że młodzieniec nie był w stanie wybrać nawet dwóch podobnych do siebie liści. Chłopca posłano do Eton, gdzie sobie nie radził z agresją silniejszych od siebie. Ojciec nie zawahał się wycofać syna z elitarnej szkoły i zorganizować edukację w domu. Eksperyment był na tyle udany, że John w Cambridge zdał egzaminy końcowe jako najlepszy na roku (Senior Wrangler). Pierwsze prace Johna dotyczyły rachunku różniczkowego i zostały przedstawione na forum Royal Society. Od roku 1816 zajmuje się astronomią, głównie gwiazdami podwójnymi ojca. Zajmował się ich orbitami, za co nagrodzono go jednym z pierwszych złotych medali nowopowstałego Towarzystwa (1826). Już przed tym otrzymał Medal Copley'a Royal Society za osiągnięcia z analizy matematycznej (1821). W 1827 roku po raz pierwszy został prezesem KTA, a w 1831 roku król William IV pasował go na rycerza. Ale dość o honorach. Sir John udał się w 1834 roku na cztery lata do południowej Afryki. Wyniki obserwacji opublikował w dziele pod tytułem "Cape Observations" w 1847 roku. Szczególny nacisk w tym obszernym dziele położył na opisie gwiazd podwójnych. Przygotowanie dzieła do druku trwało 9 lat, ponieważ autor nie chciał korzystać z niczyjej pomocy. W tym różnił się zasadniczo od swego ojca, dla którego Karolina była nieodzowna! W 1836 roku otrzymał ponownie Złoty Medal KTA. Sir John był też znakomitym chemikiem. Pracował nad doskonaleniem młodej fotografii. Z okazji swojej koronacji królowa Wiktorja podniosła go do rangi baroneta (dziedzicznego rycerza. Tytuł istnieje tylko

w Zjednoczonym Królestwie). Sir John Herschel zmarł w 1871 roku i został pochowany w Westminster Abbey obok Isaaka Newtona. Żył 79 lat.

Dwaj panowie B

Pierwsza połowa XIX wieku w Towarzystwie była zdominowana przez dwie dalsze postacie: Bailiego i Babbage'a. Pierwszy z nich widnieje na znaczku, drugi był przyjacielem Johna z Cambridge. Obaj złożyli uroczystą przysięgę na studiach w St. John's, że „opuszczą świat lepszym, niż go zastali”. Francis Baily urodził się w 1774 roku w Newbury na południu Anglii. Ojciec był bankierem i taką samą karierę szykował dla syna. Chłopiec chodził do dość przeciętnej szkoły w rodzinnym mieście, ale pasjonował się fizyką i chemią, w czym pomagali mu приятели rodziny. Po opuszczeniu szkoły posłusznie rozpoczął pracę w City, gdzie zdobył ogromną fortunę. Ale to nie było to. Niespokojny duch domagał się przygód. W 1795 roku wsiadł na statek i z przygodami wartymi oddzielnej powieści w końcu dopłynął do Wirginii. Następnie wędrował samotnie po młodych Stanach Zjednoczonych. Po powrocie zajmował się głównie astronomią, na co pozwalała mu fortuna zdobyta w City. Był jednym z założycieli Towarzystwa Astronomicznego w 1820 roku. Przygotował dla Towarzystwa katalog 2881 gwiazd, za co otrzymał Złoty Medal TA w 1827 roku. W następnych latach redagował kilka dalszych katalogów. Baily jest jednak najbardziej znany za opis zjawiska „Baily's beads” powstającego na Słońcu podczas zaćmienia. Chodzi o to, że księżyc nie jest idealną sferą i w trakcie zaćmienia, przez chwilę, widać odosobnione punkty świetlne. Słońce prześwituje przez krater i nierówności przykrywającego go dysku księżyca, tworząc jakby brylantowe paciorki. Obserwacja miała miejsce w Inch Bonney 15 maja 1837 roku. Opis zjawiska autorstwa Baily'ego był tak wyrazisty, że udało się zainteresować współczesnych zaćmieniami słońca. Narodziła się epoka naukowych obserwacji tych zaćmień. Sam Baily opisał też całkowite zaćmienie 1842 roku będąc w Padwie. Inne jego zasługi to oszacowanie mimośrodowości Ziemi (1/289) i jej gęstości (5.66). Był czterokrotnym prezesem Towarzystwa (kadencja trwa dwa lata). Zmarł w 1844 roku, w rok po otrzymaniu Złotego Medalu Towarzystwa. Charles Babbage jest jedynym bohaterem naszej opowieści, którego zasługi są głównie w dziedzinie innej, niż astronomia. Jest on bowiem prekursorem idei komputera. Ale jego zasługi dla astronomii, głównie polegające na uściśleniu rachunków gwiazdowych, są też istotne. Urodził się w 1792 roku w Teignmouth w Devonshire. Jako młodzieniec musiał wszystko sprawdzić samemu. By rozstrzygnąć problem istnienia diabła spróbował go wywołać. Bezsukcesywnie, więc sprawa wyjaśniona! Studia ukończył w Cambridge, gdzie narodziła się jego przyjaźń z Johnem Herschelem. W latach 1815-17 napisał trzy prace o rachunku różniczkowym opublikowane w Philosophical Transactions of the Royal Society. Dążył do zastąpienia podejścia newtonowskiego leibnizowskim. Na podstawie tych prac został fellow of the Royal Society w 1816 roku. Założył w tym czasie wraz z Johnem Herschelem towarzystwo dla popierania analizy matematycznej. W roku 1826 przedstawił w Royal Society zasady programowalnej maszyny liczącej. Miał to być najważniejszy wątek jego życia. Jego programy wyprzedzały epokę. To on wprowadził perforowane kartki. W tym samym roku opublikował tablice logarytmów. Babbage był jednym z założycieli Astronomical Society. Ale najbardziej zdumiewająca jest jego działalność jako projektanta i konstruktora maszyn liczących. W latach

1828-39 był następcą Newtona na katedrze Lucasian Chair of Geometry w Cambridge. Drugą część życia spędził w Londynie, konstruując i planując coraz potężniejsze maszyny liczące. Nie był całkiem wolny od światowych ambicji: kandydował do parlamentu w 1832 roku (bez powodzenia). Zmarł w 1871 roku jako ostatni z listy założycieli KTA z 1820 roku. Nigdy nie zbudował wielkiej zaplanowanej maszyny, brakowało dotacji rządowych (historia jego zmagania z biurokracją rządową jest przygnębiająca. Między innymi przeszkodami brakowało właściwego urzędu w Londynie.) Ale wcześniejszy prototyp istnieje do dziś i jest eksponatem w Science Museum w South Kensington w Londynie. Nasz wybór kilku członków KTA, dla nas najciekawszych, na pewno krzywdzi innych. Czterokrotnym prezesem KTA był również sir George Biddell Airy (1801-1892). Urodził się w Alnwick. Studiował w Trinity College, Cambridge. Ukończył studia jako Senior Wrangler w 1821 roku. Fizycy najlepiej znają jego prace z optyki, ale był pierwszorzędnym astronomem. Zajmował się ruchem rocznym Venus, poprawiając poprzednie wyniki, oraz gęstością Ziemi (w 1854 roku otrzymał wynik 6.566. Jest on jednak gorszy od wyniku Baily'ego). 1828 roku został wybrany na fellow KTA. Był krótko profesorem na katedrze Newtona (1826-8), następnie Plumian Professor of Astronomy, Królewskim Astronomem i dyrektorem obserwatorium najpierw w Cambridge, następnie w Greenwich, dokąd się przeniósł w 1835 roku. W 1881 roku przeszedł na emeryturę, ale pozostał w Greenwich do śmierci w 1892 roku. Niestety odegra niejednoznaczna rolę w dalszej opowieści.

Thomas Henderson i paralaksa Alfa Centauri

Thomas Henderson, drugi na świecie człowiek, który zmierzył poprawnie paralaksę gwiazdy, urodził się w 1798 roku w Dundee. Jego ojciec był kupcem. Thomas studiował prawo, zgodnie z życzeniami ojca. Karierę rozpoczął jako sekretarz kolejno Hrabiego Lauderdale, a następnie Lorda Jeffrey. Nas jednak interesuje jako astronom, najpierw amator, a następnie bez reszty poświęcający się badaniom. W 1827 roku opublikował pracę pod tytułem „On the Difference of Meridians Between London and Paris”. W 1832 roku został wybrany fellow KTA. W tym samym roku wybrał się do Przylądka Dobrej Nadziei jako dyrektor tamtejszego obserwatorium. Z powodu kłopotów ze zdrowiem oraz, jak się wyraził „warunków bytowych dalece odbiegających od tych, do których był przyzwyczajony”, powrócił po niewiele ponad roku, ale udało mu się przez ten krótki czas zebrać bardzo dużo obserwacji. W 1834 roku został „Professor of Astronomy and His Majesties Astronomer for Scotland”. W 1836 roku ożenił się z Panną Adie. W 1839 roku opublikował wyniki pomiaru paralaksy Alfa Centauri (0.93") otrzymane siedem lat wcześniej na Przylądku. Licząc daty publikacji, a nie wykonania pomiarów, był to drugi poprawny pomiar paralaksy gwiazdy (pierwszy był Bessel rok wcześniej. Chodziło o 61 Cyg: 0.31". Bessel, pracujący w Królewcu, był członkiem zagranicznym KTA). Henderson zmarł w 1844 roku na chorobę serca, która bardzo ograniczała jego aktywność.

Kto odkrył Neptuna?

John Couch Adams urodził się w 1819 roku na fermie Lidcot w Kornwalii. Ojciec był najemnym rolnikiem, ale matka była właścicielką poletka i, co ważniejsze, niewielkiej biblioteki. Państwo Adams mieli siedmioro dzieci. Wspomniana biblioteka zawierała kilka książek o astronomii, które zafascynowały chłopca. John, chło-

piec małego wzrostu, chodził do prywatnej szkoły w Davenport. Już mając 14 lat sporządzał mapy nieba na własny użytek. Rachunek różniczkowy opanował przed studiami, które dla tego chłopskiego syna w 1839 roku były jednak dostępne w St. John's, Cambridge. Jako student udzielał korepetycji, by móc posyłać pieniądze do domu. W 1843 roku ukończył Cambridge jako Senior Wrangler. Egzaminatorzy wydziwiali, że pierwszą godzinę każdej sesji spędzał bez ruchu, kontemplując pytania. Mimo to zdobył przeszło dwa razy więcej punktów od drugiego na liście! Został fellow College'u. W 1845 roku został wybrany fellow KTA. Będąc na studiach Adams zainteresował się artykułem Airy'ego na temat niewytłumaczonych nieregularności toru Urana. Napisał notatkę o możliwości istnienia dalszej planety. (Ta notatka z 1841 roku została odnaleziona po jego śmierci.) W roku ukończenia studiów przeprowadził rachunek, w którym założył istnienie hipotetycznej planety na orbicie o promieniu podwójnym w stosunku do Urana. Po otrzymaniu od Airy'ego z Greenwich najnowszych danych dotyczących Urana przeprowadził drugi, dokładniejszy rachunek, w dalszym ciągu zakładając jednak, że ta hipotetyczna planeta porusza się po orbicie o promieniu dwa razy większym w stosunku do promienia orbity Urana. John zakomunikował profesorom Challis w Cambridge i Airy'emu w Obserwatorium w Greenwich wyniki: masę, orbitę i położenie planety. Airy nie spotkał się z mało znanym badaczem, ale Adams zostawił mu wyniki na biurku. Było to 21 października 1845 roku. Odtąd każdy dzień się liczył, jak się okaże! Teraz wkracza na scenę drugi aktor dramatu. Jest nim Le Verrier, który 10 listopada 1845 przedstawia w Akademii Francuskiej nieregularności toru Urana. W drugim wykładzie, 1 czerwca 1846 roku, przedstawia na tym samym forum rachunek opisujący hipotetyczną planetę o orbicie.....zgadliście, podwójnej w stosunku do Urana! Położenie przewidział prawie w tym samym miejscu, co Adams pół roku wcześniej (uwzględniając ruch planety). 31 sierpnia zakomunikował Akademii dokładniejszy opis orbity. W międzyczasie profesor Challis próbował zaobserwować nową planetę w Obserwatorium Cambridge. Panuje przekonanie, że zobaczył Neptuna 4-go i 12-go sierpnia 1846 roku, ale go nie rozpoznał. Jeszcze jedna zmarłowana okazja! 3 września Adams zakomunikował Airy'emu w Greenwich nowe dane, jak się okazało dokładniejsze. Nie było żadnych przeszkód, by odkrycie dokonano się w Greenwich. Ale los nie sprzyja opieszalym. Le Verrier napisał list z danymi planety do doktora Galle'go w Berlinie. List dotarł do odbiorcy 23-go września i tego samego dnia berliński astronom znalazł planetę. Tak więc Adams wyprzedził francuskiego badacza na każdym etapie. Tylko opieszalność Challisa i Airy'ego pozbawiła Anglika chwały odkrywcę Neptuna. Odkrycie planety przez dra Galle'go na podstawie przewidywań Le Verriera, wzbudziło ogromny entuzjazm. Mówiło się o planecie Le Verriera. Takiej nazwy używał nawet nasz znajomy sir John Herschel w wykładzie w British Association z okazji rezygnacji z prezesury. Wspomnił na końcu jednak o zasługach Adamsa. Świat powoli się dowiadywał o opieszalności dwóch najważniejszych astronomów Królestwa, Airy'ego, przeciw Astronomer Royal, i Challisa, profesora Cambridge i dyrektora Uniwersyteckiego Obserwatorium. Na posiedzeniu KTA 13-go listopada 1846 roku Airy zakomunikował okoliczności odkrycia nowej planety. Challis opisał swoje niezbyt udane obserwacje. Adams też zabrał głos, opisując dane, które przekazał Airy'emu 21 października 1845 i 3 września 1846. Sprawozdanie z tego historycznego posiedzenia opublikowano w kilku periodykach. Adams, człowiek niekonflik-

towy, wydawał się być usatysfakcjonowany. Ale nieco dziwi fakt, że brytyjscy astronomowie tylko mimochodem wspominali zasługi rodaka. Francuzi podkreślali brak publikacji Adamsa, zupełnie jakby chodziło o XXI wiek! We Francji jednak Adams znalazł orędownika w osobie Biota, a w Anglii Sheepsanksa, sekretarza KTA i redaktora *Monthly Notices of the RAS*. Royal Society nadało Le Verrierowi Medal Copleya za 1846 rok (w dwa lata później Adamsowi). KTA nie poszło w ślady starszych braci ponieważ potrzeba było 3/4 głosów za, by przyznać Złoty Medal. Dostatecznie liczna mniejszość w KTA była zdania, że przyznanie medalu jedynie Francuzowi krzywdziłoby Adamsa. Następnie na Radzie zaproponowano przyznanie dwóch medali, ale wnioski upadły. Rzecz niesłychana, KTA nie przyznało żadnego medalu z okazji odkrycia Neptuna! W 1847 roku królowa Wiktoria odwiedziła Cambridge. Zaproponowano Johnowi Adamsowi tytuł rycerski. Co jest w Anglii niesłychanie rzadkie, młody badacz odmówił. Rok później St. John's ustanowiło nagrodę Adamsa za esej z astronomii lub innej pokrewnej nauki. W roku 1847 Le Verrier odwiedził Adamsa w Cambridge, gdzie Francuz odbierał honorowy doktorat. W latach 1847-51 Adams zajmował się naprawianiem błędów w tablicach Saturna opracowanych przez Bouvarda, oraz teorią magnetyzmu ziemskiego we współpracy z bratem. W 1851 roku został po raz pierwszy wybrany na prezesa KTA. W roku 1852 przedstawił na forum Towarzystwa nowe tablice paralaksy Księżyca. Ponieważ odmówił wstąpienia w stan kapłański, musiał opuścić St. John's w 1853 roku. Przygarnął go bardziej tolerancyjny Pembroke College, gdzie przebywał aż do śmierci. W roku 1858 został mianowany profesorem w St. Andrews, a niewiele później Lowndown Professor w Cambridge (jest to druga katedra astronomiczna). W 1861 roku Adams zastąpił Challisa jako dyrektor Cambridge Observatory. Zrobił to niechętnie i dopiero po uzyskaniu dodatkowych funduszy oraz ustaleniu, że dyrektorstwo nie będzie zbyt uciążliwe. W roku 1863 ożenił się z Elisabeth Bruce z Dublina. Najciekawszy wątek późnego okresu pracy Adamsa dotyczy ciągu meteorów, jak ustalili Professor H. A. Newton, poruszających się po wspólnej orbicie eliptycznej wokół Słońca. H. A. Newton wykazał, że ich okres obiegu musi wynosić jedną z pięciu możliwych wartości, które to wartości wyznaczył z wielką dokładnością. Adams rachunkowo wyeliminował cztery z tych możliwości, otrzymując w wyniku pożądaną wartość okresu (33.25 lat). W 1867 roku opublikował wyniki w *Monthly Notices*. Również ogromną przyjemność sprawiało mu liczenie stałych fizycznych do dalszych, niż dotychczas miejsc po przecinku, w czym był mistrzem. Był prawdopodobnie najlepszym na świecie znawcą „Principiów” Newtona i właśnie jego poproszono o wygłoszenie okolicznościowego wykładu w Trinity z okazji dwusetnej rocznicy ich wydania, obchodzonej w 1887 roku. Adams został po raz drugi wybrany prezesem KTA w 1874 roku. W 1881 roku odmówił tytułu Królewskiego Astronoma. Zmarł w Obserwatorium Cambridge w 1892 roku i został pochowany w St. Giles Cemetery na Huntington Road. Był autorem 50 publikacji.

William Huggins a spektroskopia astronomiczna

William Huggins urodził się w 1824 roku. Był chorowitym dzieckiem i uczył się w domu. Miał 18 lat, gdy umarł jego ojciec i młodzienczek utrzymywał od tego momentu rodzinę. W 1856 roku zbudował prywatne obserwatorium pod Londynem (Tulse Hill). Od początku interesowało go stosowanie nowych metod w astronomii, w przeciwieństwie do prowadzenia rutynowych

obserwacji. Wiązało się to szczęśliwie z ogromną wiedzą fizykochemiczną. Postanowił wraz z przyjacielem, profesorem Millerem, zająć się spektroskopią obiektów astronomicznych. Jest to rzadki przykład współpracy równorzędnych badaczy w XIX wieku. W 1868 roku Huggins zaobserwował linie widmowe komety Winnecke'go oraz przesunięcie linii widmowych Syriusza. Narodziła się dopplerowska spektroskopia gwiazdowa. Na tej podstawie obliczył prędkość własną gwiazdy (46 km/s). (Spektroskopia dopplerowska otrzymała nowy impet w 1888 roku, gdy Vogel włączył fotografie do badań.) Począwszy od tego momentu Huggins badał widma wielu gwiazd, nieraz wydzielając je z mgławic po raz pierwszy. W 1875 roku dołączyła do jego obserwacji żona Margaret (dostała ona zaszczytu wyboru na członka honorowego KTA) William znalazł też prędkości własne bardzo wielu dalszych gwiazd (w nielicznych przypadkach ujemne). W roku 1854 Huggins został fellow KTA, a w 1865 Royal Society. W 1867 roku otrzymał wraz z swoim współpracownikiem, profesorem Millerem, Złoty Medal KTA. W roku 1876 został wybrany prezesem KTA. W roku 1885 otrzymał ponownie Złoty Medal KTA, tym razem samodzielnie. W roku 1897 królowa Wiktoria nadała mu tytuł rycerski, a w 1901 roku Order of Merit. Royal Society uhonorowało go medalem Copley'a w 1898 roku, a prezesurą w latach 1900-1905. Sir William Huggins zmarł w 1910 roku w wieku 86 lat.

Arthur Eddington

Arthur Eddington urodził się w roku 1882 w Kendal w rodzinie kwakrów. Ojciec, Arthur Henry Eddington, był dyrektorem szkoły kwakerskiej. Ponieważ ojciec zmarł na tyfus w 1884 roku, matka miała ogromne trudności z utrzymaniem rodziny (Arthura oraz o cztery lata starszej córki). Na szczęście syn był niezwykle uzdolniony i torował sobie drogę stypendiami. Okoliczna szkoła nie była na miarę jego zdolności, ale Arthur dostał się do Owen's College Manchester, kończąc jako pierwszy nie tylko w szkole, ale nawet w całym regionie. Następnie studia ukończył w Trinity, Cambridge jako Senior Wrangler w 1904 roku. W 1906 roku został wybrany fellow KTA. W 1907 roku, śladem innych naszych prymusów, został fellow swojego college'u. W latach 1906-1913 był głównym asystentem Obserwatorium Greenwich, a w 1913 roku został mianowany Plumian Professor w Cambridge (katedrę objął po zmarłym synu Darwina), a w następnym roku został dyrektorem Obserwatorium w Cambridge i fellow Royal Society. Zamieszkał wraz z matką i siostrą w wygodnym mieszkaniu w Obserwatorium. Pozostał tam aż do śmierci w 1944 roku. Był to czas błyskawicznych karier. Przykład jego początkowo łaskawie traktowanego, a następnie niszczonego kolegi z Indii jednak pokazuje, że nie zawsze było to równie łatwe! Powrócimy do tej sprawy. Młody profesor jako kwakier nie zgłosił się na ochotnika do wojska w 1914 roku, co powodowało napięcia w stosunkach towarzyskich. W 1914 roku Eddington opublikował swoją pierwszą książkę „Stellar Movement and the Structure of the Universe”. Zawiera ona ówczesny stan wiedzy na temat ruchu własnego gwiazd. Począwszy od roku 1916 pojawia się seria jego prac na temat równowagi promienistej gwiazd (prekursorem teorii był Czesław Białobrzęski, o czym Eddington wówczas nie wiedział. Lata później napisał list w tej sprawie do Polaka). Następną serią prac dotyczyła korelacji między masą i jasnością gwiazd. Ukoronowaniem tego okresu było wydanie monografii „The Internal Constitution of the Stars”. W latach 1918-1919 zajmował się

gwiazdami okresowymi zwanymi Cefeidami, a w szczególności uzasadnianiem znanej od niedawna zależności ich okresu od jasności. W tym okresie wysunął hipotezę, że energia słoneczna pochodzi z reakcji łączenia jąder wodoru, tworząc jądra helu, we wnętrzu gwiazdy. Aston obliczył energię, powstałą w wyniku tej reakcji. Niestety, wkrótce Eddington wycofał się z tej arcyważnej myśli, opóźniając rozwój nauki na dwa dziesięciolecia! Wtedy już było wiadomo od dobrych kilku lat, że ogólna teoria względności przewiduje zakrzywienie toru promieni świetlnych przez ciężkie obiekty. Wynikałoby z tego, że w czasie całkowitego zaćmienia Słońca, kilka gwiazd znajdujących się na sferze niebieskiej blisko Słońca pozornie zmieniliby swoje położenie o pewien kąt. Tak więc istniała możliwość weryfikacji teorii, która powoli torowała sobie drogę do świadomości przynajmniej młodszych badaczy, w tej liczbie Eddingtona. Już w 1914 roku myślnano o odpowiedniej ekspedycji, ale wojna stanęła na przeszkodzie. (Można spekulować, jak przyjęto by przedwcześnie otrzymanie wyniku zgodnego z OTW). W 1919 roku z inicjatywy Dysona (Astronomer Royal) wyruszyły dwie wyprawy, na wyspę Principe u wybrzeży zachodniej Afryki, oraz do Brazylii. Szefem pierwszej wyprawy był nasz bohater, zresztą przekonany, że wynik potwierdzi OTW. Ekspedycje rozdzieliły się w Lizbonie. Zdjęcie zrobione przez zespół Eddingtona podczas zaćmienia, zresztą w ostatniej chwili z powodu nie sprzyjającej pogody, potwierdziło z grubsza przewidywania OTW (kąt $1''.61 \pm 0''.30$). Podobny rezultat otrzymano po komplikacjach technicznych z Brazylii. Po powrocie do Londynu Eddington przedstawił wyniki na łącznym posiedzeniu Royal Society i KTA w Burlington House. Prasa światowa podchwyciła temat. Z dnia na dzień Albert Einstein stał się supergwiazdą. Wykład podniósł Eddingtona do rangi pierwszego autorytetu Królestwa w dziedzinie astronomii. Posypały się zaszczyty, z których wymieniamy tylko kilka. W 1924 roku otrzymał Złoty Medal KTA. Dwa lata później Jerzy V podniósł go do stanu rycerskiego. W 1936 roku otrzymał honorowy doktorat z okazji 300-lecia Harvardu. W 1938 roku otrzymał najwyższe odznaczenie brytyjskie, „Order of Merit”. Został członkiem zagranicznym wielu akademii nauk. Od tej pory budził u współczesnych respekt, ale czasami i lęk. Jego niekiedy arogancję, z którą jeszcze będziemy mieli do czynienia, ilustruje anegdota dotycząca spotkania w Royal Society:

Kolega: „Podobno Pan jest jedną z trzech osób, rozumiejących teorię względności!

Eddington: (zakłopotanie)

Kolega: Niech Pan nie będzie taki skromny.

Eddington: Nie, zastanawiałem się tylko, kto mógłby być tym trzecim.

Eddington opowiadał sam tę anegdotkę przy High Table w Trinity.

Medal dla Einsteina?

KTA przegłosowało przyznanie Einsteinowi Złotego Medalu za 1920 rok. Zawiadomiono laureata, który zaczął przygotowywać się do wyjazdu z Berlina do Londynu. Lubił stolicę Wielkiej Brytanii i każdy pretekst był dobry, by się tam pojawić. Gdy już bilety były kupione, nadszedł niezwykle list od zażenowanego Eddingtona. Medalu nie będzie! W ostatniej chwili weto postawiła grupa szowinistów, dla których Einstein był zbyt niemiecki. Gdy KTA się zrehabilitowało i w 1926 roku jednak przyznało Medal, Einstein z wielką klasą go przyjął (ale zapomniał

rozpakować). Późniejsze lata Eddingtona to niezbyt udane badanie losu wypalonych gwiazd (białych karłów), co doprowadziło do ostrych spier z Chandrasekharem, o czym jeszcze będzie mowa, oraz, poczynając od 1928 roku, praca nad „teorią fundamentalną”. W tej teorii próbował opisać dynamikę wszechświata oraz wyprowadzić wartości stałych fizycznych (na przykład na odwrotność stałej struktury subtelnej otrzymał równo 137). Mimo, że przedstawiał od czasu do czasu swoje wyniki na forum KTA i napisał znaną książkę na temat swojej teorii, interesuje ona obecnie wyłącznie historyków. Zmarł w 1944 roku. Ustanowiono na jego cześć Medal Eddingtona KTA za dokonania teoretyczne w astronomii. Pierwszym laureatem był książdz Lemaitre w 1953 roku.

Subrahmanyan Chandrasekhar i Eddington: historia naukowej zdrady: Jak umierają gwiazdy?

Chandrasekhar, bratanek wielkiego Ramana, urodził się na terenie dzisiejszego Pakistanu w 1910 roku, ale dzieciństwo spędził w Madrasie na południu Indii. Ojciec Ayyar, starszy brat Ramana, pracował w brytyjskiej służbie cywilnej. W domu podkreślano znaczenie wiedzy, w szczególności nauk ścisłych, jak przystało na rodzinę Noblisty. Zgodnie ze zwyczajem zamożniejszych hinduskich rodzin, dzieci (a było ich dziesięcioro) uczyły się w domu. Chandra wykazywał wybitne zdolności matematyczne. W wieku piętnastu lat wstąpił do Presidency College, niedaleko domu. W domu słyszał opowiadania o sąsiedzie o miedzę, Ramajunianie, genialnym hinduskim matematyku sprowadzonym przez Hardy'ego do Cambridge. Postanowił pójść w jego ślady. Na trzecim roku studiów wybrał jako specjalizację fizykę, zresztą pod wpływem bardziej praktycznego ojca. Sam myślał raczej o matematyce. Pod wpływem stryja przeczytał „The Internal Constitution of the Stars” Eddingtona. Sir Arthur był mistrzem prozy naukowej i ta lektura zaważyła na przyszłości młodzieńca, i to pod wieloma względami. Jako student Chandra zaczął pisać prace na temat dynamiki elektronów we wnętrzach gwiazd. Początkowo zamierzał publikować w Indiach, ale w końcu odważył się postać pracę do Fowlera z prośbą o ewentualne jej przedstawienie do druku w Proceedings. Brytyjski profesor był pod wrażeniem. W tym czasie poznał zarówno Sommerfelda, jak i Heisenberga, gdy odwiedzili Madras. Władze uczelni zwróciły uwagę na swego najzdolniejszego (i najmłodszego) studenta. Otrzymał stypendium rządowe, by napisać pracę doktorską w Cambridge pod opieką Fowlera. Latem 1930 roku na pokładzie „Lloyd Triestino” Chandra wypłynął z portu w Bombay na, zdawałoby się, przygodę życia. Na pewno pozna wielkiego Eddingtona! Płynąc przez Morze Arabskie młody Chandra dokonał odkrycia, które po wielu trudach zmieniło oblicze astrofizyki. Zrozumiał, że zdegenerowane elektrony we wnętrzu wypalającej się gwiazdy zachowują się inaczej, gdy ich prędkości zbliżają się do prędkości światła. Wynika z tego, że białe karły mogą istnieć jedynie wtedy, gdy ich masa nie przekracza pewnej wartości (obecnie przyjmuje się około 1.4 mas Słońca). Bardziej masywne gwiazdy mogą kurczyć się poza promień Schwarzschilda i być ściskane do punktu! Jego wynik nie opisywał wszystkiego, co teraz wiemy. Jest jeszcze twór pośredni pomiędzy białym karłem i czarną dziurą. Jest to odkryta później gwiazda neutronowa. Ale i tak było to wielkie odkrycie. W owym czasie nie znano wielu białych karłów, ale z czasem obserwowano ich coraz więcej i „granica Chandrasekhara” w pełni się potwier-

dziła. Początki w Cambridge nie były łatwe. Promotor, profesor Fowler, unikał kontaktów z doktorantem z subkontynentu. Zainteresował się nim za to profesor Milne z Oxfordu. Ale tu też przyszło rozczarowanie. Milne uznał wynik Chandry za szczególnie przypadek wyników własnych! W styczniu 1932 roku Chandra wystąpił na forum KTA. Temat był bezpieczny, bo dotyczył powierzchni Słońca, i Eddington nie szczędził pochwał. Następnie chodził na wykłady Diraca, którego uwielbiał, i oczywiście Eddingtona, który pewnego razu po wykładzie poprosił go o wykonanie pewnych rachunków. Chandra odmówił. Samotność w Cambridge łagodziły wyjazdy na kontynent. Poznawał Borna, Bohra i innych wielkich. Potem wracał do Cambridge i zanurzał się w pracy, przerywanej okresami zwątpienia. Wiosną 1932 roku ukończył rozprawę doktorską. Fowler nawet nie chciał jej czytać. Egzamin w Obserwatorium w pokojach Eddingtona przebiegł gładko. Miał już na koncie wiele publikacji i Trinity przyjęło go do swego grona (fellow), jako drugiego w historii Hindusa. Nikt nie był bardziej zdziwiony od Chandry. W 1933 roku został też fellow KTA. W 1934 roku Chandra został zaproszony do Związku Radzieckiego, gdzie poznał Landau'a i Zeldowicza. Zachęcali go do dalszych badań. Chandra był gotów do przedstawienia swojego najważniejszego wyniku na forum onieśmielającego go KTA. Po powrocie do Cambridge w 1934 roku Eddington nagle zaczął go często odwiedzać. Chandra nawet nie podejrzewał, co wielki astrofizyk mu szykował. Jest 11 stycznia 1935 roku. Znajdujemy się w sali posiedzeń KTA. Pozbawiona okien sala jest nabita. Młody Hindus z Cambridge ma przedstawić jakieś rewelacje, na co przyznano mu pół godziny, zamiast zwyczajowych 15 minut. Co prawda, Chandra publikował swoje wyniki poczynawszy od 1931 roku, ale mało kto je czytał. Teraz stanie się sławny! Dotychczasowe, mniej światoburcze, referaty w KTA były dobrze przyjęte i publikowane w Monthly Notices. A teraz Chandra miał za sobą bogate kontakty międzynarodowe i udane wystąpienia. Mówił już spokojnie i logicznie. Eddington miał mówić jako następny. Ciekawe, czy pochwali? O 16.30 otworzono obrady. Najpierw uroczystość wręczenia Milne'owi Złotego Medalu, następnie wystąpiło sześciu mówców przed Chandrą. O 18.15 Stratton, przewodniczący, zaprosił Chandrę na mównicę. Mimo zdenerwowania, składnie przedstawił swoje wyniki, kończąc słowami „Zatem życie gwiazdy o dużej masie kończy się inaczej, niż życie gwiazdy o małej masie. Gwiazda o dużej masie nie może skończyć jako biały karzeł...” [1]. Eddington wstał. Gdyby pineska w tym momencie upadła na podłogę, byłoby ją słychać! Zganił wynik jako absurdalny. Argumenty Eddingtona były bełkotliwe i emocjonalne, ale wypowiedziane tak, jakby były perłami mądrości. Niestety ważniejsze dla obecnych były osoby od fizyki. Co prawda po posiedzeniu podchodzono do młodego „przezanego” i wyrażano współczucie, ale nikt nie stanął w jego obronie. W następnych miesiącach wielcy tego świata (Dirac, Pauli, Bohr i inni) przyznawali Chandrze rację, ale też bardzo dyskretnie. Nie był to moment chwały środowiska! Nieco później na Zjeździe w Paryżu po wystąpieniu Eddingtona prowadzący obrady poprosił Chandrę, by nie zabierał głosu! Usłuchał. Trudno oprzeć się refleksji, że obecnie młodzi mniej boją się autorytetów. W kularach Eddington powiedział do Chandry „Pan patrzy z punktu widzenia gwiazdy, a ja natury”. Trudno o większą bzdurę!

Dalsze losy Chandry (1935-95)

Wkrótce po „klęsce” na forum KTA, Chandra przeniósł się do USA wraz ze świeżo poślubioną żoną Lalithą. Początkowo skorzystał z zaproszenia do Harvardu, a następnie do Obserwatorium Yerkes należącego do Uniwersytetu Chicagowskiego. Następnie głównie oscylował między Yerkes i Chicago. Napisał wiele monografii, między innymi grubą książkę o stabilności hydrodynamicznej oraz monografię o czarnych dziurach. Wykładał różne działy fizyki, ale koledzy żartowali, że zawsze były to „metody matematyczne”. Był konsultantem Los Alamos w latach czterdziestych. Chandra znajdował prostsze wyprowadzenia znanych rozwiązań równań Einsteina (na przykład rozwiązania Kerr'a, o którym jeszcze będzie mowa). Został zastępcą redaktora (1945), a następnie redaktorem (1952), *Astrophysical Journal*. W 1953 roku został obywatelem USA. W 1983 roku otrzymał Nagrodę Nobla (Wspólnie z Willym Fowlerem). Zmarł w 1995 roku. Nigdy nie pozbył się goryczy na wspomnienie posiedzenia KTA w 1935 roku. Nawet przyznanie Złotego Medalu KTA nie usunęło tej goryczy! W 1962 roku Chandra uczestniczył w konferencji grawitacyjnej w Jabłonie. Później kilka razy odwiedzał Polskę, w 1973 roku Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznało Chandrasekharowi Medal Smoluchowskiego.

George Lemaitre i rozszerzający się wszechświat

George Lemaitre (1894-1966) urodził się w Belgii i tam spędził większą część życia. Wstąpił na Uniwersytet w Louvin w 1911 roku na wydział inżynierii. Gdy wybuchła wojna, wstąpił do wojska neutralnej Belgii. Jak wiadomo, Niemcy tę neutralność pogwałcili. Lemaitre został odznaczony belgijskim Krzyżem Wojennym (armia belgijska walczyła we Francji). W 1918 roku powrócił na uniwersytet, tym razem studiując matematykę i fizykę. Studia ukończył w roku 1920 i następnie wstąpił do seminarium duchownego w Malines. Lemaitre został wyświęcony na księdza w 1923 roku. Rok akademicki 1923/4 spędził w Cambridge i, zachęcony przez Eddingtona, wyjechał na następny rok akademicki do Harvardu i MIT. W 1925 roku powrócił do Louvin, gdzie wkrótce został mianowany profesorem. Będąc w Bostonie Lemaitre zapoznał się z pracami Hubble'a oraz Shapleya i znalazł rozwiązanie równań Einsteina odpowiadające jednorodnemu, rozszerzającemu się wszechświatowi. (Było to przed odkryciem obserwacyjnym rozszerzającego się wszechświata przez Hubble'a.) Samo rozwiązanie zostało już w 1922 roku wyprowadzone przez Friedmanna, ale było prawie nieznanne. Obecnie w literaturze nosi oba nazwiska. Lemaitre wysunął hipotezę wielkiego wybuchu, prawdopodobnie jako pierwszy. Był rok 1927. Praca ukazała się w Belgii po francusku i mało kto zwrócił na nią uwagę. Dopiero gdy Lemaitre napisał do Eddingtona i ten spowodował jej wydanie w Anglii, zaczęto ją zauważać (1931). W 1933 roku Lemaitre i Einstein wspólnie wystąpili w Kalifornii. Einstein początkowo zwalczał teorię rozszerzającego się wszechświata, ale dał się przekonać, gdy obserwacje Hubble'a potwierdziły, że zachodzi to zjawisko. W Kalifornii już była pełna zgoda. Prasa podjęła temat. W 1934 roku Lemaitre został członkiem stowarzyszonym (associate) KTA. Otrzymał Medal Eddingtona jako pierwszy laureat w 1953 roku. Był członkiem Belgijskiej Królewskiej Akademii. Przeszedł na emeryturę w 1964 roku. Już sławny Lemaitre został zaproszony na Sobór Watykański 1966 roku, ale zły stan zdrowia nie pozwolił na wyjazd. (Przyjacielowi zresztą wyraził wątpliwości co do sensowności swojego udziału). Zmarł w wieku 72 lat.

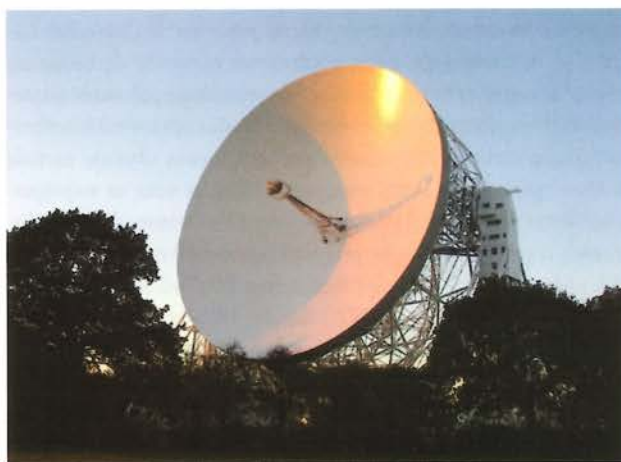
Od radaru do radioastronomii

Druga wojna światowa odcisnęła swoje piętno niemal na wszystkich dziedzinach życia. Również na Królewskim Towarzystwie Astronomicznym. Na dwa lata zawieszono regularne spotkania Towarzystwa i w tym czasie nie przyznawano też nagród Towarzystwa. Jednym z powodów tej decyzji były niemieckie naloty bombowe na Londyn i okolice. Do prac dla wojska włączyli się aktywnie członkowie Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego. Aby się bronić przed niespodziewanymi atakami z powietrza początkowo przygotowano system anten akustycznych, ale bardzo szybko zaczęto badać możliwości wykorzystania do wykrywania samolotów zauważone przypadkowo zakłócenie radiowych połączeń pocztowych powodowanych przez przelatujące samoloty. W ten sposób po wielu próbach i stopniowym doskonaleniu metod obserwacji powstał radar. Intensywne prace nad doskonaleniem radaru trwały aż do zakończenia wojny. Aktywnie uczestniczył w nich astronom Bernard Lovell. Po zakończeniu wojny Lovell postanowił wykorzystać jeden z przekazanych mu przez wojsko ruchomych układów radarowych do obserwacji pęków cząstek promieniowania kosmicznego. Te obserwacje początkowo prowadzono na Uniwersytecie w Manchesterze, ale szybko okazało się, że lokalne zaburzenia uniemożliwiają wykrywanie słabych sygnałów i radar przeniesiono do oddalonego o około 40 km od miasta cichego uniwersyteckiego ośrodka botanicznego w Jodrell Bank, gdzie stoi do dziś. Po wyeliminowaniu szumów okazało się, że radar może służyć nie tylko do śledzenia przemieszczania się samolotów i pęków promieniowania kosmicznego ale odbiera też sygnały radiowe docierające do powierzchni ziemi z kosmosu. Tak powstała w Anglii nowa dziedzina badań astronomicznych – radioastronomia. Jak to często bywa, radioastronomia zaczęła się rozwijać przez przypadek i jej początki to okres bujnego rozwoju radia i międzykontynentalnych transmisji radiowych. Na początku lat trzydziestych ubiegłego wieku w Holmdale w stanie New Jersey (USA) w ośrodku badań Bell Laboratories, o którym będzie jeszcze mowa później, Karol Jansky badał źródła zakłóceń sygnałów radiowych. W tym celu zbudował bardzo prostą obrotową antenę radiową i stwierdził, że prócz burz jego antena odbiera stały słaby sygnał radiowy, gdy jest skierowana ku centrum Galaktyki. Wyniki Jansky'iego choć zostały opublikowane (Proceedings IRE, 1935), nie zainteresowały jednak astronomów. Informacje o odkryciach Jansky'iego zainspirowały innego amerykańskiego astronoma i radiotechnika Grote'a Rebera, który starał się za pomocą zbudowanego przez siebie odbiornika krótkich fal radiowych bezskutecznie odebrać sygnały radiowe dochodzące z kosmosu. W 1937 roku Reber zbudował własnym sumptem ruchomą paraboliczną antenę radiową o średnicy 9.4 metra. W ciągu następnych kilku lat zrobił dokładny przegląd nieba i, po pierwsze, potwierdził, że centrum Galaktyki jest źródłem fal radiowych i, po drugie, wskazał inne obszary nieba, z których dochodzą fale radiowe, ale nie był w stanie skojarzyć źródeł fal radiowych ze znanymi obiektami astronomicznymi. Jeszcze przed zakończeniem II wojny światowej stwierdzono, że Słońce jest słabym źródłem fal radiowych, a w Holandii rozpoczęto prace teoretyczne nad możliwością obserwowania linii widmowych w radiowej części widma promieniowania elektromagnetycznego i przewidziano istnienie linii neutralnego wodoru o długości fali 21 cm. Została ona odkryta w 1951 roku. Zaraz po zakończeniu II wojny światowej rozpoczął się burzliwy

okres rozwoju radioastronomii. W Jodrell Bank główną osobą wspierającą i rozwijającą badanie nieba za pomocą fal radiowych był Bernard Lovell.

Bernard Lovell

Bernard Lovell urodził się 31 sierpnia 1913 roku w Oldland Common, Gloucester. Studiował fizykę na Uniwersytecie w Bristolu i w roku 1936 obronił pracę doktorską i rozpoczął pracę jako wykładowca na Uniwersytecie w Manchesterze. Po roku został przyjęty do grupy fizyków zajmujących się badaniem promieni kosmicznych. Po wybuchu II wojny światowej został wcielony do wojska i skierowany do pracy w Telecommunication Research Establishment i rozpoczął pracę nad doskonaleniem i wykorzystywaniem radaru do wykrywania samolotów i rozpoznawaniem naziemnych celów. Za prace nad radarem w 1946 roku otrzymał Order of the British Empire. Po wojnie Lovell początkowo kontynuował badanie pęków promieni kosmicznych korzystając z wojskowego ruchomego radaru, który po nieudanych próbach wykorzystania go w mieście przeniesiono do oddalonego o 40 km Jodrell Bank. Zainteresowała go też możliwość wykorzystania radaru do obserwowania rojów meteorytów. W nocy z 9 na 10 października 1946 roku zaobserwował bardzo bogaty rój meteorytów i pokazał, że radar wykrywa więcej meteorytów niż optyczne metody obserwacji. Radarowe metody obserwacji meteorytów mają też tę przewagę nad metodami optycznymi, że można je prowadzić również w dzień i wówczas, gdy niebo zasnuwane jest chmurami. W 1951 roku Lovell zostaje pierwszym profesorem radioastronomii na Uniwersytecie w Manchesterze. Dzięki tej nowej pozycji rozpoczyna starania o zbudowanie sterowalnego radioteleskopu o średnicy czaszy 76 metrów. Budowa tego radioteleskopu została zakończona w 1957 roku i przez wiele lat był to największy radioteleskop na świecie (Rys.3). Kiedy Związek Radziecki wystrzelił pierwszego sztucznego satelitę ziemi, słynnego Sputnika (1957), ten nowy radioteleskop nie tylko mógł śledzić jego lot, ale również lot ostatniego członu rakiety. W ciągu



Rys. 3. Radioteleskop zbudowany przez Bernarda Lovella w 1957 roku w Jodrell Bank koło Manchesteru. Średnica czaszy 76 metrów. Przez wiele lat było to największe urządzenie tego typu na świecie.

następnych kilkunastu lat radioteleskop Lovella był wielokrotnie wykorzystywany do śledzenia lotów sztucznych satelitów ziemi, radzieckich i amerykańskich sond kosmicznych wysyłanych w stronę Księżycy i planet, a następnie statków kosmicznych

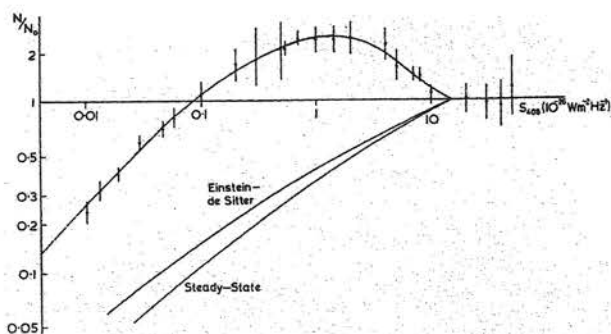
Apollo. Radioteleskop Lovella był też wykorzystywany do obserwowania nieba w zakresie fal radiowych i katalogowania radioźródeł. Za swoje zasługi dla rozwoju radioastronomii w 1961 roku Lovell otrzymał tytuł rycerski. Od 1955 roku był członkiem Royal Society, które w 1960 roku uhonorowało go Royal Medal. Od 1969 do 1971 roku był prezesem Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego, a w 1981 roku otrzymał Złoty Medal Towarzystwa. Stopniowo odkrywano coraz więcej niewielkich obszarów nieba, z których dochodziły do nas fale radiowe. Aby zbadać naturę astronomicznych źródeł fal radiowych, trzeba było wyznaczyć dokładniej ich rozmiary i sprawdzić, czy nie pokrywają się one z obiektami emitującymi światło widzialne. W tym celu należało znacznie polepszyć kątową zdolność rozdzielczą radioteleskopów. Początkowo dokładniejsze dane o położeniu kilku źródeł fal radiowych i ich rozmiarach uzyskano wykorzystując fakt ich przystaniania przez Księżyc. Tą metodą udało się stwierdzić, że niektóre źródła fal radiowych mają bardzo małe rozmiary kątowe. Zdolność rozdzielcza radioteleskopów znacznie wzrosła, gdy do wyznaczania położenia radioźródeł na niebie Martin Ryle z Uniwersytetu w Cambridge postanowił zastosować znaną z optyki metodę interferometryczną. Analiza sygnału odbieranego przez dwa, nawet niezbyt duże radioteleskopy, z których jeden był ruchomy, co pozwalało zmieniać odległość między nimi, umożliwiało określenie położenia źródła z dokładnością nawet do jednej minuty łuku. Korzystając z tej metody wyznaczania położenia radioastronomowie z Cambridge przygotowali katalog radioźródeł, tak zwany Third Cambridge Catalogue, który odegrał dużą rolę w dalszym rozwoju radioastronomii i astrofizyki.

Martin Ryle

Martin Ryle urodził się 27 sierpnia 1918 roku. Jego ojciec był znanym lekarzem i kierownikiem Katedry Medycyny Społecznej na uniwersytecie w Oxfordzie. Martin Ryle uczył się w Brafield College, a następnie na uniwersytecie w Oxfordzie, który ukończył w 1939 roku. W czasie II wojny światowej pracował w Royal Air Force nad doskonaleniem radaru i radiowych systemów łączności. Po zakończeniu wojny zaczął pracować w Cavendish Laboratory w Cambridge, gdzie początkowo zajmował się badaniem promieniowania radiowego Słońca. Aby wyznaczyć położenie aktywnych radiowo obszarów na powierzchni Słońca opracował interferometryczną metodę wyznaczania położenia zwaną obecnie metodą syntezy aperturowej. Przez następnych kilka lat wraz ze współpracownikami z Mullard Radio Astronomy Observatory doskonał tę metodę i opracowywał pełen przegląd radioźródeł na północnej półkuli nieba. Od 1957 roku był dyrektorem Mullard Radio Astronomical Observatory, a od 1972 roku do 1982 roku Astronomem Królewskim. W latach sześćdziesiątych pod jego kierunkiem zbudowano interferometr radiowy złożony z dwóch ruchomych radioteleskopów na szynach. Pozwalało to na zmianę odstepu między nimi do maksimum 1.6 km. Dzięki temu osiągnano kątową zdolność rozdzielczą kilku sekund łuku. W tym czasie Ryle prowadził bardzo burzliwe dyskusje z Fredem Hoylem o teorii stanu stacjonarnego. Obserwacje Ryle'a nie potwierdzały tej teorii. Obaj panowie byli raczej wybuchowi i, aby unikać ciągłych kłótni, Ryle pracował głównie w Mullard Radio Astronomy Observatory oddalonym od Cambridge o bezpieczne 8 km. W 1966 roku królowa Elżbieta II nadała M. Ryle'owi tytuł rycerski. W 1976 roku wraz z Antony Hewishem otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki. Zmarł w 1984 roku.

Radioastronomia kontra model stacjonarnego wszechświata

Pierwsze lata po zakończeniu II wojny światowej były okresem burzliwego rozwoju ekonomicznego i naukowego. Przed środowiskiem astronomów stała konieczność ustosunkowania się do odkrytego przez Hubble'a faktu rozszerzania się wszechświata i wynikającej z modelu Friedmana i rozpropagowanej przez Lemaitre'a koncepcji ewolucji wszechświata. Wprawdzie w tym czasie nikt już nie miał wątpliwości, że źródłem energii gwiazd są procesy termojądrowe – w pierwszej fazie spalanie wodoru w hel. Dalsze etapy procesu termojądrowych transformacji ciągle jeszcze czekały na ostateczne wyjaśnienie. Model zmieniającego się ewoluującego wszechświata zaczął być bardzo intensywnie propagowany przez George'a Gamow. Gamow początkowo uważał, że wszystkie pierwiastki występujące obecnie we wszechświecie powstały bardzo wcześnie, gdy wszechświat był jeszcze bardzo gęsty i bardzo gorący. Koncepcja ewoluującego wszechświata, a w szczególności wynikający z niej naturalny wniosek, że w początkowych fazach ewolucji wszechświat był bardzo gęsty i bardzo gorący, przy czym początkowa temperatura i gęstość były znacznie wyższe od temperatury i gęstości spotykanych we wnętrzach gwiazd, wydawał się być, przynajmniej dla niektórych astronomów, absurdalnym. Trzech młodych wówczas astrofizyków angielskich: Fred Hoyle, Herman Bondi i Thomas Gold zaproponowało tak zwany model stanu stacjonarnego. Nie negowali oni faktu rozszerzania się wszechświata, ale aby wyeliminować konieczność rozpatrywania bardzo gęstego i gorącego początku wszechświata i aktu spontanicznej kreacji całej materii zaproponowali koncepcję ciągłej kreacji materii, przyjmując przy tym, że średnio biorąc wszechświat nie ulega zmianie. Aby zapewnić stałą gęstość wszechświata w jednym metrze sześciennym powinien powstawać jeden proton rocznie. Ani pięćdziesiąt lat temu ani obecnie laboratoryjnie nie można wykryć takiego procesu spontanicznej kreacji materii. Aby ośmieszyć model zakładający, że wszechświat się zmienia i początkowo był bardzo gęsty i bardzo gorący Hoyle nazwał ten model Wielkim Wybuchem. Ta, zdaniem Hoyle'a deprecjonująca nazwa powszechnie się przyjęła. Bardzo szybko okazało się, że model stanu stacjonarnego napotyka na poważne problemy z wyjaśnieniem obserwowanych własności wszechświata. Wykonany przez radioastronomów z Cambridge przegląd nieba w zakresie fal radiowych dawał wyniki nie dające się pogodzić z modelem stanu stacjonarnego. Gdyby, jak chciał Hoyle i jego kompani, wszechświat się nie zmieniał, to gęstość radioźródeł powinna być niezmienna i wobec tego obserwowana liczba źródeł w zależności od strumienia powinna się zmieniać jak $N \sim S^{-3/2}$ a tymczasem obserwacje dawały inny wynik (patrz Rys. 4; w podpisie tego rysunku jest zdefiniowana wielkość S). Ta rozbieżność była źródłem ciągłych ostrych zatargów między Hoyle'm i Ryle'm i napięć między Instytutem Astronomii w Cambridge i Instytutem Radioastronomii. Wprawdzie Gamow, który był głównym orędownikiem modelu Wielkiego Wybuchu, też początkowo nie mógł się pochwalić sukcesami i jego przypuszczenie, że wszystkie pierwiastki występujące obecnie we wszechświecie powstały wkrótce po Wielkim Wybuchu okazało się fałszywe. Badanie procesu pierwotnej nukleosyntezy pozwoliło przewidzieć skład chemiczny materii, z której powstały pierwsze galaktyki i gwiazdy. Zgodnie z obliczeniami Gamow i jego współpracowników pramateria z której powstały pierwsze gwiazdy składała się głównie z wodoru, około 75% w stosunku wagowym, i helu, około 25%



Rys. 4. Wyniki zliczeń radioźródeł na wykresie przedstawiającym zależność $\log(N/N_0)$ od $\log(S)$ według Ryle'a, gdzie N_0 to liczba źródeł na steradian, których gęstość strumienia byłaby większa od S w statycznym płaskim wszechświecie. Pokazano też krzywe opisujące tę zależność w modelu stanu stacjonarnego i w modelu płaskiego rozszerzającego się wszechświata.

w stosunku wagowym z niewielką domieszką innych cięższych pierwiastków do węgla i tlenu włącznie. Gamow przewidział też, że wszechświat powinien być wypełniony termicznymi fotonami o widmie promieniowania ciała doskonale czarnego i oszacował nawet temperaturę tego promieniowania na około 5 stopni powyżej absolutnego zera. Teoria stanu stacjonarnego ostatecznie upadła, gdy w sierpniu 1964 roku Arno Penzias i Robert Wilson korzystając z bardzo prostej stożkowej anteny radiowej zainstalowanej w Holmdale, New Jersey, przypadkowo odkryli mikrofalowe promieniowanie tła i oszacowali jego temperaturę na około 3 stopni powyżej absolutnego zera. Choć nie bezpośrednio, Fred Hoyle przyczynił się do akceptacji modelu Wielkiego Wybuchu, gdy dzięki swojej niezwyklej intuicji przewidział istnienie rezonansowego stanu atomów węgla C^{12} . Dzięki temu wyjaśnił pochodzenie ciężkich pierwiastków we wszechświecie. Wbrew temu, co początkowo przypuszczał Gamow, że wszystkie pierwiastki powstały zaraz po Wielkim Wybuchu, dzięki pracom Hoyle'a i jego współpracowników wyjaśniło się, iż wszystkie pierwiastki cięższe od helu powstają w trakcie procesów termojądrowych zachodzących we wnętrzach gwiazd lub podczas wybuchów supernowych.

Fred Hoyle

Fred Hoyle był jednym z najbardziej twórczych, barwnych i kontrowersyjnych astrofizyków XX wieku. Urodził się 23 czerwca 1915 roku w Gilstead, Yorkshire. Jego ojciec zajmował się handlem wełną, ale też grał na skrzypcach. Matka przez pewien czas studiowała w Royal College of Music w Londynie, a później uczyła i akompaniowała na fortepianie niemym filmom. Fred Hoyle już jako dziecko wykazywał niezwykle zdolności. Gdy miał cztery lata, nauczył się tabliczki mnożenia do 12. Wkrótce zainteresował się naukami przyrodniczymi. Początkowo wykonywał proste doświadczenia chemiczne, ale bardzo szybko zafascynował go widok nocnego nieba. Po zainspirowanej przez ojca wizycie u znajomego, który miał niewielki teleskop optyczny, postanowił zająć się astronomią. Właściwie nie chodził do szkoły podstawowej, bardzo dużo czytał i często towarzyszył matce, gdy grała na seansach w kinie. Jego niezwykle zdolności zostały docenione i uzyskał stypendium, które pozwoliło mu na podjęcie studiów w Cambridge. Początkowo studiował matematykę, ale później zajął się fizyką i w 1939 roku uzyskał stopień M.A. Pod wpływem Raymonda Lyttletona wrócił do swoich wczesnych fascynacji astronomią.

W roku akademickim 1935/36 słuchał wykładów Eddingtona z ogólnej teorii względności. Po wybuchu II wojny światowej Hoyle pracował wraz z Hermanem Bondim i Thomasem Goldem w laboratorium marynarki wojennej (Admiralty Signals Establishment) nad doskonaleniem radaru. W wolnych chwilach pracowali nad teorią stanu stacjonarnego. Pełna wersja tej teorii została opublikowana w Monthly Notices of the Royal Astronomical Society w 1948 roku. Popularną wersję tej teorii Hoyle opublikował w książce „Nature of the Universe”, która ukazała się dwa lata później. Po zakończeniu wojny w 1945 roku Hoyle zostaje zatrudniony jako wykładowca w Cambridge. Obowiązki dydaktyczne zajmowały mu pół roku a następne pół roku poświęcał na intensywne badania. W 1946 roku w MNRAS ukazują się jego dwie prace „The Synthesis of the Elements from Hydrogen” i „Note on the Origin of Cosmic Rays”. W pierwszej pracy przedstawia fundamenty teorii powstawania pierwiastków podczas termojądrowych transformacji zachodzących w wnętrzach gwiazd i podczas wybuchów supernowych. W drugiej pracy przewiduje, że w promieniowaniu kosmicznym powinny występować ciężkie jądra atomowe. W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku Hoyle współpracuje z Williamem Fowlerem i małżeństwem Burbidge'ów nad teorią powstawania pierwiastków. Ich fundamentalna praca „Synthesis of the Elements in Stars” została opublikowana w Reviews of Modern Physics w 1957 roku. W 1983 roku za wkład do tej teorii Fowler otrzymał Nagrodę Nobla. Fred Hoyle był znakomitym popularyzatorem nauki i rzutkim organizatorem. W 1958 roku został Plumian Professor of Astronomy and Experimental Philosophy w Cambridge. Tam stworzył Instytut Astrofizyki Teoretycznej i był jego pierwszym dyrektorem. Był też wiceprezesem Royal Society i członkiem i prezesem Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego (1971-1973). W 1972 roku królowa Elżbieta II nadała mu tytuł rycerski. Sprzeciwiając się ostrym prawom podatkowym w Anglii na kilka lat wyjechał do Stanów Zjednoczonych i pracował w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym. W tym czasie dużo pisze i wygłasza liczne publiczne wykłady. Hoyle ma duże zasługi w popularyzowaniu astronomii i fizyki. Na początku lat 1950-tych w BBC wygłasza serię popularnych wykładów o astronomii, które cieszyły się dużą popularnością i stały się załącznikiem jego książki „Nature of the Universe”. Zachęcony powodzeniem tej książki w 1957 roku publikuje „The Black Cloud”, która staje się jeszcze większym sukcesem, na jej podstawie powstaje film. Przygotowuje następnie kilka seriali telewizyjnych i pisze kolejne książki. W latach 1975 - 1985 zajmuje się teorią pochodzenia życia. Uważa, że życie na Ziemi nie mogło powstać spontanicznie, neguje również darwinowską teorię ewolucji, a nawet kwestionuje autentyczność skamielin dinozaurów. Zmarł 20 sierpnia 2001 roku.

Od kwazarów do pulsarów

Opracowana przez Ryle'a interferometryczna metoda dokładnego wyznaczania położenia astronomicznych źródeł fal radiowych przyczyniła się do odkrycia niezwyklej obiektów astronomicznych - kwazarów. Przygotowany w Cambridge Trzeci Katalog radioźródeł prócz obiektów takich jak Słońce i Jowisz zawierał kilkaset obiektów, przy czym wiele z nich wydawało się być źródłami punktowymi, bez żadnej zauważalnej struktury. Znając położenia takich źródeł można się było pokusić o ich optyczną identyfikację. Na kliszach fotograficznych obiekty te wyglądają jak dalekie gwiazdy. W 1962 roku jedno z takich źródeł radiowych

3C273 było kilka razy zaślaniane przez Księżyc. Dzięki temu można było bardzo dokładnie wyznaczyć jego położenie i korzystając z największego wówczas teleskopu optycznego na Mount Palomar uzyskać jego widmo, które było złożone z kilku linii emisyjnych. Maarten Schmidt zidentyfikował te zagadkowe linie jako przesunięte linie wodorowe i wyznaczył przesunięcie ku czerwieni. Okazało się też, że 3C273 oddala się od nas z prędkością 47000 km/s i znajduje się bardzo daleko. W ten sposób stwierdzono, że te gwiazdopodobne obiekty - kwazary emitują ogromne ilości energii, często przewyższające energię emitowaną przez całą galaktykę. To odkrycie spowodowało gwałtowny wzrost zainteresowania kwazarami. Aby zidentyfikować kwazary, Antony Hewish z Instytutu Radioastronomii w Cambridge postanowił wykorzystać ich bardzo małe rozmiary kątowe i znane z astronomii optycznej zjawisko scyntytacji. W tym celu zbudowano bardzo dużą antenę złożoną z dwóch tysięcy prostych dipoli zamocowanych na drewnianych tyczkach. Budowaniem tej anteny oczywiście zajmowali się doktoranci, między innymi Jocelyn Bell. Gdy w końcu rozciągnięto wszystkie przewody (a było tego około 350 kilometrów) i zlutowano wszystkie połączenia w lipcu 1967 roku J. Bell rozpoczęła obserwacje. Obserwacji dokonywano na czterech różnych częstotliwościach i w ciągu czterech dni skanowano niebo w pasku o szerokości 600. Wyniki obserwacji były zapisywane na czterech trójścieżkowych rejestratorach, które codziennie produkowały 30 metrów papierowej taśmy. J. Bell była odpowiedzialna za zbieranie i analizowanie tych taśm. Po obejrzeniu pierwszych kilkuset metrów taśm, Jocelyn nauczyła się rozpoznawać scyntylujące źródła i odróżniać je od przypadkowych zaburzeń. Po kilku tygodniach obserwacji zauważyła, że od czasu do czasu rejestrowane są „garby”, które wyraźnie różniły się od zwykłego sygnału scyntytacji i lokalnych zaburzeń. Zaintrygowała ją również to, że te sygnały pojawiały się zawsze z tego samego kierunku na niebie. Źródło było w polu widzenia anteny w nocy, gdy międzyplanetarne scyntyllacje i lokalne zaburzenia powinny być minimalne. W końcu przeprowadzono ostateczne testy anteny i rozpoczęły się regularne obserwacje. Przez kilka pierwszych tygodni obserwacje nie przyniosły niczego ciekawego, na taśmie rejestrowany był jedynie szum. W połowie października, J. Bell opuściła jeden dyżur i kiedy następnego dnia przeglądała taśmę zauważyła znowu garb. W połowie listopada patrząc na przesuwającą się taśmę zauważyła ponownie garb i przyspieszyła szybkość przesuwu taśmy, co pozwoliło stwierdzić, że garb składa się z serii równoodległych impulsów pojawiających się w przybliżeniu co sekundę. Skontaktowała się natychmiast z Hewishem, który przekonywał ją, że są to zapewne jakieś lokalne zaburzenia, odbity sygnał radarowy lub coś takiego. Następnego dnia Hewish przyjechał do obserwatorium i na szczęście te dziwne sygnały znowu się pojawiły. Hewish sprawdził wszystkie poprzednie zapisy i stwierdził, że sygnał pojawia się zawsze o tej samej porze, ale okresowość wydawała się wskazywać na lokalne pochodzenie. Do obserwacji tego zagadkowego źródła włączono inne radioteleskopy, które potwierdziły istnienie tego źródła i dzięki obserwacjom dyspersji można było jednoznacznie stwierdzić, że źródło znajduje się daleko poza Układem Słonecznym, ale w obszarze Drogi Mlecznej. Jak teraz wiemy, sygnały te nie zostały wysłane przez pozaziemską cywilizację, jak początkowo przypuszczano, ale przez szybko obracającą się namagnesowaną gwiazdę neutronową. Za to odkrycie pulsarów radiowych Antony Hewish w 1974 roku otrzymał Nagrodę Nobla.

Pominięcie Jocelyn Bell wywołało lawinę krytyki i protestów. Bardzo ostro wypowiadał się Fred Hoyle, którego bezsprzeczne zasługi w wyjaśnieniu procesu powstawania pierwiastków we wszechświecie też nie zostały docenione przez Komitet Noblowski.

Antony Hewish

Urodził się 11 maja 1924 roku w Fowley w Kornwalii. Jest najmłodszym z trzech braci. Wychował się w Newquay nad brzegiem Atlantyku i od wczesnej młodości jest zapalonym żeglarzem. Po ukończeniu King's College w Taunton w 1942 roku rozpoczął studia w Cambridge. W latach 1943-1946 pracował w wojskowych laboratoriach nad wojennymi zastosowaniami radaru. Już wówczas współpracował z Martinem Rylem. Po zakończeniu wojny wrócił na studia do Cambridge i po ich ukończeniu w 1948 roku związał się z grupą radioastronomii w Cavendish Laboratory kierowaną przez Ryle'a. Cztery lata później uzyskuje doktorat i zostaje wykładowcą. Od 1971 roku aż do emerytury jest profesorem radioastronomii. W 1977 roku zostaje kierownikiem grupy radioastronomów w Cambridge i dyrektorem Mullard Radio Astronomy Observatory. Doświadczenia zdobyte podczas prac nad zastosowaniem radaru skłoniły Hewisha do zajęcia się badaniami nad rozchodzeniem się fal radiowych w niejednorodnych ośrodkach. Po odkryciu kwazarów i ich identyfikacji z punktowymi gwiazdopodobnymi obiektami proponuje, aby do identyfikacji takich obiektów wykorzystać znane z astronomii optycznej zjawisko scyntytacji. Proponuje też aby scyntyllacje punktowych źródeł radiowych wykorzystać do badania własności jonosfery i plazmy międzyplanetarnej i międzygwiazdowej. W tym celu w Cambridge w 1965 roku rozpoczyna budowę dużej anteny złożonej z 2000 dipoli rozmieszczonej na powierzchni około 2 hektarów. Budowa anteny została zakończona w 1967 roku. W pracach nad konstrukcją tej anteny a następnie w pierwszych testach i pomiarach uczestniczy Jocelyn Bell. Po kilku tygodniach obserwacji Jocelyn zauważyła i identyfikuje okresowe powtarzające się sygnały. Dokładna analiza tych sygnałów doprowadza do odkrycia pulsarów radiowych. Za to odkrycie w 1974 roku Antony Hewish otrzymuje Nagrodę Nobla z fizyki. Zaprojektowana przez Hewisha antena działa nadal i nawet obecnie zbiera dane o własnościach plazmy międzyplanetarnej i aktywności Słońca. W ciągu ostatnich 30 lat Hewish zajmuje się popularyzacją osiągnięć radioastronomii i astronomii. Często wygłasza publiczne wykłady i udziela wywiadów. W 1969 roku jego zasługi dla rozwoju radioastronomii Królewskie Towarzystwo Astronomiczne nagradza Medalem Eddingtona a w 1976 roku Royal Society przyznaje mu Medal Hughes'a. W 1990 roku Hewish otwiera Centrum Astronomii w Zielonej Górze.

Jocelyn Bell Burnell

Urodziła się 15 lipca 1943 roku w Belfascie, Północna Irlandia. Jej ojciec był wówczas głównym architektem Armagh Planetarium. Wcześniej nauczyła się czytać i korzystała z bogatych zasobów biblioteki w tym planetarium. Początkowo uczyła się w Lurgan College, ale gdy nie zdała egzaminu przewidzianego dla jedenastolatków, rodzice przenieśli ją do prywatnej szkoły dla dziewcząt w York, którą ukończyła w 1960 roku. Następnie studiowała na uniwersytecie w Glasgow uzyskując licencjat z fizyki i prawo studiowania na uniwersytecie w Cambridge. W Cambridge pracowała w grupie Antony Hewisha, początkowo aktywnie uczestnicząc w budowaniu radioteleskopu, który był złożony

z 2000 dipoli rozmieszczonych na obszarze o powierzchni około 2 hektarów. W 1968 roku Jocelyn Bell wychodzi za mąż za swojego kolegę Martina Burnella. W 1969 roku uzyskuje stopień doktora nauk fizycznych i kolejno pracuje na uniwersytecie w Southampton, University College w Londynie i Royal Observatory w Edynburgu. W 1991 roku zostaje profesorem fizyki w Uniwersytecie Otwartym w Londynie. Po odkryciu pulsarów zmienia zainteresowania i zajmuje się astronomią rentgenowską i promieniami gamma. Przez rok wykłada na uniwersytecie w Princeton. W latach 2002-2004 Jocelyn Bell była prezesem Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego, a obecnie jest prezesem Brytyjskiego Instytutu Fizyki. W 2007 roku królowa Elżbieta II nadała jej tytuł „dame”. Jocelyn Bell Burnell otrzymała wiele nagród i wyróżnień, między innymi medal Herschela Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego, medal Alberta Michelsona i nagrodę Beatrice M. Tinsley Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego. Od marca 2003 roku jest Fellow of the Royal Society.

Czarne dziury i początek wszechświata

Odkrycie kwazarów postawiło przed całym środowiskiem astronomicznym ogromne wyzwanie. Okazało się, że we wszechświecie istnieją obiekty astronomiczne znacznie mniejsze od galaktyk ale o jasności przewyższającej o wiele rzędów wielkości jasność galaktyk. Gdyby źródłem tej energii były procesy termojądrowe wówczas rozmiary tych obiektów powinny być znacznie większe od obserwacyjnych oszacowań. Natomiast, gdyby przyjąć, że aktywne obszary w tych obiektach mają takie rozmiary, jak to wynikało z obserwacji, to ich gęstość a więc i ich masy powinny być ogromne. Ten paradoks rozwiłkła Jakow Zeldowicz, który pokazał, że źródłem energii kwazarów może być proces akrecji materii na supermasywną czarną dziurę. Kilka lat później Donald Lynden-Bell (był prezesem Towarzystwa w latach 1985-1987) wykazał, że proces dyskowej akrecji gazu na supermasywną czarną dziurę może wyjaśnić wszystkie podstawowe własności aktywnych jąder galaktyk i kwazarów. Powiązanie kwazarów z czarnymi dziurami, które uważane były za twory czysto hipotetyczne spowodowało gwałtowny wzrost zainteresowania czarnymi dziurami. Tak się złożyło, że w tym samym czasie, gdy astronomowie odkrywali kwazary Roy Kerr znalazł nowe rozwiązanie równań Einsteina, które opisywało obracającą się czarną dziurę. Już w 1939 roku Robert Oppenheimer i H. Snyder analizowali proces sferycznie symetrycznego zapadania się obłoku pyłu i pokazali, że proces ten prowadzi do powstania horyzontu zdarzeń – sferycznej powierzchni o promieniu $r_g = 2GM/c^2$, gdzie G to stała grawitacyjna, M – masa obłoku, c – prędkość światła. Wkrótce po odkryciu kwazarów Roger Penrose korzystając z zaawansowanych globalnych metod topologicznych udowodnił, że, gdy podczas dowolnego procesu grawitacyjnego zapadania kontrakcja materii doprowadzi do powstania tak zwanej powierzchni złapanej, to dalszy proces zapadania doprowadzi do powstania osobliwości, która będzie otoczona horyzontem zdarzeń. Powierzchnia złapana to zamknięta powierzchnia o topologii sfery, taka, że sygnały świetlne wysłane z dowolnego punktu na tej powierzchni ku jej centrum i na zewnątrz lokalnie zbiegają się. To twierdzenie Penrose’a o powstawaniu czarnych dziur wzmocniło wiarę astronomów w to, że centralną „maszyną” napędzającą kwazary i aktywne jądra galaktyk jest supermasywna czarna dziura. Roger Penrose przeanalizował też globalne własności czasoprzestrzeni opisywanej rozwiązaniem Kerr’a i pokazał, że obracająca się

czarna dziura, na zewnątrz horyzontu, otoczona jest ergosferą – obszarem, gdzie nie można spoczywać względem dalekich obserwatorów. Pokazał też, że cząstka wpadająca do ergosfery może się tam rozpaść na dwie, przy czym jedna wpada do czarnej dziury a druga oddala się do nieskończoności. Cząstka biegnąca do nieskończoności może unosić więcej energii niż miała jej cząstka wpadająca do ergosfery. Ten dodatek energii jest kompensowany przez ubytek energii rotacyjnej czarnej dziury. Brandon Carter, James M. Bardeen przeprowadzili dokładną analizę ruchu cząstek próbnych w czasoprzestrzeni obracającej się czarnej dziury Kerr’a. Okazało się, że proces akrecji materii na obracającą się czarną dziurę może prowadzić do uwolnienia około 42% energii masy spoczynkowej mc^2 . W reakcjach termojądrowych uwalniany jest zaledwie co najwyżej 1% energii masy spoczynkowej. Proces akrecji materii na obracającą się czarną dziurę pozwala znacznie bardziej efektywnie zamieniać energię masy spoczynkowej na energię użyteczną, a więc również na promieniowanie, niż jakikolwiek inny proces fizyczny. Procesem akrecji materii na obracające się i statyczne czarne dziury zajmowało się wiele zespołów badawczych. Jedną z takich bardzo aktywnych grup działającą do dziś stworzył w Warszawie Bohdan Paczyński. Problem powstawania osobliwości w ogólnym procesie grawitacyjnego zapadania skłonił Penrose’a do analizy bardzo wczesnych faz ewolucji wszechświata. Wspólnie ze Stephenem Hawkingiem udowodnili kilka ogólnych twierdzeń o istnieniu kosmologicznych osobliwości. Obecnie istniejące dane astronomiczne wystarczają do wykazania, że wszechświat zaczął swoją ewolucję od stanu osobliwego. Trzydzieści lat po zażartych dyskusjach między zwolennikami teorii stanu stacjonarnego a zwolennikami teorii Wielkiego Wybuchu ta ostatnia uzyskała jeszcze jedno bardzo istotne bo czysto matematyczne wsparcie. Zainteresowanie czarnymi dziurami rozbudzone ich astrofizycznym znaczeniem doprowadziło do sformułowania przez J. M. Bardeena, B. Cartera i S. Hawkinga bardzo ogólnych czterech praw dynamiki czarnych dziur. Okazało się, że czarnej dziurze można przypisać entropię, przy czym entropia czarnej dziury o masie M jest znacznie większa od entropii typowej gwiazdy o takiej samej masie. Analogie między prawami dynamiki czarnych dziur a podstawowymi prawami termodynamiki są uderzające. Ten związek okazał się bardzo głęboki i doprowadził S. Hawkinga do odkrycia procesu parowania czarnych dziur. Proces parowania czarnych dziur jest pierwszym bardzo ważnym procesem fizycznym, w którym istotną rolę odgrywają efekty ogólnej teorii względności i kwantowej teorii pola. Ten związek jest ważnym źródłem inspiracji w poszukiwaniach kwantowej teorii grawitacji. Analiza procesu akrecji na czarne dziury pozwoliła nie tylko wyjaśnić podstawowe własności aktywnych jąder galaktyk i kwazarów, ale zainspirowała obserwacyjne poszukiwanie czarnych dziur o masach zbliżonych do mas gwiazd. Okazało się bowiem, że czarna dziura wchodząca w skład ciasnego układu podwójnego mając za towarzysza normalną gwiazdę powinna być źródłem promieniowania rentgenowskiego. Promieniowanie rentgenowskie byłoby generowane w dysku akrecyjnych, a szczególnie w części dysku znajdującej się najbliższej horyzontu czarnej dziury. W 1970 roku wystrzelony został pierwszy rentgenowski satelita UHURU. Pomimo bardzo ograniczonych możliwości satelita UHURU odkrył około 350 źródeł rentgenowskich, między innymi silne zmienne źródło rentgenowskie Cyg X-1 oraz wiele pulsarów rentgenowskich. Dokładniejsze badania Cyg X-1 doprowadziły do odkrycia stowarzyszonej z tym źródłem gwiazdy HDE 226868. Dzięki obserwa-

ojom optycznym i rentgenowskim stwierdzono, że gwiazda HDE 226868 jest supergigantem o masie około 30 mas Słońca a masę niewidocznego składnika oszacowana no około 16 mas Słońca. Ponieważ masa niewidocznego składnika przewyższa i to znacznie maksymalną masę gwiazdy neutronowej powszechnie przypuszcza się, że tym niewidocznym składnikiem jest czarna dziura. Obiektów podobnych do Cyg X-1 znaleziono już kilkadziesiąt w naszej Galaktyce i w obłokach Magellana. Cyg X-1 pozostaje jednak nadal najlepszym przykładem układu podwójnego, w którego skład wchodzi czarna dziura.

Roger Penrose

Roger Penrose urodził się 8 sierpnia 1931 roku w Colchester w Anglii. Matka Rogera była lekarką, a ojciec zajmował się genetyką medyczną i był członkiem Royal Society. Oboje rodzice oraz starszy o dwa lata brat Rogera – Oliver interesowali się matematyką, a szczególnie geometrią. Młodszy brat Jonathan dziesięć razy był mistrzem Anglii w szachach. W 1953 roku Roger ukończył z najwyższym wyróżnieniem z matematyki University College London i rozpoczął studia doktoranckie na uniwersytecie w Cambridge. Od 1955 roku zaczął publikować oryginalne prace naukowe z teorii pól grup i pierścieni macierzy. W 1957 roku uzyskał stopień doktora za prace z dziedziny algebry i geometrii. W 1955 roku poznał Dennisa Sciame, który zainteresował go fizyką i kosmologią. Poczynając od 1959 roku Penrose zaczyna publikować prace z kosmologii i ogólnej teorii względności. Już pierwsza praca z tej dziedziny „The apparent shape of a relativistic moving sphere”, w której korzystając z matematycznej własności odwzorowań sfer wykazał, że poruszająca się sfera nie zostanie spłaszczona jak wynikałoby z efektu skrócenia Lorentza, spotkała się z dużym zainteresowaniem, w szczególności z powodu nowatorskiego podejścia. Przez następne cztery lata Penrose zajmował się wykorzystaniem spinorów do poszukiwania nowych rozwiązań równań Einsteina i do badania globalnych własności czasoprzestrzeni. Praca napisana wspólnie z Tedem Newmanem, w której zapisali równania Einsteina w formalizmie spinorowym przyczyniła się do znalezienia wielu nowych rozwiązań, między innymi rozwiązania Kerra, które opisuje pole grawitacyjne na zewnątrz obracającej się czarnej dziury. To nowe podejście pozwoliło też na dokładniejsze zbadanie asymptotycznych własności pola grawitacyjnego i fal grawitacyjnych. Praca ta jest najczęściej cytowaną pracą z ogólnej teorii względności w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat. W 1965 roku, korzystając z metod topologicznych, Penrose udowodnił, że proces katastroficznego zapadania się masywnych gwiazd w ostatnich fazach ich ewolucji musi prowadzić do powstania czarnej dziury z centralną osobliwością (formalnie punktem o nieskończonej gęstości). Oznacza to, że klasyczna ogólna teoria względności załamuje się i końcowych etapów grawitacyjnego zapadania nie można opisać korzystając z pojęcia czasoprzestrzeni rozumianej jako continuum. W rok później wspólnie z Stephenem Hawkingiem udowodnili, że wszechświat musiał zacząć swoją ewolucję od początkowej osobliwości. Od tego momentu Penrose rozpoczął intensywne poszukiwania kwantowej teorii czasoprzestrzeni. Jednym z najważniejszych osiągnięć Penrose'a było stworzenie teorii twistorów – obiektów matematycznych, które pozwalają na konstruowanie czasoprzestrzeni. Teoria twistorów to niezwykła i bardzo bogata teoria matematyczna łącząca metody algebraiczne i geometryczne z potężnymi metodami przestrzeni zespolonej. Główne założenie teorii spinorów

i twistorów zostały przedstawione w monumentalnej dwutomowej monografii napisanej wspólnie z W. Rindlerem „Spinors and space-time”. Od dwóch lat teoria twistorów przeżywa renesans, okazało się bowiem, że przestrzenie twistorów mają ważne znaczenie w teorii strun. Prace w tej dziedzinie są obecnie w pełnym toku. Duży rozgłos przyniosły Penrose'owi jego dwie popularne książki „Nowy umysł cesarza: O komputerach, umyśle i prawach fizyki” oraz „Cienie umysłu: Poszukiwanie naukowej teorii świadomości”, w których krytykuje powszechny pogląd, że aktywność mózgu sprowadza się do zachodzących po sobie algorytmicznych procesów. Zdaniem Penrose'a wyjaśnienie tajemnic świadomości wymaga nowej fizyki. O różnorodnych zainteresowaniach Penrose'a świadczy też problem, którym właściwie zajmował się od dziecka, a mianowicie, poszukiwaniem minimalnej liczby elementów (płytek), którymi można pokryć nieskończoną płaszczyznę, tak aby uzyskiwane wzory nie powtarzały się. Po wielu latach poszukiwań Penrose wykazał, że można tego dokonać korzystając z sześciu elementów, a na początku lat osiemdziesiątych znalazł sposób na aperiodyczne pokrycie nieskończonej płaszczyzny tylko dwoma elementami. Później okazało się, że takie aperiodyczne struktury powstają w kwazikryształach. Osiągnięcia naukowe Sir Rogera Penrose'a zostały uhonorowane wieloma nagrodami i zaszczytami, oto najważniejsze z nich: jest członkiem Royal Society i Amerykańskiej National Academy of Sciences, wspólnie z S. Hawkingiem otrzymał Nagrodę Fundacji Wolfa z fizyki, Royal Society przyznała mu Royal Medal, otrzymał nagrodę i medal Alberta Einsteina. W 1994 roku Królowa Brytyjska za zasługi dla nauki nadała mu tytuł rycerski. Sir Roger Penrose wielokrotnie przebywał w Polsce, po raz pierwszy w 1962 roku jako uczestnik Międzynarodowej Konferencji Teorii Grawitacji w Jabłonie, zorganizowanej przez Leopolda Infelda. Od 2005 roku jest doktorem Honoris Causa Uniwersytetu Warszawskiego.

Stephen Hawking

Stephen Hawking urodził się 8 stycznia 1942 roku w Oxfordzie, gdzie na kilka miesięcy jego rodzice przenieśli się z Londynu aby uchronić się przed niemieckimi bombardowaniami. Po urodzeniu się Stephena wrócili do Londynu, gdzie ojciec Stephena był kierownikiem zakładu parazytologii w National Institute for Medical Research. Stephen ma dwie młodsze siostry Philippa i Mary oraz adoptowanego brata Edwarda. W 1950 roku cała rodzina przeniósł się do St. Albans w Hertfordshire, gdzie przez trzy lata Stephen chodził do szkoły dla dziewcząt. Później uczęszczał do szkoły publicznej w St. Albans. Jako uczeń niczym szczególnym się nie wyróżniał. Po latach wspomina, że największe wrażenie zrobił na nim nauczyciel matematyki. Po ukończeniu szkoły średniej dalszą naukę kontynuował w University College w Oxfordzie. Ponieważ nie ma tam kierunku matematyka studiował fizykę. Po trzech latach bez większego wysiłku z wyróżnieniem kończył studia i uzyskuje licencjat z nauk przyrodniczych. Studia doktoranckie rozpoczął w Cambridge i postanawia zająć się kosmologią pod kierunkiem Dennisa Sciame. W trakcie pierwszego roku pobytu w Cambridge pojawiają się u niego symptomy sklerotycznego zaniku mięśni. Kiedy choroba została zdiagnozowana lekarze nie dawali mu więcej jak trzy lata życia. Hawking miał wówczas 21 lat. Postanawia żyć dalej normalnie. W 1965 roku poślubia Jane Wilde i zaczyna bardziej intensywnie pracować nad swoim doktoratem, który broni rok później. Rozpoczyna bardzo owocną współpracę z Rogerem Penroseem. Zos-

taje pracownikiem naukowym a następnie profesorem w Caius College w Cambridge. Wspólnie z Penrosem dowodzi bardzo ogólnych twierdzeń o istnieniu osobliwości, z których wynika, że wszechświat rozpoczął swoją ewolucję od stanu osobliwego, osobliwości powstają też podczas katastroficznego procesu grawitacyjnego zapadania gwiazd. Wspólnie z Brandonem Carterem i Jamesem Bardeenem formułuje cztery prawa dynamiki czarnych dziur. Od 1973 roku pracuje na Wydziale Matematyki Stosowanej i Fizyki Teoretycznej (słynne DAMPT) na Uniwersytecie w Cambridge. W 1974 roku podczas rocznego pobytu w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym w Pasadena dowodzi, że czarne dziury spontanicznie emitują cząstki. Ten słynny efekt jest obecnie nazywany parowaniem czarnych dziur lub promieniowaniem Hawkinga. Łączy ze sobą teorię grawitacji i teorię kwantową i uzasadnia też wprowadzone wcześniej pojęcie entropii czarnej dziury. Pytanie, co się dzieje w ostatnich momentach parowania czarnej dziury nadal pozostaje nierozstrzygnięte. Odkrycie promieniowania Hawkinga uznawane jest za jedno z największych odkryć XX wieku. Od roku 1979 aż do 30 września 2009, gdy przechodzi na emeryturę, zajmuje ufundowane przez członka parlamentu w roku 1663 prestiżowe stanowisko Lucasian Professor of Mathematics, które w latach 1669-1702 zajmował Isaac Newton. Obecnie planuje przenieść się do Perimeter Institute w Kanadzie. Hawking zajmuje się badaniem związków między teorią grawitacji i teorią kwantową. Wspólnie z Jamesem Hartlem proponuje tak zwane warunki początkowe bez granic dla kwantowych równań ewolucji wszechświata i nową interpretację funkcji falowej wszechświata. W 1988 roku wydaje popularną książkę „Krótką Historia Czasu”, która staje się światowym bestsellerem. Te sukcesy i stres związany z pogarszającym się stanem zdrowia doprowadzają do rozpadu jego małżeństwa i w 1991 Hawking rozwodzi się z Jane i żeni się ze swoją dotychczasową pielęgniarką. Ten związek nie wytrzymuje jednak próby czasu i w 2006 roku Hawking rozwodzi się ponownie. Teraz opiekują się nim jego dorosłe już dzieci, dwaj synowie Robert i Timothy, a głównie córka Lucy. Hawking bardo dużo podróżuje i wygłasza wiele popularnych wykładów. W 2001 roku wydaje kolejną popularną książkę „Wszechświat w skorupce orzecha”, które też staje się wielkim bestsellerem. W 2005 roku wspólnie ze swoim byłym studentem Leonardem Mladinowem wydaje kolejną książkę „Jeszcze krótsza historia czasu”. W 2008 roku wspólnie z córką Lucy wydaje popularną książkę dla dzieci „Jerzy i poszukiwanie kosmicznego skarbu”. Osiągnięcia naukowe Hawkinga zostały uhonorowane wieloma różnymi nagrodami. Oto niektóre z nich: Medal Eddingtona KTA (1975), Medal Hughes'a przyznawany przez Royal Society (1976), Złoty Medal Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego (1985), Nagroda Wolf'a z fizyki (1988), Medal Wolności – najwyższe cywilne odznaczenie w Stanach Zjednoczonych (2009). Od ponad trzydziestu lat Hawking porusza się na wózku inwalidzkim i komunikuje się ze światem zewnętrznym za pomocą komputera i syntetyzatora dźwięku. Ostatnio jest niemal całkowicie sparaliżowany.

Królewskie Towarzystwo Astronomiczne obecnie

Jak prawie wszystkie towarzystwa w Wielkiej Brytanii, KTA się demokratyzuje. Mając pisemne poparcie dwóch fellows szanse na wybór są bardzo duże. Towarzystwo już ma ponad 3300 „fellows” obydwójga płci i działa bardzo szeroko, współpracuje

z wieloma europejskimi towarzystwami naukowymi. Wydaje wspomniane już Monthly Notices, jedno z trzech głównych pism astronomicznych na świecie, oraz pismo przeglądowe Astronomy and Geophysics, rozsyłane członkom. Spotkania w Burlington House już nie są tak onieśmielające jak to bywało i mają raczej przyjacielski charakter. Co roku organizuje się Zjazd na 300 osób rotacyjnie na uniwersytetach. Łączy się zainteresowanych uczniów szkół i ich nauczycieli ze znanymi astrofizykami na specjalnych sympozjach. Biblioteka w Burlington House zbiera od dwustu lat manuskrypty, książki i przyrządy i jest dostępna dla wszystkich fellows. Teoretycznie nie będąc fellow można się starać o dostęp. Teoretycznie. Można tam zobaczyć wymyślną maszynę do głosowania skonstruowaną tak, że nikt nie widzi koloru gałki, którą się wrzuca. Towarzystwo stara się przemawiać w imieniu środowiska w ciałach decyzyjnych, rządowych i parlamentarnych. Wśród fellows jest kilku członków parlamentu.

Nagrody

Najlepsze dwa doktoraty o tematyce astronomicznej są nagradzane co rok Nagrodą Michaela Penstona oraz Blackwella. Dla nieco starszych, ale jeszcze młodych badaczy ustanowiono nagrody Fowlera. Corocznie przyznaje się medale: dwa złote, jeden Eddingtona i jeden Herschelów. O nich była już mowa. Ponadto jest Medal Chapmana za osiągnięcia z geofizyki i nauk o planetach, Price'a za geomagnetyzm oraz Medal Hanny Jackson za wynalezienie lub udoskonalenie przyrządu astronomicznego. Inną formą wyróżnienia (już nie dla leniwych) jest propozycja prestiżowego wykładu w Burlington House (wykład imienia Darwina; z astronomii; Jeffrey'sa z geofizyki lub wiedzy o planetach; Withrowa z kosmologii; oraz Bullerwella z geofizyki wnętrza Ziemi. Rzecznicy KTA (Communications Officers) informują społeczeństwo poprzez media o najnowszych osiągnięciach brytyjskiej astronomii. Ostatnio przyjęto bardziej amerykański styl. Nie pomniejsza się osiągnięć!

Literatura:

- [1] Wróblewski, A. K., Historia fizyki, PWN Warszawa, 2007, Roz. 18.
- [2] Miller, A. I., Imperium gwiazd, Albatros, Warszawa 2006.
- [3] Struve, O. i Zeberg, V., Astronomy in the twentieth century, Macmillan, New York, 1962
- [4] Hoyle, F., Home is where the wind blows, OUP, Oxford, New York, 1994
- [5] North, J., Historia astronomii i kosmologii, Książnica, 1997
- [6] Heller, M., Kosmologia Lemaitre'a, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2008
- [7] Penrose, R., Makroświaty, mikroświaty i ludzki umysł, Prószyński i S-ka, 1997.

Dla zaawansowanych

- [1] Dodelson, S., Modern cosmology, AP, Amsterdam, Boston, 2003
- [2] Ryle, M., Counts of radio sources, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 6, 249, 1968
- [3] Hawking, S. W., Penrose, R., Natura czasu i przestrzeni, Zysk i S-ka, 1996
- [4] Penrose, R., Droga do rzeczywistości, Prószyński i S-ka, 2007.

Pierwsze spektroskopy pryzmatyczne

Jacek Rodzeń

*Institut Bibliotekoznawstwa i Dziennikarstwa Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach;
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie*

Streszczenie: W wielu nawet renomowanych publikacjach z zakresu historii nauki wciąż twierdzi się, iż wynalazcami pierwszego spektroskopu byli dwaj uczeni niemieccy G. Kirchhoff i R. Bunsen. Faktycznie jednak wiele typów tego przyrządu naukowego zostało wynalezionych o wiele wcześniej, tj. zanim Kirchhoff z Bunsenem rozpoczęli wspólne badania. Nie ulega wątpliwości, że ich przełomowe prace doprowadziły do ugruntowania nowej metody badawczej – analizy spektrochemicznej, jednak nie do wynalezienia samego spektroskopu. Niniejszy szkic przedstawia główne historyczne typy aparatu spektroskopowego, które zostały wynalezione w latach 1815-1859: w szczególności trzy typy (dwa pryzmatyczne i jeden z siatką dyfrakcyjną) J. Fraunhofera, W. Simmsa typ spektroskopu „dwuramiennego” z kolimatorem (jest to typ spektroskopu Kirchhoffa-Bunsena) oraz spektroskop à vision directe F. Dujardina. Omówione zostały także trzy warianty spektroskopu „dwuramiennego” pochodzące z lat 50-tych XIX w., skonstruowane przez F. Zantedeschiego, M. Meyersteina i W. Crookesa.

The early prismatic spectroscopes

Abstract: In numerous reputable publications on the history of science it is persistently claimed that the inventors of the first spectroscope were two German scholars: G. Kirchhoff and R. Bunsen. The truth is, however, that many types of this scientific instrument were invented much earlier, i.e. before Kirchhoff and Bunsen started in 1859 their joint work. There is no doubt that their groundbreaking research led to the consolidation of new research method – spectrochemical analysis, but not to the invention of the spectroscope itself. The paper presents main historical types of the spectroscopic apparatus that were invented in the period 1815-1860, in particular: J. Fraunhofer's three types (two prismatic ones and one with diffraction grating), W. Simms' "two-arm" type with collimator (and this type was actually implemented in the Kirchhoff-Bunsen's spectroscope version) and F. Dujardin's spectroscope à vision directe. There are also discussed three variants of the "two-arm" spectroscope constructed in 1850s by F. Zantedeschi, M. Meyerstein and W. Crookes.

1. Wprowadzenie

Można się spierać co do twierdzenia, iż współczesne spektroskopy i spektrografy są obecnie najwzszechstronniej wykorzystywanym rodzajem aparatury badawczej. Kiedy jednak sobie uświadomimy ogrom zastosowań tych instrumentów, od niezwykle skutecznie wspomagających diagnostykę medyczną tomografów NMR po spektrografy rentgenowskie umieszczane na sondach kosmicznych, poszukujących życia w dalekim Wszechświecie, teza ta wydaje się wysoce prawdopodobna. Dlatego rzeczą interesującą może być próba sięgnięcia w nie tak daleką przeszłość, kiedy ten oszałamiający rozwój wziął swój początek; kiedy konstruowano

pierwsze spektroskopy pryzmatyczne operujące jeszcze głównie w obszarze widma widzialnego.

Pierwsze spektroskopy optyczne zasługują na uwagę jeszcze co najmniej z trzech innych powodów. Pierwszym z nich jest to, że spektroskop, sam nie będąc „własnością” żadnej konkretnej dyscypliny przyrodniczej w XIX w. przyczynił się istotnie do dynamicznego rozwoju kilku z nich, zwłaszcza astronomii (ściślej astrofizyki) i chemii (jako nowa metoda analityczna), a także fizyki. Drugi powód ma charakter bardziej światopoglądowy, by nie rzec filozoficzny, i sprowadza się do stwierdzenia, iż zarówno odkrycie widma liniowego (w świetle obiektów astronomicznych i ciał ziemskich) jak i wynalazek spektroskopu jednoznacznie potwierdziły

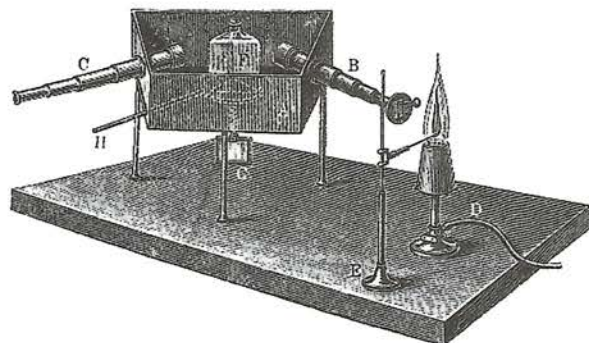
jedność tworzywa obserwowanego Wszechświata. I w końcu trzeci powód, raczej o charakterze historiograficznym, dotyczy dość rozpowszechnionego stereotypowego poglądu, zgodnie z którym pierwszy spektroskop optyczny został zbudowany przez dwóch uczonych niemieckich, fizyka Gustava R. Kirchhoffa i chemika Roberta W. Bunsena.

Ponieważ ostatni przytoczony pogląd, mimo że jest niestety powtarzany w różnego rodzaju encyklopediach, publikacjach popularnonaukowych, a nawet w renomowanych ogólnych opracowaniach z zakresu historii nauki (np. [1]), nie jest zgodny z faktami, w niniejszym szkicu zostaną przybliżone kluczowe ogniwa ewolucji konstrukcji spektroskopu pryzmatycznego, począwszy od pierwszych obserwacji widma liniowego przez Josepha Fraunhfera (ok. 1815 roku) do słynnych prac Kirchhoffa i Bunsena (1860 rok), poświęconych ugruntowaniu metody analizy spektrochemicznej. Należy do tego dodać, że choć z racji dotychczasowego braku źródłowych badań historycznych poświęconych temu wczesnemu etapowi rozwoju aparatury spektroskopowej (pewne jedynie wstępne wyobrażenia dają [2] i [3]) prezentowana w niniejszym szkicu sekwencja zdarzeń ma charakter oryginalny, podlega jednak dalszym badaniom, a co za tym idzie zachęca do dyskusji [4].

Zgodnie z pewną konwencją przyjętą przez historyków spektroskopii (stanowiących wciąż wyjątkowo nieliczne grono), w tym szkicu jako spektroskopy pryzmatyczne będą rozumiane te historyczne typy instrumentów naukowych, które oparte na optyce pryzmatu pozwalają obserwować i dokonywać pomiarów widma liniowego (emisyjnego bądź absorpcyjnego). Nie będziemy więc cofać się w tej prezentacji do czasów znanych doświadczeń z pryzmatem i widmem ciągłym, przeprowadzonych w XVII w. przez Izaaka Newtona i licznych wcześniejszych badaczy [5]. Nie będziemy także szerzej nawiązywać do pierwszych pryzmatycznych obserwacji promieniowania podczerwonego (w 1800 r. przez W. Herschela) i ultrafioletowego (w 1801 r. przez J. W. Rittera).

2. „Aparat do obserwacji widma” Bunsena-Kirchhoffa

Naszą wędrowkę przez galerię historycznych typów spektroskopu pryzmatycznego rozpoczniemy od instrumentu zbudowanego przez Bunsena i Kirchhoffa w 1859 roku [6]. Jego wizerunek stał się współcześnie jednym z powszechniej identyfikowanych przykładów instrumentu naukowego i symbolem sukcesów nauki w ogóle (rys. 1)



Rys. 1. Ilustracja spektroskopu Bunsena-Kirchhoffa pochodząca z ich pierwszego wspólnego artykułu z 1860 r.; A – drewniana, zaczerzciona od wewnątrz, obudowa układu optycznego, B – kolimator ze szczeliną, C – lunetka obserwacyjna, D – palnik Bunsena, E – statyw z drucikiem platynowym, F – pryzmat cieczowy, G – zwierciadło do odczytu położenia pryzmatu, H – dźwignienka regulująca położenie pryzmatu.

Niewątpliwie zasługi obydwu niemieckich uczonych wykorzystujących ten aparat są olbrzymie. Dzięki niemu Kirchhoff, jako fizyk, wieńczył swoje wcześniejsze indywidualne badania nad emisją i absorpcją promieniowania przez ciała. Bunsen z kolei, jako chemik, wprowadzając do niego nowy typ palnika gazowego zakończył etap poszukiwania skutecznych technik analitycznych w chemii. Tym sposobem obydwaj przyczynili się do ugruntowania analizy spektrochemicznej mającej szerokie zastosowanie zarówno do ciał ziemskich, jak i kosmicznych, co zostało przedstawione w ich wspólnym artykule w czerwcu 1860 r. [7]. Przydatność tej metody zresztą od razu została „sprawdzona” w praktyce przez Bunsena w związku z odkryciem przez niego dwóch nieznanymi wcześniej pierwiastków chemicznych – cezu i rubidu. Stało się to możliwe głównie dzięki potwierdzeniu przez obydwu uczonych, iż określone linie widmowe są niepowtarzalnie charakterystyczne, na zasadzie „odcisku palca”, dla każdego pierwiastka chemicznego. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że sława odkrywców analizy spektrochemicznej przyczyniła się także do przypisania Bunsenowi i Kirchhoffowi wynalazku spektroskopu i zarazem spowodowała efekt stosunkowo nikłego zainteresowania ze strony historyków wcześniejszym etapem rozwoju badań widma liniowego, w szczególności używanymi do tego celu przyrządami. Sami Bunsen i Kirchhoff bynajmniej „nie ułatwili” im tego zadania, gdyż ani w pracy z 1860 r., ani w swoich późniejszych artykułach nie zaznaczyli wyraźnie, na podstawie czyjego pomysłu lub idei złożyli pierwszy „aparat do obserwacji widma” (tak go nazywali, nie używając jeszcze nazwy „spektroskop”). Dopiero niedawne badania odsłoniły, iż obydwaj uczeni zbudowali go z części pochodzących z warsztatu znanego monachijskiego wytwórcy instrumentów naukowych Carla A. von Steinheila [6].

Krótko po publikacji przez Bunsena i Kirchhoffa ich pierwszego wspólnego artykułu rozgorzały dwa spory: jeden bardziej znany, drugi – zupełnie nieznan, choć nas tutaj bardziej interesujący. Pierwszy dotyczył pierwszeństwa w odkryciu analizy spektrochemicznej i zaangażowani weni byli niemal wyłącznie uczeni brytyjscy, podkreślający własne zasługi w dawaniu podwalin pod tę metodę [8]. Drugi dotyczył pierwszeństwa w zbudowaniu spektroskopu pryzmatycznego typu „dwuramiennego” (tzn. z lunetką obserwacyjną i kolimatorem), a więc takiego, jaki złożyli Bunsen z Kirchhoffem.

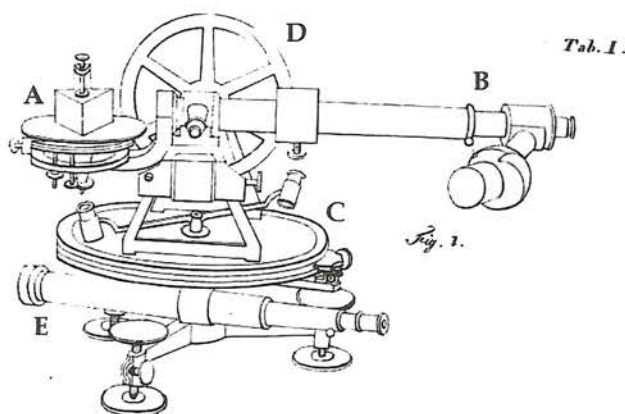
W ten ostatni, bardziej „konstruktorski” spór, zaangażowało się w latach 1860–1861 zwłaszcza dwóch uczonych – szkocki fizyk i chemik William Swan oraz włoski fizyk, astronom i duchowny katolicki w jednej osobie ks. Francesco Zantedeschi. Swan przy okazji przedstawienia swoich roszczeń co do wkładu w rozwinięcie analizy spektrochemicznej twierdził, iż jeszcze w połowie lat 40-tych posługiwał się aparatem typu dwuramiennego (opartym na konstrukcji teodolitu), czego świadectwem są jego publikacje w uznanych periodykach [9]. Z kolei Zantedeschi nie tylko sugerował swoje pierwszeństwo w zbudowaniu instrumentu z lunetką i kolimatorem na początku lat 50-tych, ale także wykazywał słabości konstrukcji Bunsena-Kirchhoffa [10]. Do prac Zantedeschiego powrócimy jeszcze w dalszej części niniejszego szkicu. Obecnie jedynie wspomnimy, iż aspiracje wynalazcze tak jego, jak i Swana okazały się także na wyrost, gdyż faktyczni konstruktorzy tego typu przyrządu do obserwacji widma pisali już o nim w latach 1839–1840. Zanim jednak przejdziemy do tego okresu, zatrzymamy się przy konstruktorze i uczonym, od którego rozwój instrumentów spektroskopowych bierze swój historyczny początek.

2. Joseph Fraunhofer i jego spektroskopy

Fraunhofer powszechnie znany jest jako współodkrywca ciemnych linii absorpcyjnych w widmie słonecznym, zwanych później jego nazwiskiem (pierwszym, któremu przez przypadek udało się je dostrzec w 1802 r. był William H. Wollaston, ale nie przypisał im wtedy szczególnej wagi), oraz jako genialny konstruktor optycznych przyrządów naukowych. Rzadko tylko zwraca się uwagę na to, że zainicjował on także budowę pierwszych typów instrumentów, służących do obserwacji widma liniowego.

Zawodową pasją młodego Josepha Fraunhofera, od 1806 r. zatrudnionego w monachijskim Instytucie Matematyczno-Mechanicznym, należącym do Josepha von Utschneidera, stały się techniki uzyskiwania coraz doskonalszej jakości szkła optycznego oraz metody kontroli właściwości soczewek do instrumentów obserwacyjnych. Szczególnym problemem, trapiącym przez cały wiek XVIII pokolenia wytwórców lunet astronomicznych i mikroskopów było zminimalizowanie w nich wpływu na obserwacje zjawiska aberracji chromatycznej. Od dłuższego czasu wiadano, że chcąc tego dokonać i zbudować maksymalnie achromatyczny układ soczewek, należało możliwie dokładnie badać właściwości szkła, zwłaszcza współczynniki refrakcji i dyspersję. Do tego celu niezbędne było uzyskanie w wysokim stopniu homogenicznego światła, np. z widma ciągłego światła słonecznego lub wyodrębnionej (za pomocą filtrów) określonej barwy płomienia. Także Fraunhofer, począwszy od końca 1813 roku, usilnie poszukiwał takiego źródła światła.

Chcąc uzyskać możliwie dużą dokładność wyznaczanych właściwości optycznych szkła niemiecki optyk zbudował aparat, złożony z oddalonego źródła światła w postaci szczeliny, pryzmatu i lunetki obserwacyjnej, umieszczonych na konstrukcji koła poziomego teodolitu. Ze złożeniem tak części optycznej, jak i mechanicznej przyrządu Fraunhofer nie miał żadnego problemu, gdyż posiadał je praktycznie pod ręką. Szkło soczewek lunety i pryzmatu było „produkcji własnej”, także wykorzystana podstawa teodolitu z doskonale wyskalowaną jak na owe czasy podziałką kątową na kole była autorstwa jego współpracownika z Instytutu Georga von Reichenbacha.



Rys. 2. Szkic spektroskopu pryzmatycznego z pracy Fraunhofera z 1817 r. (oznaczenia literowe – J.R.); A – badany pryzmat umieszczony na okrągłej tarczy, B – lunetka obserwacyjna z mikrometrem okularowym i lampką oświetleniową, C – koło poziome z podziałką kątową i dwiema lupami do odczytu noniuszowego, D – koło nastawcze lunetki w osi poziomej, E – dodatkowa luneta do kontroli stabilności instrumentu („pozostałość” po teodolicie).

Dzięki temu przyrządowi (rys. 2) Fraunhofer początkowo prowadził badania właściwości szkła, wykorzystując do tego celu znane wcześniej metody. Obserwując następnie za pomocą tego przyrządu płomienie barwione przez różne substancje, przez przypadek odkrył między barwą czerwoną a żółtą widma wyraźną jasną linię, znaną później jako linię emisyjną R pierwiastka sodu (dokładniej tzw. dubletu sodowego). Kiedy chciał sprawdzić, czy znajduje się ona także w widmie słonecznym, dostrzegł wówczas na jego tle niezliczone ciemne linie, nazwane później absorpcyjnymi lub liniami Fraunhofera. Zachęcony tym odkryciem, niemiecki optyk, jako pierwszy, próbował następnie za pomocą swojego aparatu obserwować światło planety Wenus oraz kilku jaśniejszych gwiazd, a także światło iskier wytwarzanych przez maszynę elektrostatyczną. Fraunhofer nie chciał jednak podejmować teoretycznych rozważań na temat natury linii widmowych wierząc, że już niebawem zajmą się nimi „biegli przyrodnicy” [11].

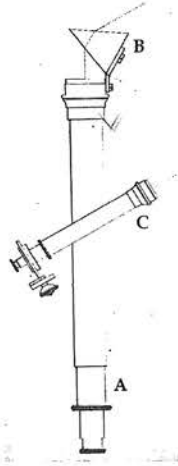
Genialny optyk ze Straubing chciał jak najlepiej wykorzystać linie widmowe w procesie kontroli jakości szkła oraz budowy doskonalszej optyki achromatycznej, głównie do teleskopów astronomicznych. Odtąd nie musiał już poszukiwać do tego celu źródeł światła homogenicznego. To właśnie linie widma stały się dla niego dokładnymi markerami optycznymi przy wyznaczaniu współczynników refrakcji i stosunków dyspersji dla różnych rodzajów szkła. A wykorzystywany przez niego przyrząd optyczny stał się pierwszym typem aparatu spektroskopowego, służącego do obserwacji widma. Można powiedzieć, że był to aparat jednopryzmatowy z lunetką obserwacyjną („jednoramienny”) i kołem poziomym do wyznaczania wielkości kątowych.

Swoje badania z wykorzystaniem nowego instrumentu optycznego Fraunhofer przeprowadził w latach 1813-1815 [12], a wyniki prac ogłosił w 1817 r. [11]. Na tym jednak jego zainteresowanie liniami widmowymi się nie zakończyło. W marcu 1819 r. zaczął prowadzić obserwacje zjawiska dyfrakcji światła [13]. Do tego celu wykorzystał wykonane przez siebie siatki dyfrakcyjne, zamontowane – podobnie jak w poprzednich doświadczeniach przyrządy – na zmodyfikowanym teodolicie Reichenbacha.

Wytwarzane przez Fraunhofera siatki były majstersztykiem ówczesnej techniki. Najpierw swoje obserwacje przeprowadzał z użyciem drutowych siatek transmisyjnych, z których najlepsze posiadały nawet do 25 cienkich drucików na 1 mm, nawiniętych równoległe między dwiema śrubami. Później zaczął stosować siatki odbiciowe wykonane ze szkła pokrytego cieniutką warstwą złota. Na tych siatkach nacinał ryłcem diamentowym niezwykle wąskie rysy. Najlepsze z nich miały 300 rys/mm. Było to możliwe dzięki skonstruowanej przez niego specjalnej maszynie do nacinania, której szczegółów budowy jednak nigdy publicznie nie ujawnił [14]. O poziomie precyzji instrumentarium Fraunhofera i jego kunszcie jako eksperymentatora niech świadczą choćby opublikowanie w 1821 r. wartości długości fal świetlnych dla siedmiu głównych ciemnych linii (B-H) widma słonecznego [15]. Ich dokładność była tak duża, że dopiero po ok. 40 latach mogli się do niej zbliżyć w swoich pracach inni badacze (J. Müller, E. Mascart, a zwłaszcza A.J. Ångström).

W tym samym 1819 r., kiedy Fraunhofer zaczął prowadzić badania z użyciem siatek dyfrakcyjnych, zbudował on również nowy rodzaj przyrządu astronomicznego, stanowiący połączenie tradycyjnego teleskopu z pryzmatem o stosunkowo małym kącie łamiącym (rys. 3). Dzięki niemu mógł obserwować jednocześnie

widma wielu obiektów astronomicznych (np. gwiazd). Przyrząd ten został później nazwany pryzmatem obiektywowym albo spektroskopem z pryzmatem obiektywowym. Przy pomocy tego instrumentu Fraunhofer wykonał obserwacje kilku jaśniejszych gwiazd oraz Księżyca, Marsa i Wenus [16]. Był to już trzeci, obok pryzmatycznego i siatkowego, typ spektroskopu zbudowanego przez optyka ze Straubing.



Rys. 3. Niedawno odnaleziony szkic układu optycznego dla tzw. pryzmatu obiektywowego, autorstwa bądź to samego Fraunhofera, bądź Johanna von Lamonta, drugiego dyrektora Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Monachijskiego w Bogenhausen (ilustracja pochodzi z [17]; oznaczenia literowe – J.R.); A – luneta astronomiczna, B – pryzmat flintowy, C – dodatkowa lunetka celownicza.

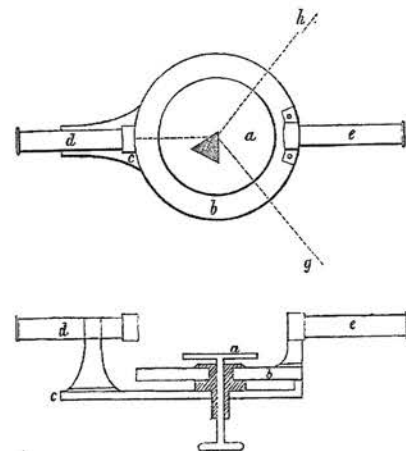
Aparaty spektroskopowe Fraunhofera przyczyniły się nie tylko do rozświetlenia jego macierzystego Instytutu Matematyczno-Mechanicznego, ale także w sposób pośredni do rozwoju astronomii [18]. Dzięki wykorzystaniu linii widmowych (i poznanym długościom ich fal) w procesie wyrobu i kontroli jakości szkła optycznego i soczewek, stało się możliwe konstruowanie instrumentów astronomicznych o niespotykanych dotąd możliwościach obserwacyjnych. W ciągu następnych kilkudziesięciu lat niektóre z nich przyczyniły się do znaczących odkryć, żeby tutaj wymienić 6-calowy heliometr, zamówiony przez Wilhelma Bessela z Królewca, dzięki któremu odkrył on w 1838 r. zjawisko paralaksy gwiazdowej, czy 9-calowy refraktor przeznaczony dla Obserwatorium Berlińskiego, za pomocą którego w 1846 r. Johann G. Galle dostrzegł planetę Neptun.

3. Annus mirabilis 1839

Wyniki obserwacji spektroskopowych uzyskane przez Fraunhofera nie od razu znalazły oddźwięk w naukowej Europie. Pierwsza jego praca z 1817 r. została przetłumaczona na języki francuski i angielski dopiero w 1823 r. Obserwacje widm liniowych dopiero torowały sobie drogę między ówczesnymi modnymi tematami z dziedziny optyki, takimi jak polaryzacja, zjawisko dwójłomności kryształów, czy dyskusja nad naturą światła ([8], [19]). Do pierwszych badaczy, prowadzących doświadczenia z widmami w latach 20-tych i 30-tych XIX w. należy zaliczyć przede wszystkim Brytyjczyków: Davida Brewstera, Johna F.W. Herschela, Williama H.F. Talbota i Charlesa Wheatstone'a. Dla nas interesujące jest to, że w swoich badaniach wykorzystywali oni stosunkowo proste przyrządy obserwacyjne złożone ze szczeliny, pryzmatu i lu-

netki obserwacyjnej (Brewster, Wheatstone), a czasami obchodzili się nawet bez tej ostatniej, za to z ekranem (Herschel, Talbot), na który było rzutowane rozszczepione światło wraz z liniami widmowymi. Do wyjątków należało wykorzystanie koła z podziałką kątową do pomiaru kątów promieni padających na i wychodzących z pryzmatu (zmodyfikowany teodolit wykorzystywał np. Baden Powell), jak to było w przypadku badań Fraunhofera [20].

Przełom w pierwotnym instrumentarium spektroskopowym nastąpił w 1839 r. Wśród wytwórców instrumentów optycznych wciąż aktualnym tematem było wówczas uzyskanie wysokiej jakości szkła. W szczególności brytyjscy konstruktorzy wciąż odczuwali przewagę konkurencji wytwórców niemieckich (w tym wiodącej monachijskiej firmy prowadzonej przez kontynuatorów dzieła Fraunhofera). Jeden z nich William Simms, współwłaściciel znanej londyńskiej manufaktury instrumentów naukowych Troughton & Simms, w czerwcu 1839 przedstawił na forum Royal Astronomical Society sprawozdanie z własnych badań próbek szkła optycznego, pochodzących od różnych wytwórców. Ponieważ w swoich pracach posługiwał się techniką wyznaczania współczynników refrakcji i dyspersji zbliżoną do metody Fraunhofera, wykorzystywał także do tego celu słoneczne linie absorpcyjne. W swoim wystąpieniu i późniejszym artykule [21] zaprezentował przy tej okazji również nowy typ aparatu do obserwacji widma (rys. 4). Oprócz lunetki obserwacyjnej wycelowanej na ściankę pryzmatu został on zaopatrzony w dodatkową lunetkę, zwaną kolimatorem (Simms jako pierwszy wprowadził tę nazwę do instrumentarium spektroskopowego), zbierającą promienie światła z jego źródła i rzucającą je w postaci wiązki równoległej na drugą ściankę.

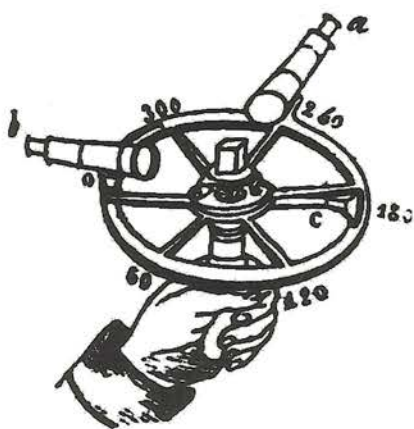


Rys. 4. Schemat przyrządu Simmsa w rzucie pionowym (wyżej) i przekroju zamieszczony w jego artykule z 1840 r.; a – stolik mosiężny na badany pryzmat, b – koło poziome z podziałką kątową i lunetką obserwacyjną, c – podstawa z przymocowanym kolimatorem, d – kolimator, g i h – położenia lunetki w trakcie pomiarów.

Jak widać, wprowadzenie kolimatora do przyrządu służącego do obserwacji widma uczyniło zeń typ spektroskopu w swojej podstawowej strukturze identyczny z aparatem wykorzystanym do badań przez Kirchhoffa i Bunsena. Ich prace i wynalazek Simmsa dzieli aż 20 lat, co stanowi wystarczający powód, by odrzucić anachroniczne wyobrażenie o pierwszeństwie obu niemieckich uczonych w zbudowaniu pierwszego spektroskopu.

Ale londyński wytwórca instrumentów naukowych nie był jedynym, który wprowadził istotne ulepszenie aparatu spektro-

skopowego. W maju tego samego 1839 r. François J. D. Arago na zebraniu francuskiej Académie des Sciences w imieniu Jacquesa Babinet, zaprezentował skonstruowany (przypuszczalnie zupełnie niezależnie od prac Simmsa) przez tego ostatniego nowy typ goniometru odbiciowego [22]. Przyrząd składał się z dwóch lunetek – kolimacyjnej oraz obserwacyjnej i był przeznaczony nie tylko do krystalograficznych pomiarów kątów między ścianami kryształów, ale także do pomiarów współczynników refrakcji różnych substancji (rys. 5). Co prawda Arago w swoim wystąpieniu nic nie wspominał o możliwości przeprowadzania z użyciem tego instrumentu także obserwacji widm, ale nie długo trzeba było czekać, by goniometr Babinet znalazł również i takie praktyczne zastosowanie. W funkcji spektroskopu na początku lat 50-tych XIX w. wykorzystywał go m.in. Antoine-Philibert Masson (obserwacje widm iskier elektrycznych), a później także Julius Plücker i Volkert S.M. van der Willigen.



Rys. 5. Jedna z pierwszych ilustracji goniometru Babinet, zamieszczona w 1841 r. w pracy François S. Beudanta [23]; a – nieruchomy kolimator, b – ruchoma lunetka obserwacyjna, c – koło z podziałką kątową; na podstawie mógł być umieszczony badany kryształ lub pryzmat szklany.

Rok 1839 można uznać za czas „cudów” w konstruowaniu różnych typów aparatury spektroskopowej. W tym samym wydaniu ówczesnego prestiżowego periodyku Comptes Rendus, w którym ukazał się komunikat o wynalezieniu goniometru Babinet, swój niespełna półstronicowy komunikat zamieścił także francuski uczoney Félix Dujardin [24]. Być może dlatego, że był on bardziej znany jako zoolog, jego tekst dotyczący budowy nowatorskiego przyrządu optycznego umknął zupełnie uwagi późniejszych historyków nauki. Tymczasem w dość oszczędnych słowach Dujardin zaprezentował w nim ideę nowego typu aparatury spektroskopowej, który na początku lat 60-tych XIX w. został nazwany spektroskopem à vision directe, czyli prostego widzenia. Co więcej, do dnia dzisiejszego za jego wynalazcę uznaje się powszechnie,



Rys. 6. Tak w przybliżeniu mógł wyglądać spektroskop prostego widzenia Dujardina; poza soczewką kolimacyjną umieszczoną w środku tubusu zachowane są wszystkie elementy projektu aparatu z 1839 r.: S – szczelina, QPQ – układ pryzmatów, E – okular (ilustracja zaczerpnięta z pracy Charlesa A. Younga [26]).

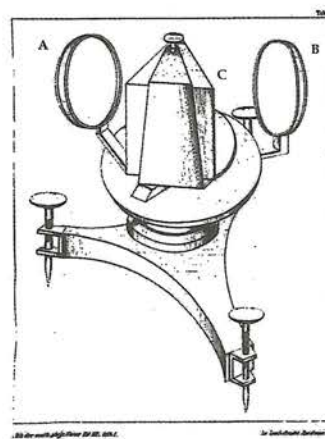
choć niesłusznie, włoskiego optyka i astronoma Giovanniego B. Amici, który miał wpaść na jego pomysł ok. 1860 r. [25].

Charakterystyczną cechą nowego typu spektroskopu było to, że jego optyka składała się nie z jednego, lecz co najmniej trzech pryzmatów, na przemian flintowych i kronowych, o tak dobranych właściwościach, by padający promień, choć ulegający rozszczepieniu, doznawał jedynie minimalnego odchylenia po wyjściu z instrumentu (rys. 6). W ten sposób spektroskop przyjął postać nieco przypominającą zwykłą lunetę. Warto dodać, że już w latach 60-tych XIX w. spektroskop prostego widzenia stał się niezwykle popularny nawet w takich dziedzinach, jak meteorologia czy metalurgia [27].

4. Konstrukcje spektroskopu przed rokiem 1860

Tę krótką wędrówkę przez galerię pierwszych typów aparatury spektroskopowej zakończymy przybliżeniem trzech wariantów spektroskopu typu dwuramiennego, tzn. ze szczeliną, kolimatorem, pryzmatem i lunetką obserwacyjną, które pojawiły się w połowie lat 50-tych XIX w. Warto zwrócić uwagę na to, że również one zostały zbudowane przed wspólnymi pracami Kirchhoffa i Bunsena, co świadczy o wzrastającym zainteresowaniu badaniami widmowymi i jednoczesnym zapotrzebowaniu na coraz bardziej wyrafinowaną aparaturę.

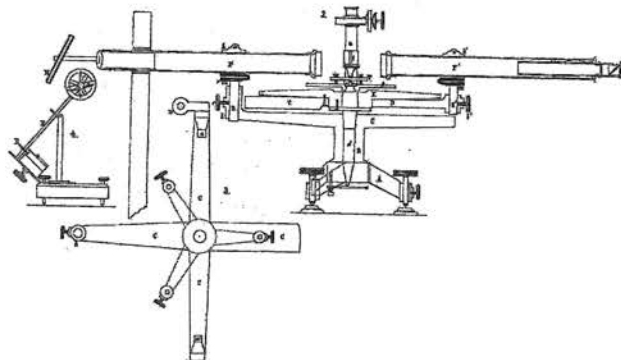
Wspominaliśmy już wcześniej o udziale fizyka włoskiego F. Zantedeschiego w kontrowersji dotyczącej pierwszeństwa w wynalezieniu spektroskopu typu dwuramiennego. Zgodnie z jego własną relacją, korzystając z pomocy włoskiego optyka Ignazia Porro, Zantedeschi skonstruował w pierwszej połowie lat 50-tych oryginalny aparat do obserwacji widma (rys. 7). Nie jest w tej chwili istotne, jakimi szczególnymi walorami odznaczał się ten instrument. Z historycznego punktu widzenia interesujące może się wydać natomiast to, że w 1856 r. włoski uczoney jako pierwszy posłużył się nazwą „spektrometr” (spettrometro) [28].



Rys. 7. Ilustracja spektrometru Zantedeschiego po raz pierwszy zamieszczona w jego artykule z 1856 r. [28], [29] (oznaczenia literowe – J.R.); A i B – soczewki wypukło-wypukłe, B – pryzmat.

Bardziej znanym wariantem aparatury dwuramiennego był niewątpliwie spektrometr skonstruowany w 1856 r. przez wytwórcę przyrządów naukowych z Getyngi Moritza Meyersteina (rys. 8) [30]. Za pomocą zamontowanych na nim dwóch mikroskopów mikrometrycznych można było odczytywać kąty z dokładnością nawet 1” (dla spektroskopu siatkowego Fraunhofera dokładność

wynosiła 4" [15]), co świadczy o dużej precyzji urządzenia. W jego projektowaniu getyngenskiemu konstruktorowi przypuszczalnie pomagał młody Ernst Abbe. Warto wspomnieć, że sam spektrometr Meyersteina przechodził w ciągu kilkunastu lat od jego zbudowania interesującą ewolucję. Za pomocą jego wersji z 1861 r. oprócz obserwacji widma można było wykonywać także pomiary goniometryczne, a w wersji z 1870 r. mógł on jeszcze dodatkowo służyć jako polarymetr [31].



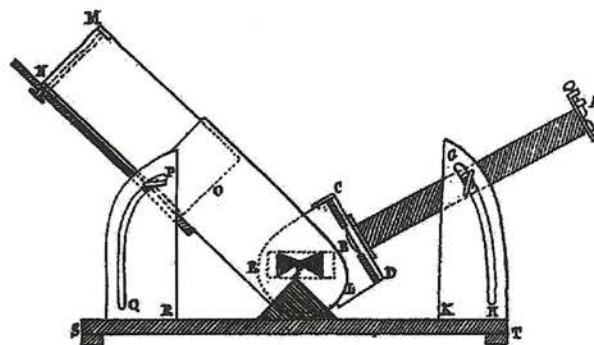
Rys. 8. Schemat budowy spektrometru Meyersteina z 1856 r.; 2 – widok całości urządzenia, 3 – rzut pionowy trójnogu z krzyżakiem (C) i mikroskopami mikrometrycznymi (aa), 4 – heliostat.

Wspomniany już rok 1839 był „cudowny” także jeszcze z innego powodu. W sierpniu tego roku Arago w imieniu Louisa J.M. Daguerre’a przedstawił na forum paryskiej Akademii Nauk i Akademii Sztuk Pięknych wynalazek fotografii, a J. Herschel jako pierwszy nazwał proces negatywowo-pozytywowy Talbota „fotografią”. Dwie kwestie historyczne warte są w tym przypadku zauważenia. Pierwsza jest ta, że komunikat Arago został zamieszczony w tym samym wydaniu Comptes Rendus [32], w którym ukazała się zarówno jego prezentacja goniometru Babinet’a, jak i komunikat Dujardina o spektroskopie prostego widzenia. Druga dotyczy wyraźnego zainteresowania procesem fotograficznym (który, jak ktoś stwierdził, zrodził się z mariażu optyki i chemii) ze strony uczonych, żywo interesujących się także badaniami spektroskopowymi.

Nic dziwnego, że już wkrótce doszło także do bliższego spotkania badań widmowych z młodymi technikami fotograficznymi. Próby takie, choć początkowo nieudane, podjął już w 1840 r. J. Herschel. W latach 1842-1843 Francuzowi Edmondowi Becquerelowi i Amerykaninowi Johnowi Draperowi udało się uzyskać pierwsze fotografie dagerotypowe ciemnych linii widma słonecznego. Budowa ich aparatury nie była jeszcze zbyt skomplikowana i sprowadzała się do schematu (nawet bez kolimatora), w którym lunetkę obserwacyjną zastępowała jedna lub więcej soczewek rzucających rozszczerzoną wiązkę światła na płytę pokrytą substancjami światłoczułymi [33].

Można sądzić, że pierwszy aparat służący do fotografowania widma i realizujący schemat spektroskopu dwuramiennego, który można nazwać „spektrografem” (choć nazwa ta pojawia się dopiero w latach 70-tych XIX w.), został zbudowany jeszcze przed 1856 r. przez angielskiego fizyka i chemika Williama Crookesa ([34], [2]). On sam nazwał go „kamerą widmową” (spectrum camera). Ponieważ zastosował on soczewkę i dwa pryzmaty kwarcowe, aparatem tym można było utrzymywać również obrazy widma z zakresu nadfioletu. Jak się przypuszcza [35], za pomocą instrumentu zbliżonego

w swojej budowie do pierwotnego projektu (rys. 9) Crookesa, uczony ten odkrył w 1861 r. nowy pierwiastek chemiczny – tal.



Rys. 9. Schemat ilustrujący (w przekroju) budowę aparatu Crookesa z jego artykułu z 1856 r.; AB – rura mosiężna kolimatora (A – szczelina regulowana, B – soczewka), F – para pryzmatów kwarcowych, LMN – dwuczęściowa, o zmiennej ogniskowej camera obscura z płytą fotograficzną MN, GHK i QPR – regulacja wysokości elementów ruchomych, CDE – owalna podstawa drewniana (dla kolimatora), ST – podstawa drewniana instrumentu.

5. Podsumowanie

W związku z przedstawioną w dość znacznym skrócie sekwencją zdarzeń z dziejów wczesnej aparatury spektroskopowej, z pominięciem pewnych pomniejszych, choć na pewno również interesujących epizodów, nasuwa się kilka wniosków. Po pierwsze, wbrew quasi-mitycznemu wyobrażeniu dzieje te bynajmniej nie zaczynają się od pierwszych wspólnych prac Kirchhoffa i Bunsena w 1859-1860 r., lecz sięgają niemal pół wieku w głąb przeszłości. Po drugie, szczególnie owocne w nowatorskie konstrukcje aparatów spektroskopowych były lata 1815-1839, w czasie których powstały najważniejsze ich wczesne typy: 1. jednoramienny spektroskop pryzmatyczny, 2. jednoramienny spektroskop siatkowy, 3. spektroskop z pryzmatem obiektywowym – wszystkie projektu Fraunhofera; 4. spektroskop dwuramienny Simmsa-Babinet’a, 5. spektroskop typu à vision directe Dujardina. Po trzecie, w latach 1839-1859 nastąpiło różnicowanie konstrukcyjne i wzrost precyzji aparatów spektroskopowych dwuramiennych; pojawiają się także pierwsze spektrografy. I po czwarte, próba odświeżenia wczesnych dziejów spektroskopów ukazuje ich interesujące związki konstrukcyjne z wcześniejszymi rodzajami przyrządów pomiarowych, takimi jak teodolity i goniometry, co niewątpliwie zasługuje na dalsze pogłębione badania historyczne.

Literatura

- [1] S. Hong, Theories and Experiments on Radiation from Thomas Young to X Rays, w: The Cambridge History of Science, t. 5, red. M. Jo Nye (Cambridge Univ. Press, Cambridge 2002) s. 282.
- [2] H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie, t. I (Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1900).
- [3] J. Bennett, The celebrated phaenomena of colours: a history of the spectroscopy in the nineteenth century (Whipple Museum, Cambridge 1984).
- [4] J. Rodzeń, „Nieznana geneza spektroskopu”, Zagadnienia Filozoficzne w Nauce, 46 (2010).

- [5] D.T. Burns, „Towards a Definitive History of Optical Spectroscopy. Part I. Simple prismatic spectra: Newton and his predecessors”, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 2, 343-347 (1987).
- [6] J. Hennig, *Der Spektralapparat Kirchhoffs und Bunsens* (Deutsches Museum, Berlin 2003).
- [7] G. Kirchhoff, R. Bunsen, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen”, *Annalen der Physik und Chemie* 110, 161-189 (1860).
- [8] F.A.J.L. James, „The Creation of a Victorian Myth: The Historiography of Spectroscopy”, *History of Science* 23, 1-24 (1985).
- [9] W. Swan, „Note on Professors Kirchhoff and Bunsen's Paper 'On Chemical Analysis by Spectrum-observations'”, *The Philosophical Magazine* 20, 173-175 (1860).
- [10] F. Zantedeschi, „Osservazioni critico-storiche intorno allo spettro luminoso, considerato come fotodiscopio od analizzatore il più squisito che abbia la scienza”, *Atti Istituto Veneto* 6, 529-543 (1860/1861).
- [11] J. Fraunhofer, „Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glassarten, in Bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernröhre”, *Denkschriften der Königlichen Akadademie der Wissenschaften zu München* 5, 193-226 (1817).
- [12] M.W. Jackson, *Spectrum of Belief. Joseph Fraunhofer and the Craft of Precision Optics* (The MIT Press, Cambridge Mass. 2000).
- [13] R. Häfner, R. Riekher, *Die Pioniere der Sternspektroskopie: Die stellarspektroskopischen Untersuchungen von Fraunhofer (1816-1820) und Lamont (1836), w: Beiträge zur Astronomiegeschichte, T. 6, red. W.R. Dick et al. (Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a. Main 2003) s. 137-165.*
- [14] E.G. Loewen, E. Popov, *Diffraction gratings and applications* (M. Dekker, Inc., New York 1997).
- [15] J. Fraunhofer, „Neue Modifaation des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben”, *Denkschriften der Königlichen Akadademie der Wissenschaften zu München* 8, 1-76 (1821).
- [16] J. Fraunhofer, „Kurzer Bericht von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes, und die Theorie derselben”, *Annalen der Physik* 74, 337-378 (1823).
- [17] R. Häfner, *Die Universitäts-Sternwarte München im Wandel ihrer Geschichte* (Wolf & Sohn, München 2003).
- [18] A. Chapman, *The astronomical revolution, w: Möbius and his band, red. J. Fauvel et al. (Oxford University Press, Oxford 1993) s. 63-77.*
- [19] J.F.W. Herschel, *Wstęp do badań przyrodniczych, tłum. T. Pawłowski* (PWN, Warszawa 1955).
- [20] X. Chen, *Instrumental Traditions and Theories of Light. The Uses of Instruments in the Optical Revolution* (Kluwer, Dordrecht 2000).
- [21] W. Simms, „On the Optical Glass prepared by the late Dr. Ritchie”, *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 11, 165-170 (1840).
- [22] F.J.D. Arago, [komunikat w imieniu J. Babineta], *Comptes Rendus* 8, 710 (1839).
- [23] François S. Beudant, *Cours élémentaire d'histoire naturelle. Mineralogie – Geologie* (Paris 1841).
- [24] F. Dujardin, „Appareil destiné à observer les raies noires du spectre solaire”, *Comptes Rendus* 8, 253-254 (1839).
- [25] J. Rodzeń, „Fèlix Dujardina idea aparatu spektroskopowego”, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 54, 119-132 (2009).
- [26] Ch.A. Young, *Text Book of General Astronomy: For Colleges and Scientific Schools* (Ginn and Co., Boston-London 1888).
- [27] K. Hentschel, *Mapping the Spectrum. Techniques of Visual Representation in Research and Teaching*, (Oxford University Press, Oxford 2002).
- [28] F. Zantedeschi, *Descrizione di uno Spettrometro e degli esperimenti eseguiti con esso, risguardanti i cambiamenti che si osservano nello spettro solare* (Sicca A., Padova 1856).
- [29] F. Zantedeschi, „De mutationibus quae contingunt in spectro solari fixo”, *Abhandlungen der mathemat.-physikalischen Classe der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften* 8, 97-107 (1857).
- [30] M. Meyerstein, „Ueber ein Instrument zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreungsvermögens verschiedener Medien”, *Annalen der Physik* 98, 91-98 (1856).
- [31] K. Hentschel, *Gaußens unsichtbare Hand: Der Universitäts-Mechanicus und Maschinen-Inspector Moritz Meyerstein. Ein Instrumentenbauer im 19. Jahrhundert* (Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2005).
- [32] F.J.D. Arago, „Procédé de M. Daguerre”, *Comptes Rendus* 8, 170-174 (1839).
- [33] J. Hearnshaw, *Astronomical Spectrographs and their History* (Cambridge University Press, Cambridge 2009).
- [34] W. Crookes, „Photographic researches on the spectrum – The spectrum camera and some of its applications”, *Journal of the Photographic Society* 2, 292-295 (1856).
- [35] F.A.J.L. James, „Of 'Medals and Muddles' the Context of the Discovery of Thallium: William Crookes's Early Spectro-Chemical Work”, *Notes & Records of The Royal Society of London* 39, 65-90 (1984).

Inwazja mózgow Boltzmannowskich

Tadeusz Wibig

Katedra Modelowania Procesów Nauczania, Uniwersytet Łódzki; Instytut Problemów Jądrowych im. A. Soltana, 90-950 Łódź 1, ul. Uniwersytecka 5

Streszczenie: Ostatnie odkrycia astrofizyczne wykazujące niezbicie, że żyjemy we Wszechświecie zdominowanym przez stałą kosmologiczną, doprowadziły także do odkrycia w kosmologii kwantowej nowego paradoksu, znanego jako „inwazja mózgow boltzmannowskich”. Jest on dyskutowany szeroko, szczególnie po wyprowadzeniu zeń wniosku o nieuchronnym i rychłym (za c.a. 10 miliardów lat) końcu świata. Pora więc może zastanowić się chwilę nad naszą przyszłością.

Invasion of Boltzmannian Brains

Abstract: Recent astrophysical discoveries which undoubtedly show that we live in the universe dominated by the cosmological constant lead also to the paradox known as „Invasion of Boltzmannian Brains”. It is widely discussed specially since it has been suggested that one of its inevitable conclusions could be not very far (~ 10 billion years) but absolutely definite end of the world: a good reason to stop for a while and think about our future.

1. Wstęp

Odkrycie w połowie lat sześćdziesiątych mikrofalowego promieniowania tła doprowadziło ostatecznie do poniesienia prób ratowania koncepcji stacjonarnego Wszechświata. Od roku 1965 wiemy już, że rozszerza się on na sposób zaproponowany przez Hubble'a. Fakt ten, w prosty sposób ekstrapolowany wstecz w czasie, nieuchronnie prowadzi do osobliwości, od której wszystko się zaczęło. Kiedyś, kilkanaście miliardów lat temu wszystko, co teraz nas otacza, mieściło się w nieskończonej małej objętości osiągając nieskończoną gęstość energii/materii. Wcześniej nie było już niczego. Stawianie pytań w rodzaju: co było zanim wszystko się zaczęło, uznawano do niedawna za metafizyczne i jako „metafizyczne” odsuwano poza ramy nauk ścisłych a fizyki w szczególności. Stan, w którym mamy do czynienia z gęstościami energii niewyobrażalnymi nawet w kosmicznej, dzisiejszej skali (co do tego wszyscy byli mniej więcej zgodni) wymykać się musi opisowi za pomocą teorii grawitacji w ujęciu niekwantowym, czyli ortodoksyjnej, einsteinowskiej, ogólnej teorii względności. Panuje powszechne przekonanie o tym, że wszelkie oddziaływania w przyrodzie stają się nierozróżnialne, jeśli przekroczy się już określony punkt na skali energii (10^{25} GeV, jak się dzisiaj przypuszcza). Bierze się ono z dokonanej już z sukcesem unifikacji oddziaływań elektromagnetycznych i słabych, a także z obserwowanego zachowania stałych sprzężenia i, ogólnie rzecz biorąc, z głębokiej wiary w symetrię naszego świata. Przekonanie to prowadzi do uznania, że prawdziwa teoria grawitacji w istocie swej powinna być także teorią kwantową (jak pozostałe teorie, z którymi chcemy ją, przy energiach przekraczających 10^{25} GeV, zunifikować). Można zatem próbować przyłożyć do wczesnego, a i późniejszego, w konsekwencji, Wszechświata znane i ogólne prawa i metody fizyki kwantowej i potraktować go jako twór kwantowy w ogólności opisany jakąś funkcją falową. A jeśli tak już zrobimy, nic nie stoi na przeszkodzie, aby potraktować Wszechświat jako obiekt, na którym

wykonać można swoiste „pomiar”. Można z nim „poeksperymentować”. I choć oczywiście trudno jest stworzyć sobie w laboratorium dla celów badawczych „wiązkę wszechświatów”, to możemy zawsze dokonywać na „wszechświatach” dowolnie wyrafinowanych eksperymentów myślowych. Podobnie jak czynił to Einstein, gdy badał zakrzywienie promieni świetlnych w spadającej windzie. Czasami podejście takie prowadzić może, jak to się stało w przypadku Einsteina, do ciekawych rezultatów. Wynikiem potraktowania Wszechświata jako realizacji i następnie ewolucji pewnego stanu kwantowego jest kosmologia kwantowa, dziedzina fizyki rozwijająca się nieco na uboczu głównego nurtu badań teoretycznych, mimo to jednak przynosząca w ostatnich latach zaskakujące i ciekawe rezultaty. Prace Hawkinga, Lindego, Burnsa, Page'a i innych w intrygujący sposób rozszerzają nasze myślowe horyzonty poza pozornie ostateczne granicę początku i końca naszego świata. Jednym z dziwniejszych pojęć jakie pojawiły się w rozważaniach kosmologii kwantowej są wskrzeszone z niebytu po ponad stu latach „mózgi Boltzmannia” (BB z angielskiego *Boltzmann Brain*). W krajobrazie Multiversum, opisanego teorią strun, pojawiają się one z niczego i istnieniem swoim sprawiają kwantowym kosmologom poważne problemy, które rozwiązać musimy, jeśli chcemy pozostać tym, czym wydaje się nam, że jesteśmy.

Opisaniu problemu BB i jednej z jego konsekwencji podniesionej ostatnio przez Page'a oraz oryginalnej próbie pokonania tej trudności poświęcony jest ten artykuł.

2. Wszechświat z początku XXI wieku, jaki jest

W ostatnich latach obserwujemy niebywały postęp w zrozumieniu budowy, struktury i historii Wszechświata. Co ciekawe, dotyczy to strony eksperymentalnej nauki, którą coraz trudniej nazywać już astronomią. Zaawansowane technologie pozwalają zajrzeć coraz dalej i dokładniej w głąb Wszechświata. Obserwacje

fluktuacji mikrofalowego promieniowania tła (fotonów pozostałych po Wielkim Wybuchu) przez satelitę WMAP i systematyczne studia rozkładów odległych galaktyk przez kosmiczny teleskop Hubble’a (a także przez grupy współpracujące SDDS, czy BOOMERANG) [1]) doprowadziły do znanego, acz nie do końca pojmowalnego rozumem przeciętnego mieszkańca naszej planety, obrazu sceny, na jakiej rozgrywa się największy (i jedyny) dany nam spektakl wszytkiego. Scena ta, przestrzeń Wszechświata, jest najpewniej euklidesowo-płaska. Nic nie wskazuje na to, żeby było inaczej. Materia, którą widzimy, z której jesteśmy zbudowani my sami, nasz chleb powszedni i ziemia po której stąpamy, słowem materia złożona z atomów (materia barionowa) stanowi zaledwie około pięcioprocentowy ułamek wszytkiego, co jest. Obok nas istnieje także inny świat. Zbudowany on jest z nieznanym nam i niewidocznym składników materialnych. Wiedza o ich istnieniu dana jest nam jedynie pośrednio, poprzez to, że tak jak jabłko Newtona, przyciągają i są przyciągane grawitacyjnie przez codzienną naszą (barionową) materię. Nazwa „ciemna materia” jest tu całkowicie na miejscu. Ale i ona stanowi nie więcej niż 20% wszytkiego, o czym wiemy. Od kilku lat nie mamy już praktycznie wątpliwości, że rozszerzający się Wszechświat Hubble’a rozszerza się coraz szybciej. Galaktyki, gromady galaktyk, zamiast skutkiem wszechobecnej grawitacji, zwalniać tempo oddalania się od siebie, tempo to zwiększają. Poszukiwanie przyczyn takiego stanu rzeczy nie zostało jeszcze zakończone definitywnie, jednak niemal wszystkim dziś wydaje się, że winowajczynią jest tutaj stała kosmologiczna Λ . Literą tą oznaczył swego czasu sam Albert Einstein dodatkowy człon, który wprowadził do podstawowego równania ogólnej teorii względności, opisującego związki pomiędzy krzywizną przestrzeni a wypełniającą ją materią, po to aby uratować stabilność, niezmienną naszego świata. Początkowo wydawała się ona ułudą, w związku z czym słynne jest powiedzenie Einsteina, który później określił Λ jako największy błąd swego życia. Mimo to jednak Λ przetrwała i nagle okazała się rozwiązaniem problemu przyspieszającej ekspansji wszytkiego. Ponieważ fakt niepojętego rozrostu naszego Wszechświata okazuje się jedynym tak naprawdę powodem grożącej nam inwazji Mózgów Boltzmannowskich (o której poniżej), przedstawmy matematyczne podstawy tej koncepcji, gdyż są one dostatecznie elementarne, by zmieścić się w kilku zaledwie liniijkach tekstu.

Równanie

$$ds^2 = dt^2 - a(t)^2 \cdot dx^2 \quad (1)$$

definiuje czynnik skali „rozpychającego się” Wszechświata - funkcję $a(t)$, ds w równaniu tym jest miarą czasoprzestrzennej odległości dwóch bardzo bliskich zdarzeń, dt oznacza ich odstęp czasowy, zaś dx^2 jest kwadratem odległości przestrzennej. Gdyby a było stałe (i dla prostoty równe 1) mielibyśmy do czynienia z normalną, stabilną, niezmienną rzeczywistością, o jakiej marzył Einstein, a którą opisał Minkowski. Przy dalszych upraszczających założeniach co do symetrii naszej rzeczywistości (wszystko w niej, materia cała, ma być rozłożona jednorodnie i izotropowo) z równań ogólnej teorii względności można wyprowadzić związek opisujący tempo ekspansji w zależności od szczegółowych wartości parametrów opisujących naszą rzeczywistość

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right) = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{k_{geom}}{a^2} + \frac{\Lambda}{3} \quad (2)$$

gdzie \dot{a} oznacza pochodną a po czasie, parametrami tymi są: k_{geom} - parametr krzywizny geometrii Wszechświata równy zeru w płaskim, a więc naszym, obserwowanym świecie, ogólnie może być równy ± 1 dla geometrii zamkniętej lub otwartej, w obecnych rozważaniach wartość k_{geom} i tak nie będzie miała znaczenia, G to newtonowska, znana ze szkoły, stała grawitacji, ρ zaś opisuje gęstość materii/energii we Wszechświecie. Λ jest wspomnianą już stałą kosmologiczną. W pustej (małe ρ) i rozległej (duże a) przestrzeni, czynniki takie jak $8\pi G\rho$, czy k_{geom}/a^2 mogą być pominięte i rezultat staje się bardziej przejrzysty:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right) = \frac{8\pi G(\rho_b + \rho_{DM} + \rho_\Lambda)}{3} - \frac{k_{geom}}{a^2} \approx \frac{\Lambda}{3} \quad (3)$$

gdzie jawnie wydzielona została widzialna materia barionowa ρ_b , (wszystkie atomy Wszechświata) i materia ciemna ρ_{DM} . Wielkość ρ_Λ zdefiniowana sztucznie niejako przez analogię do powyższych to „gęstość energii/materii” związaną z niezerową wartością stałej kosmologicznej Λ , czyli z energią rozpychającą coraz bardziej wszechświat, tj. energią próżni. Powyższe równanie różniczkowe jest zupełnie elementarne i jego rozwiązaniem jest funkcja

$$a(t) \sim e^{\sqrt{\Lambda/3}t} \quad (4)$$

Jak widać, jeśli tylko Λ jest dodatnie, to Wszechświat, chcąc nie chcąc, musi rozszerzać się i to coraz szybciej - bardzo szybko, bardzo, bardzo szybko, do czego jeszcze wrócimy. Stała Λ nie musi być dodatnia. A priori mogłaby mieć dowolną, także ujemną wartość. Dla ujemnych Λ w pustym wszechświecie jedynym wyjściem jest wykładnicze i to dość szybkie zapadanie grawitacyjne. Ten fakt okaże się niezwykle istotny dla dalszych wywodów. Wartość stałej kosmologicznej Λ została zmierzona ostatnio właśnie we wspomnianych już eksperymentach. Wszystkie obserwacje zdają zgadzać się z założeniem, że żyjemy we Wszechświecie, w którym Λ równa jest mniej więcej 10^{-35} na sekundę do kwadratu¹. Jest to równoważne z istnieniem niezerowej energii próżni, „ciemnej energii” (w analogii do pojęcia „ciemnej materii”, choć jedno z drugim, poza tym, że nic o nich nie wiemy, nie mają ze sobą nic wspólnego). Jeśli wyrazić energię tę w postaci ułamka całej energii i energii/materii Wszechświata to ponad 70% wszytkiego, co nas otacza, jest właśnie ową tajemniczą ciemną energią. (Różne pomiary pokazują, że $\rho_\Lambda/\rho_0 = \Omega_\Lambda = 0.73 \pm 0.04$ (WMAP), 0.691 ± 0.040 (SDSS03), 0.719 ± 0.023 (SDSS04), 0.70 ± 0.03 (BOOMERANG) [1].)

3. Termodynamika, początek Wszechświata i asystent profesora Boltzmana

Związki termodynamiki i kosmologii są tak stare, jak termodynamika. Zbita szklanka, rozlane mleko, jednoznacznie, w zdroworoządkowy sposób definiują upływ czasu. Chęć ujęcia tego w sposób bardziej jednoznaczny doprowadziła do sformułowania drugiej zasady termodynamiki. Zgodnie z nią „wszystko, prędzej czy później zamieni się w g...” (cytat z „Trzęsienia czasu” Kurta Vonneguta). Nie jest to może najszcześniejsza jej postać, ale z pewnością łatwa do zapamiętania. Aby być mniej wyrazistym, ale za to bardziej

¹albo, jak kto woli 10^{-47} GeV⁴ lub 10^{-29} g/cm³, a w naturalnym układzie jednostek Plancka, w którym prędkość światła c , stała grawitacji G , stała Boltzmana k , przenikalność dielektryczna próżni ϵ_0 i zredukowana stała Plancka $\hbar/2\pi$ są równe jedności,

policzalnym, zdefiniujemy za Boltzmanem entropię zgodnie ze słynnym wzorem zapisanym na jego nagrobku

$$S = k \ln W, \quad (5)$$

gdzie S jest entropią, a W liczbą wszystkich mikroskopowych stanów (realizacji) w jakich może znajdować się rozważany układ (szklanka, mleko, Wszechświat). Stała proporcjonalności k nazywa się stałą Boltzmana. Druga zasada termodynamiki mówi po prostu, że w układzie pozostawionym samemu sobie entropia wzrasta, aż osiągnie wartość bliską maksymalnej możliwej i to jest właśnie stan równowagi. Lód wrzucony do wrzątku roztopi się i rozpuści, a wrzątek ostygnie osiągając tę samą, co woda z lodu temperaturę. Cząsteczki lodu będą mogły wypełnić całą objętość szklanki i mieć każdą dozwoloną prędkość podobnie, jak cząsteczki ostygniętego wrzątku. Rozlane mleko wypije kot i każdy z atomów mleka po dostatecznie długim czasie będzie mógł być w dowolnym miejscu na ziemi, a jeśli już nie w każdym, to na pewno w dużo większej ich liczbie, niż był kiedyś będąc mlekiem zamkniętym w butelce. I tak dalej i tak dalej. Takie, a nie inne zachowanie się dowolnego kawałka świata, niezależnie od tego jakie rządzą nim prawa i siły, jest wynikiem statystycznym. Istnieje w fizyce tak zwane twierdzenie ergodyczne o głęboko oczywistej proveniencji i bardzo poważnych konsekwencjach. Mówi ono, że jeśli jakiś układ może być w różnych stanach (jak atomy szkła składające się na szklankę, czy cząsteczki mleka mogą rozkładać się różnie – na podłodze, w naczyniu, różnie mikroskopowo drgać i się kręcić), to przyroda tak jest skonstruowana, że w każdym z tych stanów układ (szklanka, mleko) spędza średnio rzecz biorąc tyle samo czasu. Kropla atramentu wpuszczona do szklanki mleka, jak wiemy wszyscy, rozejdzie się w nim barwiąc je lekko na niebiesko. Każda z cząsteczek atramentu w takim układzie może zajmować dowolne miejsce w dostępnej jej przestrzeni (w szklance). Można sobie wyobrazić jednak sytuację, w której cały atrament nagle pojawi się w postaci dużej, pojedynczej kropli gdzieś na dnie szklanki. Jest to możliwe, jednakże stan taki bardzo ogranicza każdej cząsteczce atramentu liczbę potencjalnych stanów, w jakich znaleźć się może (liczba miejsc dostępnych każdej cząsteczce jest znacząco mniejsza). I jeśli nawet przyroda sprawi, że wszystkie znajdują się tam właśnie, to układ taki pojawiać się będzie niezwykle rzadko, ponieważ wszystkie cząstki atramentu musiałyby znaleźć się przypadkiem w tej samej chwili w małym kawałku przestrzeni. A cząstek atramentu w kropli jest bardzo, bardzo dużo. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest do oszacowania. Jest ono tak małe, że całkiem rozsądnym jest przyjęcie, że nie zdarzy się to nigdy (za życia kogokolwiek z nas, kogokolwiek w tym Wszechświecie). Takie mało prawdopodobne odchylenie od stanu równowagi nazywa się fluktuacją. Zgodnie z twierdzeniem ergodycznym i boltzmannowskim wzorem na entropię, prawdopodobieństwo P wystąpienia takiej fluktuacji jest proporcjonalne do ilości możliwości zrealizowania takiego sfluktuowanego układu i można je wyrazić przy użyciu pojęcia entropii jako

$$P = \frac{W_{\text{fluct}}}{W_0} = e^{(-\Delta S / k)} \quad (6)$$

gdzie W_{fluct} i W_0 są odpowiednio liczbami możliwych stanów w stanie sfluktuowanym i w stanie równowagi, z którego wycho-

dzimy, ΔS to różnica entropii związana z wystąpieniem fluktuacji. Im większa różnica entropii, tym mniej prawdopodobna jest fluktuacja, przy czym prawdopodobieństwo to zmniejsza się bardzo szybko ze wzrostem ΔS .

Z rozważań tych wynika też, że jeśli coś tylko może się zdarzyć to zdarzy się na pewno, jeśli tylko będziemy mieli dość cierpliwości i czasu by czekać odpowiednio długo. Zauważył to już sam Boltzman, a co więcej, wyciągnął z tego faktu bardzo ciekawe wnioski. W roku 1895 Boltzman ogłosił w czasopiśmie *Nature* krótki artykuł pod niezbyt ciekawie brzmiącym tytułem „O pewnych problemach teorii gazów” [2]. Najciekawszy fragment tego artykułu znajduje się w zakończeniu i podany jest mimochodem, jakby i przy okazji, niejako. Profesor Ludwig Boltzmann, kończąc swój artykuł, cytuje swego starego asystenta Schuetza, formułując dość nieortodoksyjną, heretycką w pewnym sensie hipotezę. Zauważa on bowiem, że cały dostępny nam Wszechświat – w czasach Boltzmana był on nieco inny (o sto lat młodszy) niż ten opisany wyżej – z punktu widzenia termodynamiki i entropii może być potraktowany tak samo, jak każdy inny zbiornik z atomami. Atomy w zasadzie powinny być rozłożone równomiernie w całym naczyniu, wtedy entropia jest maksymalna. A skoro nie są, to zapewne mają w sumie mniejszą entropię i stan taki może być uznany za fluktuację. Wiemy, że nasz Wszechświat zdarzyć się może (jest on nam dany na co dzień), a zatem, jeśli prawdziwe są elementarne rozważania przedstawione powyżej, Wszechświat nasz musiał powstać. Tym samym pytanie o jego początek, przyczynę sprawczą i temu podobne, raz na zawsze można odłożyć na półkę z historią. Termodynamika daje nam pierwszą zasadę stworzenia. Jesteśmy tu przez przypadek, szczęśliwym zbiegiem okoliczności. Jesteśmy jedną wielką fluktuacją i na to akurat nie musimy szukać żadnego usprawiedliwienia – usprawiedliwienie nie istnieje. Tyle termodynamika. Tyle dr Schuetz, tyle Profesor Boltzmann.

4. Multiversum

Koncepcja (asystenta) Boltzmana dostarcza (pozornie) argumentów nie tylko ateistom (jakikolwiek Stwórca przestaje być potrzebny, skoro świat stwarza się sam z niczego), ale także niektórym fizykom wierzącym, że można znaleźć odpowiedzi na niektóre pytania co do istoty Wszechświata. Rozwinięciem tej idei jest koncepcja Multiversum zaproponowana i rozpropagowana przez Lindego [3]. Zgodnie z nią, to co nazywamy dziś Wszechświatem², jest zaledwie fragmentem większej całości. I to w takim właśnie Multiversum zdarzają się, bo zdarzać się muszą, zgodnie z intuicją doktora Schuetza, większe lub mniejsze fluktuacje. Wszechświat-fluktuacja powstał jako stan o względnie małej entropii (końcowej). Ta entropia jest mała w porównaniu, oczywiście, z entropią Multiversum jako całości (początkowej). Los naszego Wszechświata, jak każdej fluktuacji jest przesądzony. Prędzej czy później powróci on do stanu równowagi termodynamicznej z „pustką” Multiversum. I ten proces przechodzenia nazywa się właśnie ewolucją (Wszechświata). W zasadzie to, jaki powstał Wszechświat, jest (w omawianej koncepcji) kwestią przypadku. Stałe fizyczne, jak np. stałe sprzężenia oddziaływań grawitacyjnych, silnych, słabych i elektromagnetycznych, jak prędkość światła, stała kosmologiczna, stała Plancka i wiele, wiele innych, mogłyby być a priori niemal zupełnie dowolne. Pytanie, dla-

²Język polski w tym miejscu odrobinę zawodzi. Termin Universum dla tego, co nazywamy Wszechświatem, byłby znacznie szczęśliwszy, jako że poza tym „Wszystkim”, co mamy do dyspozycji od zawsze, w teorii Lindego jest jeszcze znacznie, znacznie więcej innego „Wszystkiego” i to właśnie „Wszystko” tworzy dopiero właściwy „Wszech-świat” - Multiversum.

czego ich wartości są takie, a nie inne, jest jednym z problemów, na jakie usilnie poszukuje się dziś odpowiedzi. W kosmologii kwantowej może być ono rozstrzygnięte w oparciu o rachunek prawdopodobieństwa (twierdzenie ergodyczne) i zasadę antropiczną. Zasada ta głosi, że nie tyle powodem, co uzasadnieniem, takich właśnie wartości stałych jest nasze, na tym świecie, istnienie. Oto przykład. Przy nieco tylko innej sile wiązania nukleonów w jądrach atomowych, nie mógłby w ogóle zachodzić łańcuch reakcji opartych na węglu, a bez nich i my i wszystkie znane nam formy życia nie mogłyby po prostu istnieć. Ogólnie, wartości stałych fizycznych, nad którymi się zastanawiamy, muszą się dać zmierzyć przez kogoś, kto pojawi się jako późniejsze ogniwo ewolucji fluktuacji pierwotnej, która stała te określiła na początku. Możemy zatem przyjąć, że w takim punkcie właśnie tu i teraz jesteśmy.

Tak powstały i zaobserwowany wszechświat nazywać będziemy potencjalnie przyjaznym wszechświatem. Może okazać się, że we wszechświecie tym pojawiła się gdzieś grupa galaktyk podobna do Lokalnej Grupy Galaktyk, a w niej galaktyka taka sama jak Droga Mleczna, w niej Układ Słoneczny i Planeta nie różniąca się praktycznie niczym od naszej Ziemi, na niej gatunek *homo* określający siebie jako *sapiens*, a w końcu autor i Czytelnik tego artykułu. Taki wszechświat nazwiemy Praktycznie Identyfikacyjnym z Naszym Wszechświatem. Przy czym nie musi to być wcale nasz Wszechświat. Gdzieś w odległej galaktyce dwa atomy mogą być zamienione miejscami, motylek, który w epoce dinozaurów na Ziemi przeżył, tam mógł zostać nieostrożnie rozdeptany. Ważne, by nie było sposobu, aby wszechświaty takie praktycznie odróżnić. Większość jednak wszechświatów w Multiversum jest zdecydowanie nieprzyjazna jakimukolwiek życiu. Nie ma w nich na przykład atomów nawet, nie mówiąc o gwiazdach, planetach, a tym bardziej o motylkach. Wśród nich są takie, w których stała kosmologiczna jest ujemna i trwają one mgnienie oka zaledwie i zapadają się wykładniczo zgodnie ze wzorem (4), zanim cokolwiek zdąży w nich zaistnieć. Zasada antropiczna, by miała w ogóle jakikolwiek sens i znaczenie, musi pozostawać w zgodzie z rachunkiem prawdopodobieństwa. W Multiversum muszą istnieć nieodróżnialne od naszego wszechświaty. Prawdopodobieństwo pojawienia się odpowiedniej fluktuacji musi być różne od zera. Może być małe, możemy czekać dowolnie długo, ale możemy czekać tylko skończenie długo. Prawdopodobieństwo zaistnienia przyjaznego wszechświata nie może być nieporównywalnie mniejsze od powstania wszechświatów nam niemiłych. Na szczęście tak nie jest. Upewnia nas o tym właśnie zasada antropiczna. Prawdopodobieństwa zaistnienia fluktuacji ogólnie określa wzór (5). (O pewnych niuansach (istotnych) zauważonych niedawno całkiem bo w 2004 roku [4] powiemy krótko w rozdziale 6). Wystarczy znać wartość entropii Multiversum, wartość entropii stanu początkowego takiego, czy innego wszechświata i znać będziemy ich wzajemną w Multiversum proporcję.

5. Entropia i liczenie Wszechświata

Pewien problem pojawia się w związku z próbami ustalenia entropii stanu początkowego Wszechświata. Problem ten związany jest z samym określeniem tego, co uznamy za punkt początkowy. Najmłodszy Wszechświat, jaki możemy zobaczyć „oczami” ma mniej więcej 300 000 lat. W tym momencie temperatura rozszerzającego się i stygnącego Wszechświata stała się na tyle mała, że nie mogła już rozrywać więzów łączących swobodne dotąd protony i elektrony w atomy wodoru. Doszło do tak zwanej rekombinacji i wtedy właśnie Wszechświat stał się przezroczysty. Do dziś fotony z tamtych czasów są wszędzie wokół nas w ilości 400 w każdym sześciennym centymetrze, a temperatura ich spadła do 2.7 stopni powyżej bezwzględного zera. Tworzą one wspomniane mikrofalowe promieniowanie tła. Moment uwolnienia światła można uznać za początek „nowożytnej historii Wszechświata”. Jest to dodatkowo uzasadnione tym, że w tej chwili wszystko, co istniało, zachowywało się z grubsza jak gaz w dużym wprawdzie, ale ograniczonym zbiorniku. A ponieważ był on w stanie równowagi termodynamicznej (wiemy to, bo możemy Wszechświat tamten zobaczyć –WMAP [1]), dość łatwo możemy ocenić jego entropię na $S_e = 10^{80}$ we wspomnianych już jednostkach naturalnych. Szczegółowe badania początku Wszechświata, w tym zastanawianie się dlaczego jest on tak bardzo płaski i jednorodny, którą to płaskość i jednorodność poznaliśmy używając wyrafinowanych przyrządów pomiarowych dość dokładnie, doprowadziły do sformułowania hipotezy „inflacyjnej”. Wszystko wydaje się przemawiać za tym, że zanim Wszechświat zaczął w ogóle stygnąć, przez niezwykle mały ułamek chwili (10^{-35} sekundy) rozpełznął gigantycznie wypełniając się jednocześnie energią „z niczego”. W myśl tej teorii na samym początku był on pojedynczą cząstką energii/materii istniejącą w polu definiującym energię próżni, która to energia (co ważne i do czego wrócimy niebawem) była znacznie większa od energii próżni znanej nam dziś i zdefiniowanej przez stałą kosmologiczną. We wspomnianym ułamku sekundy próżnia przeszła do stanu z dzisiejszą wartością stałej kosmologicznej (wspomniane pole osiągnęło energię lokalnie minimalną), a przestrzeń rozszerzyła się (wykładniczo – znowu wzór (4)) i wypełniła Wszechświat zmaterializowaną energią byłej próżni. Przy takim początku Wszechświata entropia określona jest przez rozmiar Wszechświata –cząstki sprzed inflacji. Jest ona proporcjonalna do powierzchni takiego obiektu i w naszym przypadku można ją oszacować na $S_1 = 10^{10}$. Entropia prostych układów daje się oszacować, jak to pokazano na przykładach powyżej. Z układami bardziej złożonymi jest gorzej, ale okazuje się, że nie zawsze jest tak zupełnie źle. Można oszacować na przykład entropię dzisiejszego Wszechświata. Pozornie zadanie zupełnie beznadziejne, mamy w nim przecież tyle złożonych struktur, a o większości z nich najpewniej jeszcze w ogóle nic nie wiemy. Największy jednak wkład do entropii układu wnoszą te jego części składowe, które wykazują najmniejsze uporządkowanie. Można zatem spytać, gdzie we Wszechświecie panuje największy nieporządek. Odpowiedź zapewne zaskoczy tych, którzy w myślach zaczynają już lustrować swoje bliższe, czy dalsze otoczenie. Największy nieporządek jest we wnętrzach czarnych dziur. Są to obiekty skrajnie nieuporządkowane. Jakakolwiek informacja, która dostałaby się do ich wnętrza zostaje na mocy zasad działania grawitacji zniszczona definitywnie i ostatecznie. Entropia czarnej dziury jest także proporcjonalna do powierzchni jej horyzontu, a więc zależy tylko od jej masy (dla czarnych dziur nienaładowanych i nieobracających się). Wiemy, ile czarnych dziur i o jakich masach znajduje się w przeciętnych galaktykach, a przynajmniej sądzimy, że nie możemy się w tych szacunkach mylić o zbyt wiele rzędów wielkości. Wiemy, ile we Wszechświecie może być galaktyk i szacuje się, że entropia dzisiejszego Wszechświata to z grubsza $S_0 = 10^{100}$. Liczba ta, bardzo duża, ze względu na swoją „okrągłość” uzyskała swoją nazwę i znana jest powszechnie jako googol. Wszechświat ma entropię jednego googola. Zgodnie ze wzorem Boltzmanna (5) liczba mikrostanów, w jakich istnieć może wszechświat, to $\sim 10^{10^{100}}$ (dla wygody zamiast podstawy logarytmów naturalnych e zapisaliśmy tę liczbę

binacji i wtedy właśnie Wszechświat stał się przezroczysty. Do dziś fotony z tamtych czasów są wszędzie wokół nas w ilości 400 w każdym sześciennym centymetrze, a temperatura ich spadła do 2.7 stopni powyżej bezwzględного zera. Tworzą one wspomniane mikrofalowe promieniowanie tła. Moment uwolnienia światła można uznać za początek „nowożytnej historii Wszechświata”. Jest to dodatkowo uzasadnione tym, że w tej chwili wszystko, co istniało, zachowywało się z grubsza jak gaz w dużym wprawdzie, ale ograniczonym zbiorniku. A ponieważ był on w stanie równowagi termodynamicznej (wiemy to, bo możemy Wszechświat tamten zobaczyć –WMAP [1]), dość łatwo możemy ocenić jego entropię na $S_e = 10^{80}$ we wspomnianych już jednostkach naturalnych. Szczegółowe badania początku Wszechświata, w tym zastanawianie się dlaczego jest on tak bardzo płaski i jednorodny, którą to płaskość i jednorodność poznaliśmy używając wyrafinowanych przyrządów pomiarowych dość dokładnie, doprowadziły do sformułowania hipotezy „inflacyjnej”. Wszystko wydaje się przemawiać za tym, że zanim Wszechświat zaczął w ogóle stygnąć, przez niezwykle mały ułamek chwili (10^{-35} sekundy) rozpełznął gigantycznie wypełniając się jednocześnie energią „z niczego”. W myśl tej teorii na samym początku był on pojedynczą cząstką energii/materii istniejącą w polu definiującym energię próżni, która to energia (co ważne i do czego wrócimy niebawem) była znacznie większa od energii próżni znanej nam dziś i zdefiniowanej przez stałą kosmologiczną. We wspomnianym ułamku sekundy próżnia przeszła do stanu z dzisiejszą wartością stałej kosmologicznej (wspomniane pole osiągnęło energię lokalnie minimalną), a przestrzeń rozszerzyła się (wykładniczo – znowu wzór (4)) i wypełniła Wszechświat zmaterializowaną energią byłej próżni. Przy takim początku Wszechświata entropia określona jest przez rozmiar Wszechświata –cząstki sprzed inflacji. Jest ona proporcjonalna do powierzchni takiego obiektu i w naszym przypadku można ją oszacować na $S_1 = 10^{10}$. Entropia prostych układów daje się oszacować, jak to pokazano na przykładach powyżej. Z układami bardziej złożonymi jest gorzej, ale okazuje się, że nie zawsze jest tak zupełnie źle. Można oszacować na przykład entropię dzisiejszego Wszechświata. Pozornie zadanie zupełnie beznadziejne, mamy w nim przecież tyle złożonych struktur, a o większości z nich najpewniej jeszcze w ogóle nic nie wiemy. Największy jednak wkład do entropii układu wnoszą te jego części składowe, które wykazują najmniejsze uporządkowanie. Można zatem spytać, gdzie we Wszechświecie panuje największy nieporządek. Odpowiedź zapewne zaskoczy tych, którzy w myślach zaczynają już lustrować swoje bliższe, czy dalsze otoczenie. Największy nieporządek jest we wnętrzach czarnych dziur. Są to obiekty skrajnie nieuporządkowane. Jakakolwiek informacja, która dostałaby się do ich wnętrza zostaje na mocy zasad działania grawitacji zniszczona definitywnie i ostatecznie. Entropia czarnej dziury jest także proporcjonalna do powierzchni jej horyzontu, a więc zależy tylko od jej masy (dla czarnych dziur nienaładowanych i nieobracających się). Wiemy, ile czarnych dziur i o jakich masach znajduje się w przeciętnych galaktykach, a przynajmniej sądzimy, że nie możemy się w tych szacunkach mylić o zbyt wiele rzędów wielkości. Wiemy, ile we Wszechświecie może być galaktyk i szacuje się, że entropia dzisiejszego Wszechświata to z grubsza $S_0 = 10^{100}$. Liczba ta, bardzo duża, ze względu na swoją „okrągłość” uzyskała swoją nazwę i znana jest powszechnie jako googol. Wszechświat ma entropię jednego googola. Zgodnie ze wzorem Boltzmanna (5) liczba mikrostanów, w jakich istnieć może wszechświat, to $\sim 10^{10^{100}}$ (dla wygody zamiast podstawy logarytmów naturalnych e zapisaliśmy tę liczbę

jako potęgi swojej 10, różnica nie jest istotna z jakiegokolwiek punktu widzenia). Liczba ta jeszcze nieporównywalnie większa (i jeszcze bardziej okrągła) nazywa się googolplexem i jest to zapewne największa liczba, dla jakiej sensownie jest ze względu na jej „występowanie w przyrodzie” wprowadzać w ogóle jakąś nazwę. W dającej się jeszcze ogarnąć umysłem przyszłości, Wszechświat będzie dalej się rozszerzał i stygł. W stanie, w którym nie zostanie w nim już nic ciekawego, nic w ogóle (poza ciemną energią związaną ze stałą kosmologiczną o wartości, którą obserwujemy dziś) entropia jego dostępnej nam części osiągnie wartość $S_\Lambda = 10^{120}$. Można zatem powiedzieć, że wszechświatów praktycznie nieodróżnialnych makroskopowo od naszego, a przynajmniej kończących swój żywot podobnie, jest $10^{10^{120}}$. Wśród nich około $10^{10^{100}}$ wszechświatów nie da się odróżnić od naszego, z czego tylko $10^{10^{100}}$ powstało i przeszło u zarania przez bardzo krótką, ale jakże istotną epokę inflacji. W jednym z nich, jak się wydaje, my żyjemy. Ale, czy aby na pewno?

6. Mózg profesora Boltzmann

Jeśli już wiemy, jaką entropię ma nasz Wszechświat można zastanowić się nad obliczeniem prawdopodobieństwa jego powstania w mechanizmie doktora Schuetza. Mogłoby wydawać się, że ostygły Wszechświat (o entropii S_Λ) przechodzi ze swojego stanu równowagi na skutek fluktuacji w stan przedinflacyjny o entropii S_I z prawdopodobieństwem

$$P_1 = e^{-(S_\Lambda - S_I)}. \quad (7)$$

Możliwe jest też, że podobnie, mogła pojawić się też fluktuacja od razu do stanu Wszechświata, jakim widzimy go dziś – tzn. z jednogooglową entropią. Wtedy, odpowiednie prawdopodobieństwo będzie równe

$$P_0 = e^{-(S_\Lambda - S_0)}. \quad (8)$$

A teraz sprawdźmy, który z tych stanów jest bardziej prawdopodobny. Dzielać (7) przez (8) otrzymamy

$$\frac{P_1}{P_0} = e^{-(S_0 - S_I)} \ll 1, \quad (9)$$

co oznacza, że dużo łatwiej jest powstać z niczego, jako cały wielki aktualny Wszechświat (razem z wielką liczbą Galaktyk, czarnych dziur, z autorem i Czytelnikiem tego artykułu), niż zjawić się z nikąd w postaci jednej niewielkiej pra-cząstki, która następnie po epoce inflacji i po upływie ponad 13 miliardów lat ewolucji przekształciłaby się do obecnej postaci Wszechświata (z tą samą wielką liczbą Galaktyk, czarnych dziur, z autorem i Czytelnikiem razem wziętych). Rezultat ten wydaje się, jakby, sprzeczny z intuicją. I rzeczywiście. Patrząc na Multiversum jako całość, musimy wziąć pod uwagę, że pojawienie się fluktuacji o entropii S_I , czy S_0 prowadzi do zmiany stanu całego Multiversum i jego entropii S_Λ . Dokładna analiza dokonana przez Gibbona i Hawkinga [4] pokazuje, że uwzględnienie zmniejszenia entropii w całym Multiversum prowadzi do korekty wspomnianych entropii

$$\begin{aligned} \tilde{S}_0 &= S_\Lambda - \sqrt{S_\Lambda S_0} + S_0 \approx S_\Lambda - \sqrt{S_\Lambda S_0} \\ \tilde{S}_I &= S_\Lambda - \sqrt{S_\Lambda S_I} + S_I \approx S_\Lambda - \sqrt{S_\Lambda S_I} \end{aligned} \quad (10)$$

a wtedy

$$\frac{P_1}{P_0} = e^{-(\tilde{S}_0 - \tilde{S}_I)} = \left(e^{\sqrt{S_0} - \sqrt{S_I}} \right)^{\sqrt{S_\Lambda}} = \left(e^{\sqrt{S_0}} \right)^{\sqrt{S_\Lambda}} \gg 1 \quad (11)$$

i wszystko jest już tak, jak być powinno. Dużo częściej bowiem pojawiają się tu (patrz (11)) niewielkie potencjalnie inflacyjne prawwszechświatki o entropii 10^{10} , niż w pełni ukształtowane duże wszechświaty identyczne makroskopowo z tym, w którym żyjemy. Wydaje się zatem, że żyjemy w całkiem przyjemnym Wszechświecie (gdzie jakieś 13 miliardów lat temu światło, po epoce rekombinacji, oddzieliło się od ciemności, gdzie z fluktuacji gęstości pozostałej po nie do końca wygładzonej zmarszczone na poinflacyjnym rozkładzie materii uformowała się Lokalna Grupa Galaktyk, w niej Droga Mleczna, Słońce i w końcu my na trzeciej planecie od Słońca). Odwołując się do znanych od wieków argumentów, przypomnijmy, że z faktu, iż odwołujemy się do zasady antropicznej wynika jedynie, że wydaje nam się, że tu jesteśmy. Czytający, jak i piszący te słowa sądzi, że tu jest, ale nie ma gwarancji, że wszystko, co myślimy o otaczającej nas rzeczywistości nie jest z gruntu złudzeniem. Jedynym, co raczej istnieje, jest mózg, który myśli o tym wszystkim. Oczywiście, można by dalej posuwać się w tego typu spekulacjach, nie to jest jednak naszym celem. Twierdzenie, na którym opiera się dalszy ciąg naszego wywodu, sformułować można następująco: z całego Wszechświata, który (wydaje nam się, że) nas otacza, do sformułowania twierdzenia, które właśnie formułujemy, jedynie naprawdę niezbędny jest nasz mózg. Idąc nieco dalej tropem myśli doktora Schuetza możemy spokojnie założyć, że cały Wszechświat pojawił się jako fluktuacja z niebytu termodynamicznej równowagi pustego Multiversum w postaci tylko (aż?) naszego własnego mózgu. Pojawił się przed ułamkiem sekundy, ale od razu wraz z całą wiedzą, którą posiadamy (z informacją o Wielkim Wybuchu, o fluktuacjach mikrofalowego promieniowania tła, z pamięcią o skamieniałych dinozaurach i książce Vonneguta). W tej chwili, na krótko, zamyślił się nad dziwnością istnienia i zniknie za chwilę. Dla uczczenia pamięci Profesora Boltzmann przyjął się nazywać twory takie „Mózgami Boltzmannowskimi” (*Boltzmannian Brain* - BB). Aby oszacować szansę pojawienia się w pustym wszechświecie Mózgu Boltzmannowskiego, musimy oszacować entropię takiego tworu. Nie jest to zadanie tak proste jak w przypadkach opisanych powyżej i w zależności od poczynionych założeń otrzymujemy wartości S_{BB} od 10^{42} , czasem 10^{50} , aż do konserwatywnej wartości 10^{69} [5]. Jeśli powtórzyć teraz rozumowanie z ilorazem szans powstania dwóch „konkurencyjnych” fluktuacji, z których jedną jest pojawienie się w istniejącym wszechświecie Mózgu Boltzmannowskiego prowadzące do zmiany entropii o wielkość S_{BB} , a drugą powstanie inflacyjnego Wszechświata i spadek entropii do skorygowanej wzorem (10) wielkości \tilde{S}_I to

$$\frac{P_{BB}}{P_1} = e^{-(\tilde{S}_I - S_{BB})} = e^{-(S_\Lambda - \sqrt{S_I S_\Lambda} - S_\Lambda + S_{BB})} = e^{\sqrt{S_I S_\Lambda} - S_{BB}} \approx 10^{(10^{66} - S_{BB})}.$$

Dziwnym zbiegiem okoliczności prawdopodobieństwo wykreowania (się) z niebytu pojedynczego Mózgu Boltzmann jest porównywalne (może być większe lub mniejsze, zależnie od sposobu liczenia entropii BB) z prawdopodobieństwem powstania naszego inflacyjnego Wszechświata. Zbieżność ta okaże się bardzo istotna dla dalszego ciągu prezentowanych rozważań, a nawet dla dalszych losów całego Wszechświata.

7. Liczenie mózgow

Możliwość pojawienia się w dowolnym momencie Mózgu Boltzmannowskiego w każdym miejscu Wszechświata prowadzi do niepokojącego pytania o naszą własną czasoprzestrzenną kondycję. Przekonani jesteśmy, że jako Przeciężni, poniekąd Zwyczajni, Obserwatorzy rzeczywistości (*Ordinary Observer* – OO), powstałiśmy na drodze ewolucji od jakiejś, nie obrażając nikogo, małpy, która uwikłana była w całą trwającą ponad trzy miliardy lat ewolucję życia na Ziemi. Ona zaś z kolei powstała w wyniku grawitacyjnej ewolucji materii trwającej „od początku świata”. OO korzeni swoich szukać może aż w Wielkim Wybuchu. O BB powiedzieć tego nie można. Nie istniał on jeszcze przed chwilą i za chwilę najpewniej istniał już nie będzie (pojawienie się fluktuacji BB w miejscu wszechświata nadającym się do życia, w którym przetrwałby czas jakiś, jest mało prawdopodobne (lub wręcz niemożliwe). Jednakże, na mocy definicji, BB jest Mózgiem Boltzmanowskim i w chwili, w której zaistniał, nie jest on w stanie stwierdzić, że nie jest jednym z OO. Na dobrą sprawę nikt z Czytających te słowa nie może w żaden sposób udowodnić, że nie jest BB. Nikt nie może być pewnym tego, że za chwilę nie rozpułynie się w nicość. Pewną, podkreślam, pewną, szansę uprawdopodobnienia własnej egzystencji jako OO może nam dać rachunek prawdopodobieństwa. Budząc się rano i wychodząc na ulicę spotykamy ludzi podobnych do nas. Ludzie ci, obserwatorzy rzeczywistości, zachowują się podobnie, jak ja. W szczególności, wszyscy na co dzień mówią do siebie i do mnie po polsku. Sytuację taką uznajemy za normalną. Gdybyśmy spotkali na ulicy kogoś nieróżniącego się od nas, ale mówiącego po chińsku, zapewne zdziwilibyśmy się trochę i uznali to za przypadek. Gdybyśmy spotkali kilku osobników mówiących po chińsku, byłby to zapewne trochę mniej prawdopodobny zbieg okoliczności. Cóż pomyślelibyśmy jednak, gdybyśmy pewnego ranka stwierdzili, że wszyscy wokół mówią po chińsku? Gdyby tak któregoś dnia okazało się, że wszyscy na całej Ziemi mówią wyłącznie po chińsku, a my tylko nie? Po zastanowieniu musielibyśmy przyznać, że to nie oni są tu nie na miejscu, ale raczej my stanowimy jakąś, w najlepszym razie, dziwaczną mutację, która po chińsku akurat nie mówi. Zasada antropiczna, w myśl której świat jest taki, jaki jest dlatego, że my w nim jesteśmy, może być wzmocniona zgodnie z tym, co powiedzieliśmy powyżej: nie tylko świat musi dopuszczać możliwość naszego istnienia, ale świat nasz i my na nim nie możemy być znanymi nietypowi. Na pokazanym wyżej przykładzie można to sprecyzować, jako wymóg, aby istniała rozsądna szansa na spotkanie w rzeczywistości kogoś takiego, jak my (mówiącego po polsku). Jaką szansę nazwiemy rozsądną? Jeden do czterech miliardów, jeden do stu milionów, jeden do miliona? To już jest kwestia umowy i, jak się okaże, nie jest ona specjalnie istotna. Jeśli, po szczegółowym rozważeniu okoliczności, stwierdzimy, że ktoś podobny do nas pojawia się na Ziemi raz na milion miliardów lat, będzie to najpewniej znaczyło, że albo jesteśmy kimś zupełnie innym, niż nam się wydaje, albo pomyliliśmy się w rachunkach. Przyjmijmy, że chcemy wykazać samym sobie, że jesteśmy OO (ludźmi, za jakich się uważamy). Spróbujmy określić, jakie jest prawdopodobieństwo tego, że jeden, wybrany przypadkowo obserwator (spośród mózgow jakichkolwiek, tzn. OO + BB) okaże się OO właśnie. Nie musimy w tym celu zagłębiać się wcale w szczegóły. Okaże się bowiem, że pomyłka o kilka, czy nawet kilkanaście rzędów wielkości nie wpłynie na ostateczny wynik naszych rozważań. Istotnym jest tu stwierdzenie, że Wszechświat,

w jakim żyjemy nie będzie trwał wiecznie. A dokładniej: w naszym Wszechświecie warunki, w których jakiegokolwiek procesy obserwacji czegokolwiek, spełnione być mogą jedynie przez dość krótki czas. Wiadomo, że od wielkiego wybuchu upłynęło w przybliżeniu 10^{10} lat (dokładniej 13.8 miliarda lat). Wiadomo też, że za kilka miliardów lat Słońce nasze osiągnie stadium czerwonego olbrzyma i pochłonie naszą planetę. Założmy, że nie jest to jeszcze wielki problem i uda nam się wcześniej znaleźć inną, gościnną planetę do zamieszkania. Planety (inne) krążące dokoła swych słońc emitują, między innymi, energię w postaci fal grawitacyjnych. Za około 10^{14} lat z całą pewnością wyemitują jej tyle, że spadną na gwiazdy wokół których krążyły dotąd. Ale może uda nam się przesiąść na planetę swobodnie wędrującą po Galaktyce, niezwiązaną z żadnym słońcem. Wszystko, co krąży w Galaktyce emituje także promieniowanie grawitacyjne. Po upływie 10^{15} lat wszystko, co jest w naszej Galaktyce, spadnie do jej centrum tworząc tam jedną gigantyczną czarną dziurę. Ale możliwe, że do tego czasu wydostaniemy się poza obręb przyciągania grawitacyjnego Galaktyki i podróżować będziemy swobodnie pośród pustki pomiędzy wielkimi czarnymi dziurami. Mogłoby wydawać się, że już teraz jesteśmy bezpieczni. Nic z tego. Czas życia protonu, jak to szacuje się go dziś, może wynosić około 10^{36} lat. Po czasie, dla równego rachunku, dziesięć tysięcy razy dłuższym, czyli po upływie 10^{40} lat rozpadnie się ostatni proton naszego Wszechświata. Po 10^{100} latach zostanie już w nim zaledwie kilka olbrzymich czarnych dziur, które parować będą powoli zgodnie z mechanizmem Hawkinga. Po 10^{150} latach wyparuje ostatecznie ostatnia z nich. Wszechświat osiągnie olbrzymie rozmiary i wypełniony będzie z dużą dokładnością „niczym”. Owo „nic” będą to w przeważającej mierze, powstające co jakiś czas w wyniku kwantowych fluktuacji i zanikające natychmiast, wirtualne pary rozmaitych cząstek elementarnych. W takich warunkach, gdy wokół panuje temperatura mniej więcej 10–29 K, trudno jest mówić o obserwowaniu czegokolwiek. Życie w jakichkolwiek wyobrażalnych konfiguracjach, życie, które jako OO wyewoluowało z Wielkiego Wybuchu nie może istnieć w takich warunkach. Warto zauważyć, że zgodnie z równaniem (4), Wszechświat zaczyna teraz fazę ekspansji zdefiniowanej przez ciemną energię próżni (stałą kosmologiczną Λ). Jego rozmiary stają się olbrzymie, są jednak stale skończone. Wynika z tego, że całkowita liczba OO we wszechświatach podobnych do naszego, jest zawsze skończona [6]. Z drugiej strony rozszerzający się wykładniczo, zdominowany przed stałą kosmologiczną wszechświat o temperaturze spadającej do 10^{-29} K, stanowi arenę dla ujawniania się wykładniczo rosnącej liczby Mózgow Boltzmannowskich. Prawdopodobieństwo zaistnienia BB jest, jak to zostało już powiedziane wyżej, niezwykle małe, bo równe $10^{-S_{BB}} = 10^{-10^{30}}$. Przyjęta wartość $S_{BB} = 10^{50}$ odpowiada jednokilogramowemu mózgowi trwającemu akurat tyle, by impuls nerwowy mógł w nim pojawić się i przebyć jakąś minimalną, sensowną drogę, powiedzmy w czasie 0.1 sekundy [7], a zatem prawdopodobieństwo to odpowiada (średnio) jednemu BB na 10 do potęgi milion miliardów miliardów miliardów miliardów miliardów litrów pustki w każdej sekundzie jej trwania. To mało. Lecz, jeśli nawet na chwilę nie zważać na wspomnianą ekspansję wszystkiego, sam przecież czas trwania każdego litra pustki nie jest niczym ograniczony. Dowolnie małe, ale skończone prawdopodobieństwo zajścia czegokolwiek, prowadzi w nieskończonej historii wszechświata do nieskończonej liczby BB wszędzie.

8. Inwazja mózgow Boltzmann

Policzone przed chwilą średnie liczby OO i BB, pierwsza skończona, druga zaś nieskończenie duża, pokazują, że we Wszechświecie opisanym w rozdziale 2 „zwyczajni obserwatorzy”, czyli osobniki, które wyewoluowane z małpy itd. są skrajnie nietypowe. Nietypowe tak dalece, że ich istnienie (jako OO) jest po prostu nieprawdopodobne. W analogii do przykładu z Ziemią opanowaną przez ludzi mówiących po chińsku, musimy, po zastanowieniu uznać, że jesteśmy jednak BB. Nasze dotychczasowe mniemanie, że było inaczej, tak naprawdę, w ogóle nie jest istotne, gdyż tak ono, jak i my nie istnieliśmy jeszcze przed chwilą. Co gorsza za moment znikniemy, rozplyniemy się w nicości zimnego, rozdętego kosmologicznie Wszechświata, jak każda, niewielka w sumie i nieistotna fluktuacja. Zupełnie niezależnie od tego, co my sami chcielibyśmy o tej fluktuacji pomyśleć. Chcąc jednak jeszcze przez chwilę „poistnieć”, powinniśmy zadać sobie pytanie, czy w rozumowaniu skazującym nas na byt w postaci BB nie ma jakiejś luki, jakiegoś miejsca, gdzie moglibyśmy poszukać nadziei na (jakąś) przyszłość. Rozumowanie to opiera się na bardzo niewiele, w gruncie rzeczy, i bardzo podstawowych przesłankach. Pierwszą z nich jest twierdzenie ergodyczne. W formie dość arbitralnej jest ono do pewnego stopnia równoznaczne ze stwierdzeniem, że nie istnieją w naszej rzeczywistości jakieś siły tajemne, które nie tylko kierować by musiały przypadkiem, ale jeszcze kierować nim w sposób złośliwy. Znane jest powszechnie powiedzenie Alberta Einsteina, że Bóg jest wprawdzie wyrafinowany, ale nie złośliwy. Cokolwiek miałyby to znaczyć odzwierciedla to właśnie nasze głębokie przekonanie, że ktoś, kto trzy razy pod rząd dostanie do ręki pokera, nie gra z całą pewnością uczciwie. Z takimi nie gramy! I o tym mówi właśnie twierdzenie ergodyczne. Drugim fundamentem, na jakim opierało się rozumowanie, które doprowadziło do paradoksu inwazji Mózgów Boltzmannowskich, jest ogólna teoria względności w jej najprostszej, symetrycznej postaci Lemaitre'a-Friedmanna-Robertsona-Walkera (1). Oczywiście można powiedzieć, że to wszystko nieprawda. Kłopot w tym, że nadspodziewanie dobrze z modelem tym zgadzają się, jak dotąd, wszystkie obserwacje astrofizyczne.

9. Koniec świata, na szczęście

Jedynym naturalnym ratunkiem przed inwazją BB okazuje się być koniec, definitywny koniec świata. W swojej pracy [7] Page zauważył, że pojawienie się zagrażającej naszej egzystencji liczby Mózgów Boltzmannowskich (rzędu 1, miliona, miliarda, miliona miliardów) wymaga dostatecznie dużo czasu i miejsca. Prawdopodobieństwo pojawienia się jednego BB w jednostce czasu i objętości czasoprzestrzeni równej $10^{10^{50}}$ (w jednostkach umownych) oszacowaliśmy na $10^{-10^{50}}$.

Zgodnie z równaniem (4) $a(t) = e^{(\Lambda/3)^{1/2} t}$, a objętość czasoprzestrzeni jest po prostu objętością odpowiedniego czterowymiarowego „walca”, którego wysokość określa początek i koniec analizowanego odcinka czasu:

$$V_4 = \int_0^{\tau_0} a^3(\tau) d\tau = \int_0^{\tau_0} e^{\sqrt{3\Lambda} \tau} d\tau = e^{\sqrt{3\Lambda} \tau_0} \quad (13)$$

Ponieważ $\Lambda = 10^{-120}$, to, aby czterobjętość ta była równa $10^{10^{50}}$, górna granica całkowania powinna być rzędu $\tau_0 = 10^{60}$ lat.

Podsumowują te krótkie rachunki, jeśli czas istnienia Wszechświata będzie wynosił w przybliżeniu (dość grubym, ale to zupełnie z naszego, ludzkiego, punktu widzenia nieistotne) 10^{60} lat, mózgow Boltzmann pojawi się na tyle mało, że nie musimy się ich bać. Czas ten jest na tyle długi, że problem mógłby wydawać się rozwiązany. I zapewne by tak było, gdyby ktoś całkiem niedawno, nie zadał pytania, w jaki sposób może skończyć się świat.

10. Powrót mózgow Boltzmann

Rozważając definitywny koniec naszego Wszechświata należy rozpatrywać ten problem jako koniec jednego z wielu wszechświatów Multiversum [3]. Jak już zostało powiedziane, nasz Wszechświat jest jedną z wielu możliwych, potencjalnie istniejących w jakimś szerszym sensie realizacji, które różnią się od siebie zestawem parametrów opisujących każdą z nich. Jednym z takich parametrów szczególnie istotnych z naszego punktu widzenia jest wartość energii próżni w danym wszechświecie, czyli inaczej mówiąc stała kosmologiczna Λ . Dowolny wszechświat powstały w Multiversum jest zatem jednym ze stanów, czyli punktów w przestrzeni parametrów opisujących różne wszechświaty Multiversum. Jako takiemu, przypisana mu jest między innymi także jakaś, określona wartość ciemnej energii. Wartość ta może zmieniać się w trakcie ewolucji wszechświata i punkt mu odpowiadający może przemieścić się w przestrzeni stanów. A skoro może, na pewno przemieści się. W obecnej chwili energia próżni w naszym Wszechświecie jest równa około 10^{-29} g/cm³ i Wszechświat ten trwa. Możemy zatem sądzić, że jest to wartość jakiegoś lokalnego minimum w przestrzeni parametrów Multiversum, zwanej po angielsku *string landscape*³. W krajobrazie tym jest, jak oceniają wtajemniczeni [3] od 10^{500} do 10^{1000} takich lokalnych minimów i każde z nich to mnogość potencjalnych wszechświatów, mnogość stanów, w jakich może się na chwile zatrzymać kwantowa ewolucja jakiejś rzeczywistości. Zgodnie z prawami mechaniki kwantowej (teorii strun – *string theory*) nie istnieją nieprzezrocyste ściany i każdy wszechświat może z jednego takiego minimum „przeskoczyć” (nazywa się to efektem tunelowym) do innego. A nawet nie dokładnie w sam punkt odpowiadający minimum, ale w jego pobliżu i dalsza ewolucja tego wszechświata przypominać będzie inflacyjny początek naszego, gdzie przestrzeń rozszerzała się wykładniczo napełniając się materią z fałszywej, pierwotnej próżni. W teorii Multiversum daje się nawet oszacować prawdopodobieństwo takiego przejścia. Jak taki przeskoczenie będzie wyglądał? Nie jest to zupełnie oczywiste, ale za Pagem [7] możemy powiedzieć, że nasz koniec świata będzie miał postać niezwykle cienkiej powierzchni, mydlanej bańki Apokalipsy, przemierzającej przestrzeń z prędkością niemal równą prędkości światła. Nikt zatem nie będzie miał żadnych szans zauważyć, że koniec ten nadchodzi. Co więcej, zniszczenie wszystkiego co istnieje (naszej prawie płaskiej przestrzeni, wszystkich elementarnych cząstek i pól) nastąpi tak szybko, że jakkolwiek niepokojący sygnał nie zdąży dotrzeć do naszego mózgu, do jakiegokolwiek mózgu. I nie pozostanie nawet nikogo kto mógłby po nas płakać. Z pewnego punktu widzenia będzie to najbardziej humanitarna egzekucja w dziejach Wszechświata. Zupełna i ostateczna⁴. Czy musimy się jednak tym martwić? W końcu, jak pokazały rachunki w paragrafie 9, mamy

³ co nie daje się ładnie przełożyć na język polski. Nie chodzi tu bowiem ani o „krajobraz strunowy”, ani o „pejzaż w stringach”.

⁴ Z drugiej strony, jeśli przyjrzeć się dokładniej, w każdej chwili będzie jakiś kawałek znikającego wszechświata, który jeszcze pozostał. Istnieją zatem jakieś (złudne) perspektywy.

jeszcze do naszej dyspozycji około 10^{60} lat, a to całkiem sporo. Okazuje się, że trochę martwić się jednak powinniśmy. Szacując czas pozostały nam do napotkania pierwszych BB, poczyniliśmy milcząco założenie, że koniec świata nastąpi w określonej godzinie τ_0 . Założyliśmy zatem, że gdzieś we Wszechświecie tyka absolutny budzik. Tak oczywiście nie jest. Interwencja budzika jest tym, czego chcielibyśmy w istocie uniknąć. Jeśli zgodzimy się nań, pojawi się natychmiast pytanie, kto ów budzik nakręcił i zamiast uzyskać jakąś odpowiedź, stworzymy nowe pytanie. Skoro nie ma więc kosmicznego budzika, trzeba przyjąć rozwiązanie znane z fizyki kwantowej, jądrowej, a tak naprawdę z rachunku prawdopodobieństwa. Pojedynczy atom radioaktywnego pierwiastka też prędzej, czy później rozpadnie się. Znany jest średni czas rozpadania się takich atomów. Znana jest zatem „wartość oczekiwana” czasu, po jakim rozpad następuje. Żaden atom nie jest wyposażony w budzik. Nie ma tam miejsca na budziki, nie ma teorii parametrów ukrytych i wszystkim rządzi stochastyczna z natury mechanika kwantowa. Atom danego gatunku ma z definicji dane i absolutnie stałe, niezależne od niczego, prawdopodobieństwo rozpadnięcia się w każdym jednostkowym ułamku czasu. Prowadzi to do znanego prawa rozpadu promieniotwórczego opisywanego krzywą wykładniczą. Tak samo musi być z pozbawionym budzika wszechświatem. Określone prawdopodobieństwa przeskoku wszechświata daje nam spodziewany czas jego życia. A ile żył będzie naprawdę okaże się, gdy przeskoczek nastąpi. Szansa, że dożyje wieku τ , to

$$p(\tau) = e^{-\tau/\tau_0} \quad (14)$$

gdzie τ_0 jest tu właśnie „średnim czasem życia Wszechświata”.

W pracach [8] Page zwrócił uwagę, że problem zliczania wszystkich BB w tak znikającym wszechświecie wygląda nieco inaczej niż w uproszczonym wszechświecie z budzikiem. We wzorze (13) całkowanie musi przebiegać teraz do nieskończoności, ale z każdą chwilą maleć będzie (wykładniczo) prawdopodobieństwo tego, że wszechświat jeszcze istnieje. Po uwzględnieniu tego faktu wzór (13) na mocy (14) przyjmie postać

$$(15)$$

$$V_4 = \int_0^\infty p(\tau) a^3 d\tau = \int_0^\infty e^{-\tau/\tau_0} e^{\sqrt{3\Lambda}\tau} d\tau = \int_0^\infty e^{(\sqrt{3\Lambda} - 1/\tau_0)\tau} \tau d\tau$$

Problem polega na tym, że całka ta ma sens tylko dla ujemnych wykładników potęgowych w (15), tzn. tylko dla pewnych wartości τ_0 ma wartość skończoną i tylko wtedy można znaleźć rozwiązanie równania $v_s = 10^{100}$. Są też i takie wartości τ_0 (średni czas życia wszechświata), dla których obliczona z równania (15) objętość jest po prostu nieskończona i tym samym taki wszechświat zamieszkiwałaby nieskończona liczba BB.

Całka w (15) jest zbieżna, gdy

$$\sqrt{3\Lambda} - 1/\tau_0 < 0 \quad , \quad (16)$$

a stąd otrzymujemy warunek

$$\tau_0 \leq 1/\sqrt{3\Lambda} \approx 5 \times 10^9 \text{ lat} \quad (17)$$

przy założeniu, że stała kosmologiczna Λ nie zależy od czasu.

Dokładniejsze obliczenia, uwzględniające należyte rozmaite przyczyny, zgodnie z pracą [8] prowadzą do wniosku, że

$$\tau_0 \approx 19 \times 10^9 \text{ lat.} \quad (18)$$

Jako końcowy wniosek tych rozważań wypada zatem przyjąć niewesołą perspektywę, że skoro już upieramy się, że nie jesteśmy BB i jednak pochodzimy od mały, to musimy się spodziewać, że nasz Wszechświat może (a właściwie powinien) zniknąć w skali czasowej porównywalnej z jego dotychczasowym wiekiem.

11. A może jednak nie

Zarysowana wyżej przykra perspektywa rodzić musi niepokój i naturalną reakcją są próby obrony naszego świata przed nieuchronnie fatalnym jego losem. I tak niektórzy autorzy [9] próbują zaatakować przedstawione powyżej rozumowanie od strony globalnej, negując sens obliczania prawdopodobieństw w skali całego ekspandującego nieskończenie wszechświata (wszechświatów) oraz ograniczając się do obserwacji tego wszechświata z punktu widzenia pojedynczego obserwatora, który z konieczności zamknięty jest w ograniczonym (przez stałą kosmologiczną) horyzoncie zdarzeń. Ten punkt widzenia przedstawiliśmy już w rozdziale 9, przyjmując wartość średniego czasu życia wszechświata jako $\tau_0 \approx 10^{60}$ lat. Inni autorzy [10] proponują rozważać „recycling” światów, w którym w nieskończoność w każdym rozszerzającym się w nieskończoność wszechświecie w trakcie ewolucji powstawałyby nowe małe („pocket”, „baby”) wszechświaty. Procedura taka prowadzi jednakże do nieskończonej liczby zarówno BB jak i OO w każdym zakątku każdego wszechświata co, zdaniem autorów, uniemożliwia rozsądne policzenie stosownych prawdopodobieństw korzystając z klasycznej definicji $p_{BB} = N_{BB}/(N_{BB} + N_{OO})$. A. Vilenkin proponuje [11], aby mózgi Boltzmannowskie zliczać „hurtem” traktując wszystkich BB jednakowo jako identycznych. Można by się z tym zgodzić, gdyby interesowało nas pytanie, jak nazywa się losowo wybrany obserwator z jakiegoś kawałka jakiegoś wszechświata. Rozwiązanie to ma jednak pewną wadę. Przypomina ono błędne mniemanie (oparte na powierzchniowej obserwacji świata), że wszyscy Chińczycy są tacy sami. Nie można się jednakże z tym pogodzić. Zaproponujemy więc inne rozwiązanie. Zapewne w naszym Wszechświecie, w jakimś jego zakątku mogła pojawić się skończona liczba „zwykłych obserwatorów”, czyli OO. Należy stwierdzić też, że co jakiś czas pojawiać się w nim powinny fluktuacje w postaci „Mózgów Boltzmannowskich”, BB. Na dodatek, Wszechświat ten rozszerzał się będzie wiecznie i bardzo szybko (po 10^{150} lat) osiągnie stan śmierci termicznej, w którym na drodze fluktuacji kwantowych pojawiać się będą w coraz większej liczbie nie tylko BB, ale też, zgodnie ze wzorem (12), inne małe wszechświaty gotowe do inflacyjnej ewolucji z parametrami kosmologicznymi niekoniecznie identycznymi z tymi, jakie obowiązują „u nas”. Przy czym, jak już powiedzieliśmy, szanse na powstanie z niczego, nowego, inflacyjnego wszechświata nie są znacząco różne od szansy pojawienia się BB. Każdy z tych wszechświatów może być absolutnie nienadający się do jakiegokolwiek życia. Wypełnią go wtedy Mózgi Boltzmanowskie i inne małe wszechświaty, z których każdy może być absolutnie nienadający się do życia, ale może też być wszechświatem o ujemnej stałej kosmologicznej, który nie będzie wykładniczo się rozszerzał, ale wykładniczo bardzo szybko zaniknie. Może się zdarzyć też, że będzie to całkiem przyjemny wszechświat w którym, po epoce inflacji rozwinie się życie i pojawią się w końcu OO. Będzie ich jednak tylko skończenie wielu, bo i ten wszechświat zginie w chłodzie śmierci termicznej, ale i w nim stale pojawiać się będą nowe BB. A jeśli BB to także nowe, małe wszechświaty... i tak dalej. Przedstawiony tu ciąg zdarzeń prowa-

dzic może do wniosku, do jakiego doszli Autorzy w pracy [10], ale może też, jeśli odstąpić od klasycznej definicji prawdopodobieństwa, doprowadzić do wniosków znacznie bardziej optymistycznych. W ujęciu bayesowskim prawdopodobieństwo jako takie w zasadzie w ogóle nie istnieje i klasyczna jego definicja, jako odpowiedni ułamek odpowiednio wyznaczonych liczb zdarzeń określonego typu do liczby wszystkich zdarzeń możliwych (albo jako odpowiednia granica), ma sens tylko w niewielu prostych, czy uproszczonych przypadkach, jak gra w kości, czy rzucanie monetą (i to też, jeśli ustalimy, że nie będziemy rzucać na piaszczystej plaży). Prawdopodobieństwem jest tu właściwie to (zdaniem wyznawców Bayesa), co ktoś sądzi o możliwości zajścia określonego zdarzenia. W kontekście naszych rozważań na podkreślenie zasługuje szczególnie słowo „ktoś”. Problem, jaki mamy rozwiązać, polega bowiem (zdaniem bayesistów) nie na tym, jaka jest szansa, że wybrany losowo obserwator jest OO, a na tym, jak wybrany losowo obserwator ocenia szansę na to, że jest OO. Obserwator taki, rozglądając się wokół siebie w przestrzeni, nie jest w stanie stwierdzić niczego, ponieważ zawsze będzie ograniczony horyzontem zdarzeń i z konieczności liczba obserwatorów tak OO, jak i BB będzie zawsze skończona i nigdy nie uda mu się rozstrzygnąć, kim jest naprawdę. A zwłaszcza, że gdy spojrzy w przeszłość i w przyszłość w czasie, zliczanie w przestrzeni okaże się w ogóle nieistotne. Oczywiście, nie należy traktować dosłownie owego „rozglądania się”. Nieważnym jest też argument, że Mózg Boltzmannowski nie zdąży w ogóle nad czymkolwiek się zastanowić, zanim sam nie zniknie. Cóż zatem mógłby on wiedzieć o prawdopodobieństwie, gdyby mógł wiedzieć cokolwiek. Cofając się wstecz w czasie obserwator osiągnie inflacyjnego początku Wszechświata i zliczy z całą pewnością pewną, skończoną liczbę OO, jacy zamieszkiwali przed nim dostępny mu kawałek przestrzeni. Zakładamy, że obserwator pochodzi z naszego Wszechświata, choć tak naprawdę, nie jest to istotne. Poruszając się w przyszłość napotykać tam będzie coraz więcej Mózgów Boltzmannowskich, aż w końcu będzie miał pecha i trafi na opisany już koniec świata w postaci rozprężającego się inflacyjnie młodego, wygenerowanego z kwantowej fluktuacji Wszechświata. I nie jest zupełnie istotne, po jakim stanie się to czasie. Zgodnie ze wzorem (12) liczba zarejestrowanych BB przed trafieniem na koniec świata nie może być przesadnie wielka. Oczywiście to jeszcze nie jest koniec, bo dla pełnego obrazu, jaki chciałby mieć nasz wybrany losowo obserwator, musi się on zastanowić nad tym, co stałoby się, gdyby kontynuował on swą podróż w przyszłość w nowym wszechświecie, do którego właśnie trafił. Gdyby był to przyjazny wszechświat, jak to już wspomnieliśmy, zliczyłby on znowu pewną liczbę OO oraz BB i w zależności od wartości stałej kosmologicznej, wcześniej czy później, trafiłby znowu do jakiegoś nowego wszechświata. Gdyby był on nieprzyjazny dla życia, zliczyłby w nim jakąś, znów skończoną liczbę BB i trafiłby do innego, nowego wszechświata. Gdyby w nim stała kosmologiczna była ujemna, nasz obserwator zniknąłby definitywnie razem z tym wszechświatem i tym samym zakończyłby zliczanie. Analogicznie sytuacja przedstawiałaby się, gdyby nasz obserwator poruszał się w czasie w przeszłość poza początek swojego, „startowego” wszechświata. I właśnie to sprawia, że zupełnie nie jest istotne, czy początkowego, losowego obserwatora wybraliśmy z naszego, czy z jakiegokolwiek innego wszechświata. Rezultatem takiego zliczania będzie zawsze skończona liczba OO i zawsze skończona

liczba BB. Nie ma zatem możliwości, aby napotkać we wszechświecie nieskończenie wiele Mózgów Boltzmannowskich i dlatego nasz świat wcale nie musi skończyć się już za około 20 miliardów lat. Mamy zatem ciągle szansę na dalsze istnienie, bo nie musimy obawiać się końca świata wcześniej niż za 10^{60} lat. I choć dalej nie znamy dnia, ani godziny, jakoś nie powinno nam to teraz specjalnie przeszkadzać.

12. Podsumowanie

Podstawowe prawa przyrody, teoria względności, statystyka i mechanika kwantowa w świetle najnowszych obserwacji astrofizycznych prowadzą do stwierdzenia, że w dalszej ewolucji Wszechświata muszą pojawić się w nim struktury tak dziwne jak „Mózgi Boltzmannowskie”. Gdyby chodziło tylko o pojawianie się z niczego obserwatorów świata, którzy zjawiają się „z nikąd”, doświadczają swojego istnienia w jakikolwiek sposób, a następnie istnieć przestają, nie byłoby to jeszcze specjalnym problemem, zwłaszcza, że obliczone szanse ich pojawienia się pokazują, że nasze szanse na spotkanie z nimi są praktycznie równe zeru. Problem polega na tym, że Mózgi Boltzmannowskie pojawiają się ze wszystkim, co mogą zawierać mózgi, a więc ze świadomością swojej historii i być może nawet ze znajomością teorii względności i mechaniki kwantowej, kosmologii, literatury itp., itd. I jako takie nie będą niczym różniły się od nas. Ekspansja Wszechświata z dodatnią stałą kosmologiczną prowadzi niektórych autorów do wyrażania niepokojących poglądów co do zbliżającego się końca wszystkiego. Jednak, jak zostało właśnie pokazane, spokój może nam zapewnić jedynie uważna analiza rzeczywistości i bayesowskie podejście do rachunku prawdopodobieństwa.

Literatura

- [1] R.A. Knop i in., “New Constraints on Ω_M , Ω_Λ , and w from an Independent Set of Eleven High-Redshift Supernovae Observed with HST”, *Astrophysical Journal* 598 (2003) 102; E. Komatsu i in., “Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Cosmological Interpretation”, *Astrophysical Journal Suppl.*, 180, 330 (2009); C.J. MacTavish i in. “Cosmological Parameters from the 2003 flight of BOOMERANG”, *Astrophysical Journal* 647 (2006) 799; U. Seljak i in. “Cosmological parameter analysis including SDSS Ly-alpha forest and galaxy bias: constraints on the primordial spectrum of fluctuations, neutrino mass, and dark energy”, *Physical Review D* 71 (2005) 103515.
- [2] L. Boltzmann, “On Certain Questions of the Theory of Gases”, *Nature* 28, 413 (1895).
- [3] A. Linde, “Sinks in the Landscape, Boltzmann Brains, and the Cosmological Constant Problem”, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 0701:022, (2007).
- [4] A. Albrecht i L. Sorbo, “Can the Universe Afford Inflation?”, *Physical Review D* 70:063528, (2004).
- [5] D.N. Page, “Susskind’s Challenge to the Hartle-Hawking No-Boundary Proposal and Possible Resolution”, *European Physical Journal A* 31, 468-473 (2007).
- [6] L.M. Krauss i G.D. Starkman, “Life, The Universe, and Nothing: Life and Death in an Ever-Expanding Universe”, *Astrophys. J.* 531, 22 (2000).
- [7] D.N. Page, “The lifetime of the Universe”, *Journal Korean Phys. Soc.*, 49, 711-714 (2006).

- [8] D.N. Page "Is Our Universe Likely to Decay within 20 Billion Years?", *Phys. Rev. D* 78: 063535 (2008); D. N. Page, "Is our universe decaying at an astronomical rate?", *Phys. Lett. B* 669 197, (2008). "Return of the Boltzmann Brains?", *Phys. Rev. D* 78: 063536 (2008).
- [9] R. Bousso I B. Freivogel, "A Paradox in the Global Description of the Multiverse", *Journal of High Energy Physics*, 0706:018 (2007).
- [10] J. Garriga, A. Vilenkin, "Recycling universe", *Physical Review D* 57, 2230, (1998); J. Garriga, D. Schwartz-Perlov, A. Vilenkin, S. Winitzki, "Probabilities in the inflationary multiverse", *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 0601:017, (2006).
- [11] A. Vilenkin, "Freak observers and the measure of the Multiverse", *Journal of High Energy Physics*, 0701:092, (2007).

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY MAKES AN APPEAL TO ALL POLISH PHYSICISTS

Europe, Poland and Physics

The great Polish scientists of the past travelled all over Europe. Miklas Koppernigk (Mikołaj Kopernik, *note of the Editor*), elsewhere on the Continent better known as Copernicus, went to Italy and earned a medical degree. About 1640, there were standing ethereal waves between the French and Polish royal courts, waves with Italian overtones: Queen Louise Marie Gonzaga and Kings Władysław IV and Jan II Kazimierz were very culture and science minded, that is, between the wars to be waged. Among their guests was the great physicist Tito Livio Burattini (1617-1681) who had come over to Warsaw to enliven court life i.a. with what came to be known as the Flying Dragon (1648). Jan Brożek (1585-1652) was among the first to advertise Copernicus' heliocentric (or perhaps better: geokinetic) structure of the world, while Stanisław Pudłowski (1597-1645), on his grand tour to Italy, visited Galileo at Arcetri. A later Renaissance of Polish physics, directed by Zygmunt Wróblewski and Karol Olszewski, will be celebrated in *Europhysics News*, the bimonthly magazine of the European Physical Society.

Through the centuries Poland's configuration regularly changed either on its own or through initiatives of its neighbours. The last 65 years, however, have been among the most stable, geographically speaking, and Poland is ever more strongly engaged in the European

Union. As to physics, the European Physical Society has played a big role since 1968. The recent successful meeting of its Division for Condensed Matter Physics in Warsaw testifies to the vitality of the EPS. In order to get ever stronger, the EPS needs to be a well-balanced organization. Therefore the Polish physicists—particularly the full professors and the laboratory directors—are invited to join the EPS as Individual Members and to partake in its Divisions' and Editorial activities. The way is simply through www.eps.org; the fee is € 20 or 82 zloty per annum (retired people: € 15 or 61,50 zloty per annum).

In much the same spirit the *Editors of Europhysics Letters* or *EPL* are currently inviting submissions in all fields of physics, with special attention for papers in the field of 'Particles and Fields' (PACS 10), 'Nuclear Physics' (PACS 20) and 'Atomic and Molecular Physics' (PACS 30). As to high-energy particle physics (HEP), it is interesting for all concerned that EPL has adopted the open access scheme, that is to say: free of charge for both experimental and theoretical letters. See: www.eplletters.net. EPL papers may later be selected for high-lighting in EPN.

Henk Kubbinga

EPS-History of Physics Group, University of Groningen, NL

„Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury”

Piąta Dyskusja Panelowa

Piąta jubileuszowa (?) Dyskusja Panelowa "Oblicza fizyki – między fascynacją a niepokojem. Rola fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury", odbyła się w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego (ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice) w piątek 11 grudnia 2009 roku w godzinach 9⁰⁰–18³⁰. Miałem zaszczyt – tradycyjnie już – przewodniczyć Komitetowi Organizacyjnemu tej konferencji.

Piąta Dyskusja Panelowa miała swój temat przewodni, który brzmiał "Fizyka – Medycyna – Filozofia", ale oczywiście – jak zwykle – nie obyło się bez różnych innych kontrapunktów tematycznych. Celem Dyskusji była – podobnie jak w czterech poprzednich Dyskusjach – kolejna próba ukazania przedstawicielom innych nauk oraz sztuk, a także całemu społeczeństwu oraz władzom, roli fizyki jako fundamentu naszej cywilizacji i kultury. Chcemy jak zwykle ukazać rozmaite oblicza fizyki, która nie tylko fascynuje, lecz także może wywoływać niepokój. Pragniemy zasypać przynajmniej częściowo rów pojęciowy między fizykami a resztą społeczeństwa wynikający m. in. z tego, że społeczeństwo jest wciąż za mało świadome znaczenia i osiągnięć fizyki oraz tego, jak głęboko nasze życie i egzystencja są zanurzone w morzu pojęć fizyki i urządzeń technicznych wytworzonych w oparciu o jej idee. Proponowany punkt wyjścia do Dyskusji – oczywiście w żadnym wypadku nie ograniczający inwencji PT Uczestników –

stanowią: po pierwsze jej temat a prócz tego tezy mego autorstwa (nieco zmienione i uzupełnione w porównaniu do ich pierwotnej wersji z pierwszych czterech Dyskusji) oraz rezolucja Graz Forum on Physics and Society, której jestem współautorem oraz sygnatariuszem (patrz www.wyp2005.at Graz Forum Physics and Society – wybrać resolution). Należy podkreślić udział znakomitych przedstawicieli nauk przyrodniczych i matematycznych, nauk humanistycznych, w tym nauk filozoficznych i teologicznych, artystów oraz przedstawicieli nauk technicznych, a także studentów, wszystkich w liczbie około 350 osób.

Program Dyskusji był następujący. Po powitaniu przez Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego słowo powitalne wygłosił Prorektor ds. Nauki prof. Andrzej Kowalczyk chwalać bardzo dotychczasowe Dyskusje Panelowe i wyrażając życzenie, aby za rok odbyła się kolejna taka Dyskusja. Potem zaczęły się 30-minutowe wystąpienia traktowane również jako głosy w dyskusji. Ostatnie pięć minut każdego wystąpienia przeznaczone było na dyskusję dotyczącą tego wystąpienia. Wystąpienia były podzielone na cztery kolejne sesje, piąta zaś sesja była dyskusją podsumowującą.

Sesja I: Etyka medyczna, etyka ewolucyjna, fizyka Wszechświata (prowadzenie: prof. Jerzy Warczewski – UŚ)

Autor pierwszego wykładu p.t. „Wskaźniki jakości w rehabilitacji kardiologicznej – pomiędzy fizyką a etyką”



1. Prof. Jerzy Warczewski (UŚ) – stoi, rząd II: prof. Andrzej Staruszkiewicz (UJ), prof. Andrzej Ślebarski (UŚ), prof. Krystyna Kaczmarska (UŚ), rząd III: prof. Maciej Maśka (UŚ), ks. prałat dr Stanisław Puchała proboszcz Katedry Chrystusa Króla, rząd V: prof. Andrzej Zięba (AGH), dr Zofia Gołąb-Meyer (UJ), prof. Stanisław Dubiel (AGH).
Fot. Agnieszka Sikora



Dr n. med. Krystian Oleszczyk (dyrektor Górnośląskiego Centrum Rehabilitacji „REPTY” – Tarnowskie Góry) – stoi, rzęd I: ks. dr Georg Knappik, prof. Aleksander Ratajczak (UŚ), prof. Leszek Sokołowski (OA UJ), prof. Adam Chmielewski (UWr), dwaj pracownicy techniczni, rzęd II: prof. Wiktor Zipper (UŚ), rzęd III: prof. Marek Demiański (UW), Prof. Jerzy Lukierski (UWr), prof. Edward Kapuścik (IFJ PAN), prof. Adam Proń (CEA Grenoble oraz PW), prof. Jerzy Łuczka (UŚ), rzęd 4: prof. Andrzej Kowalczyk (Prorektor UŚ), prof. Stanisław Kucharski (Prorektor UŚ), rzęd 5: prof. Marek Zrałek (UŚ), prof. Krystian Roleder (UŚ).
Fot. Agnieszka Sikora

Dr n. med. Krystian Oleszczyk, Dyrektor Górnośląskiego Centrum Rehabilitacji „Repty” im. gen. Jerzego Ziętka – Tarnowskie Góry zauważa, że w ułomnej dyskusji publicznej na temat ochrony zdrowia samo pojęcie zdrowia nie występuje już niemal w ogóle; etyka jest całkowicie nieobecna. Rozwój dyscyplin klinicznych, który – jako lekarz praktyk – autor śledzi od ponad trzydziestu pięciu lat, jest oszałamiający. W sposób oczywisty ten rozwój uwarunkowany jest postępem w dziedzinie nauk podstawowych. Na przykładzie obowiązujących w rehabilitacji kardiologicznej standardów postępowania diagnostycznego i terapeutycznego autor zwraca uwagę na znaczenie elementów techniki medycznej w spełnieniu tzw. wskaźników jakościowych w tej dziedzinie medycyny. Interpersonalne relacje zachodzące pomiędzy leczącym a leczonym tradycyjnie opisywano stosując pojęcia pochodzące z kręgu deontologii lekarskiej. Dziś pojęcie jakości opieki zdaje się wypierać tradycyjny język opisu. Czym jest owa jakość z perspektywy pacjenta? Na pewno liczy się jego bezpieczeństwo, oczekiwanie optymalnego wyniku leczenia oraz minimalizacja możliwych powikłań i zdarzeń niepożądanych. Jak zawsze: *Primum non nocere*.

Drugim mówcą był prof. Adam Chmielewski, Instytut Filozofii, Uniwersytet Wrocławski. Celem jego wykładu p.t. „Piękno i obowiązek. Etyka ewolucyjna a estetyka darwinowska” jest wykazanie wbrew twierdzeniom Thomasa Huxleya, iż powstanie i funkcjonowanie ludzkich zasad moralnych, w tym altruizmu, poświęcenia, sprawiedliwości, miłości i równości, a więc pojęć i katego-

rii, które konstituują istotę ludzkiej moralności, można wyjaśnić za pomocą zasad zawartych w Darwinowskim rozumieniu ewolucji gatunków. Podstawową rolę w tym procesie odgrywają mechanizmy regulujące dobór seksualny oraz ściśle powiązane z nimi regulatywne idee piękna, definiujące wzorce estetyczne.

Trzecim mówcą był prof. Marek Demiański, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski. Jego wykład p.t. „Wszczęświat jako układ fizyczny” nawiązywał do Międzynarodowego Roku Astronomii 2009. Była to szczególna okazja do przedstawienia w wykładzie procesu poznawania Wszczęświata z historycznej perspektywy z uwzględnieniem roli, jaką w tym procesie odegrały fizyka i osiągnięcia technologiczne.

Sesja II: Dzieje Wszczęświata, światopogląd naukowy, fizyka jako strażnik naszej cywilizacji (prowadzenie: prof. Karol Kołodziej – UŚ)

Autor pierwszego wykładu Sesji II p.t. „Postańcy Stworzenia – kilka odstępów z dziejów Wszczęświata” prof. Wiesław Kamiński, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, UMCS, zauważa, że – jak pisał Kepler – naszym zdumionym oczom ukazuje się ukryty w boskich pandektach plan Stworzenia. Na przykład skamielina zastygła w promieniowaniu reliktoowym już teraz odślania przed nami szczegóły struktury Wszczęświata w niemowlęctwie, tj. po około 400 000 lat („Niech się stanie światło!”) od stanu początkowego. Neutrino reliktoowe, świadkowie nukleosyntezy po kilku-kilkudziesięciu sekundach („Niech się stanie

materia!“ w najbliższych latach pomogą prawie dotknąć obrazów Początku. Natomiast obserwowanie zmarszczek przestrzeni, efektu mechaniki kwantowej de Broglie’a pojawiającego się po ułamkowych częściach sekundy („Niech się stanie czasoprzestrzeń!“) właściwie pozwoliłoby stać się nam zuchwałymi świadkami aktu Stworzenia. W wykładzie omówione są fizyczne oraz techniczne przesłanki i warunki obserwacji takich skamielin. (Niestety w przeddzień Dyskusji prof. Kamiński odwołał swój przyjazd z powodu grypy.)

Autor drugiego wykładu p.t. „Od nauki do światopoglądu naukowego“ prof. Jerzy Lukierski, Wydział Fizyki, Uniwersytet Wrocławski, rozumie światopogląd naukowy jako zespół przekonań opartych na naukowych podstawach naszej wiedzy. Taki światopogląd jest naturalistyczny przy wyjaśnianiu zjawisk oraz areligijny w kontekście ontologicznym. Biorąc pod uwagę rozwój historyczny koncepcji epistemologicznych Autor przedstawia zastrzeżenia wobec światopoglądu naukowego jako tego, który ogranicza możliwości podmiotu poznawczego (człowieka) oraz pomija istotne domeny rzeczywistości. Omawia także krótko problem złożoności i niespójności światopoglądowej, w szczególności postrzegania świata podług porządków epistemologicznych nauki i wiary.

Autor trzeciego wykładu p.t. „Czy fizyka jest sama na tyle w dobrej kondycji, żeby móc ratować to, co sama stworzyła, tj. naszą cywilizację?“ prof. Andrzej Staruszkiewicz, Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, przedstawia specyfikę fizyki teoretycznej, która m.in. niemożliwia ten spontaniczny postęp, który często zachodzi w dziedzinie technologii. Omawia też powody, dla których wielu niezależnych obserwatorów wyraża zaniepokojenie kondycją współczesnej fizyki teoretycznej.

Sesja III: Świat kwantowy, świadomość roli fizyki w społeczeństwie, matematyczność świata (prowadzenie: prof. Marek Zralek – UŚ)

W pierwszym wykładzie tej Sesji p.t. „Sygnatury świata kwantowego“ prof. Paweł Horodecki, Katedra Fizyki Teoretycznej i Informatyki Kwantowej, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, zauważa, że jedną z najbardziej fascynujących zagadek kwantowego opisu rzeczywistości fizycznej jest jego „wrodzona“ odporność na próby zastąpienia go teorią lokalnych ukrytych zmiennych. Celem pierwszego wykładu w tej sesji jest prezentacja, a także dyskusja różnych sygnatur kwantowych własności układów, włączając łamanie nierówności Bella, nierówności entropowych, nierówności reprezentujących tzw. kontekstualność kwantową. Omówiony jest także związek między nierównościami Bella a świadkami splątania w kontekście tzw. splątania związanego potwierdzonego ostatnio doświadczalnie. (Niestety w przeddzień Dyskusji prof. Horodecki odwołał swój przyjazd z powodu grypy.)

Prof. Leszek M. Sokołowski, Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytet Jagielloński, autor drugiego wykładu p.t. „Alicja w krainie czarów, czyli społeczeństwo postindustrialne wobec fizyki“ uzasadnia tezę, iż powszechna w nowoczesnym społeczeństwie niechęć do nauk ścisłych, do ich sposobu rozumowania i poszukiwania prawdy obiektywnej, ma dewastujący wpływ na kondycję i przyszły rozwój ludzkości, czyniąc ją nieodporną na zagrożenia zewnętrzne (kwestia ocieplania klimatu) i bez-

radną wobec manipulacji wewnętrznych (ułuda komunizmu). Nauki takie jak fizyka odstaniają prawdę obiektywną i chronią nas przed pułapką relatywizmu.

Ks. prof. Janusz Mączka SDB – Kierownik Katedry Filozofii Przyrody, Dziekan Wydziału Filozoficznego, Uniwersytet Papieski Jana Pawła II, Kraków, autor ostatniego w tej sesji wykładu p.t. „Czy świat jest matematyczny?“ twierdzi, że świat da się badać matematycznie, gdyby bowiem sąd ten nie był prawdziwy, to uprawianie takich dziedzin wiedzy, jak np. matematyka i fizyka, stałoby się trudne, czy wręcz niemożliwe. Czy jednak to przekonanie ma uzasadnienie? Celem wystąpienia jest przegląd wybranych stanowisk, które argumentują za matematycznością świata, oraz wskazanie wyłaniających się z nich akcentów filozoficznych.

Sesja IV: Wiek XXI wiekiem elektroniki molekularnej i symulowania materii? (prowadzenie: Andrzej Ślebarski - UŚ)

W pierwszym wykładzie tej sesji p.t. „Czy wiek XXI stanie się wiekiem elektroniki molekularnej? Niefrasobliwe rozważania chemika“ autor prof. Adam Proń, Commissariat à l’Energie Atomique, Grenoble oraz Politechnika Warszawska, zauważa, że współczesny przemysł elektroniczny wykorzystuje, prawie wyłącznie, półprzewodniki i przewodniki nieorganiczne. Tymczasem spektakularny rozwój chemii organicznej pozwolił na wytworzenie wielu materiałów organicznych o bardzo ciekawych, niespotykanych dotąd właściwościach elektronowych. Te organiczne półprzewodniki i metale stanowią podstawowe materiały wykorzystywane w szybko rozwijającej się elektronice organicznej. Czy w tym dziesięcioleciu posuniemy się jeszcze dalej i półprzewodniki organiczne zastąpimy półprzewodnikami molekularnymi, w których pojedyncza cząsteczka (makrocząsteczka) pełnić będzie rolę elementu elektronicznego?

Prof. Maciej Maśka, Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, przedstawia drugi i zarazem ostatni w Sesji IV wykład p.t. „Symulowanie materii, czyli o kryształach ze światła“. Oto treść tego wykładu: gdy otaczający nas świat okazuje się zbyt skomplikowany, by badać go bezpośrednio, albo gdy z innych przyczyn nie możemy posłużyć się układami rzeczywistymi, posilkujemy się modelami. Są modele, które wyglądają jak pomniejszone układy realne, ale bywają też takie, które nie są podobne w niczym, z wyjątkiem opisujących je równań. Przykładem tych ostatnich są tzw. sieci optyczne, za pomocą których próbujemy modelować realne kryształy. Dla wytworzenia nowoczesnych materiałów z pomocą przychodzą utworzone z wiązek laserowych sztuczne sieci krystaliczne, w których ultrazimny gaz atomów zachowuje się bardzo podobnie jak gaz elektronów w kryształach. W trakcie wykładu przedstawione są sposoby wytwarzania sieci optycznych i kontrolowania ich parametrów a także sposoby symulacji za pomocą tych sieci obecnie istniejących i przyszłych materiałów.

Następnie odbyła się Podsumowująca Dyskusja Panelowa, którą prowadzili chemik prof. Adam Proń (CEA Grenoble oraz PW), matematyk prof. Maciej Sablik (UŚ) i fizyk prof. Andrzej Staruszkiewicz (UJ). Ta swobodna dyskusja trwała dwie godziny ukazując wielką aktywność dyskutantów, w szczególności studentów (!). Całą konferencję zamknął Dyrektor Instytutu Fizyki UŚ prof. Krystian Rolder wyrażając podziękowanie organizatorom oraz zapowiadając, że w grudniu 2010 odbędzie się kolejna, tj.

Szósta Dyskusja Panelowa. Pragnę dodać, że cały przebieg Piątej Dyskusji Panelowej został profesjonalnie sfilmowany przez Instytucję Filmową „Silesia-Film” i wkrótce będzie wydany na płytach DVD, wydanie to zaś będzie zapatrzone w odpowiedni symbol ISBN, podobnie jak w przypadku Czwartej Dyskusji Panelowej.

Poniżej są mojego autorstwa tezy do Dyskusji, które ukazują fundamentalną rolę fizyki w rozwoju naszej cywilizacji i kultury.

Tezy do Dyskusji Panelowej
(Poniższe 12 tez oraz towarzyszące im szczegółowe hasła, nie stanowią listy zamkniętej.)

1. Definicja cywilizacji i kultury

Cywilizacja jako kultura materialna. Kultura jako cywilizacja ducha.

Na czym polega ich rozwój? Bliskość obu tych pojęć.

2. Czym jest fizyka?

Przedmiot fizyki. Hierarchia praw fizyki. Fundamentalne prawa fizyki. Teoria i eksperyment. Eksperymenty myślowe. Kanon (współczesnej) wiedzy fizycznej. Niekompatybilność dwóch fundamentalnych teorii: mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności. GPS – najbardziej zdumiewający przyrząd naszych czasów, którego działanie wymaga precyzyjnego zastosowania obu tych teorii a także szczególnej teorii względności!

Informacja i informatyka klasyczna oraz kwantowa!

Nanotechnologia.

Energia i energetyka.

Przekaz wiedzy (fizycznej) jest tak samo ważny jak sama wiedza. W związku z tym właściwa dydaktyka na każdym szczeblu edukacji (popularyzacji) jest nie do przecenienia.

3. Etyczny wymiar zastosowań fizyki

Liczne idee i wynalazki fizyki mogą być użyte zarówno dla dobra człowieka jak też i dla jego zagłady, podobnie jak – jeden z najstarszych wynalazków – nóż może służyć nie tylko do krojenia chleba w celu podzielenia się nim z bliźnim, lecz także do wbicia bliźniemu w plecy. W poczynaniach zatem fizyków (i wszelkich uczonych) potrzebna jest etyka.

4. Fizyka a nauki przyrodnicze

Nauki przyrodnicze, w szczególności medycyna, jako działy fizyki.

Tak pojęta fizyka stanowi najbardziej ogólną naukę o przyrodzie. Dwa aspekty medycyny: przyrodniczy i humanistyczny.

Metody fizyczne badania genomu i proteomu.

Metody fizyczne badania morfologii, skorupy i wnętrza Ziemi.

5. Fizyka a nauki techniczne

Fizyka fundamentem nauk technicznych.

Nauki techniczne fundamentem naszej cywilizacji.

Kultura przenika całą tę konstrukcję i wyrasta ponad nią.

6. Fizyka a kosmologia

Wielki Wybuch i ekspansja Wszechświata. Astrofizyka. Teoria kosmologicznej inflacji. Teoria strun i Wszechświat przed Wielkim Wybuchem. Wszechświaty równoległe. „Atomy” czasu i przestrzeni.

7. Fizyka a filozofia

Filozofia przyrody. Rola matematyki w opisie i rozumieniu przyrody.

Człowiek jako podmiot i przedmiot fizyki (nauki). Ewolucjonizm teistyczny (kreacjonizm) i ateistyczny.

Zdolności poznawcze człowieka a ewolucja. Zasada antropiczna i podobne koncepcje.

Istniejący obiektywnie świat.

Sześć cytatów (z wielu możliwych) jako punkty odniesienia:

„Pierwsza mowa szatana do rodu ludzkiego zaczęła się najskromniej od słowa: dlaczego?” (Adam Mickiewicz),

„Jest pięć tysięcy pytań gdzie, siedem tysięcy pytań jak i sto tysięcy pytań dlaczego.” (Rudyard Kipling),

„Dla nich, powiedziałem, prawda nie byłaby niczym innym, tylko cieniami obrazów.” (Platon, Rzeczpospolita),

„Jest tylko jedno dobro, mianowicie wiedza, i tylko jedno zło, mianowicie ignorancja.” (Sokrates),

„Tej małej części ignorancji, którą porządkujemy i klasyfikujemy, nadajemy imię wiedzy.” (Ambrose Bierce),

„Wiem, że nic nie wiem” (Sokrates).

8. Fizyka (nauka) a wiara (religia)

Przedmiot fizyki i przedmiot wiary są różne.

Dwa cytaty (z wielu możliwych) jako punkty odniesienia:

„Nauka bez religii jest ułomna, religia zaś bez nauki ślepa.” (Albert Einstein),

„Wiara i rozum są jak dwa skrzydła, na których duch ludzki unosi się ku kontemplacji prawdy.” (Jan Paweł II).

9. Fizyka a sztuka

Fizyka jako opis stanów Przyrody. Sztuka jako przedstawienie stanów Ducha. Symetria i jej łamanie w Przyrodzie i w Sztuce.

10. Uczony a artysta

Co ich łączy? Co ich odróżnia? Co mają sobie nawzajem do zaoferowania?

11. Różnice i podobieństwa sensu poszukiwań twórczych

Różnice i podobieństwa sensu poszukiwań twórczych w fizyce oraz innych naukach przyrodniczych, a także w naukach technicznych, w naukach humanistycznych i w sztuce.

12. Zastosowania aparatu myślowego fizyki w innych dziedzinach

Na przykład w socjologii, ekonomii (ekonofizyka), grach rynkowych etc.

prof. Jerzy Warczewski
Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski

XVI Konferencja Epiphany w Krakowie

Od 15-tu lat cztery krakowskie instytucje naukowe: Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Akademia Górniczo-Hutnicza i Polska Akademia Umiejętności organizują konferencje pod nazwą Epiphany. Nazwa wiąże się ze świętem Trzech Króli, w którego okresie odbywa się spotkanie. Ponadto pierwsza konferencja Epiphany została zorganizowana dla uszanowania prof. Kacpra Zalewskiego, w sześćdziesiątą rocznicę jego urodzin.

W następnych latach konferencje miały za każdym razem inny temat, stanowiący ich podtytuł. Wprowadzanie nowych zagadnień i zapraszanie coraz to nowych uczestników sprawia, że powstało w ten sposób znakomite forum dyskusyjne dla frontowych problemów fizyki.

W tym roku konferencja odbywała się w dniach 6-8 stycznia i dotyczyła fizyki w podziemnych laboratoriach i jej powiązań z LHC. ("On Physics in Underground Laboratories and Its Connections with LHC").

Wzięło w niej udział ponad sto osób z różnych krajów europejskich oraz Stanów Zjednoczonych. Podczas dziesięciu sesji wygłoszono 38 referatów.

Ogromne zainteresowanie wzbudza ostatnio Ciemna Materia i Ciemna Energia, które wypełniają 95% Wszechświata. Nie są zbudowane ze znanych nam elementów materii i właściwie niewiele możemy obecnie o nich powiedzieć. Są prowadzone intensywne poszukiwania cząstek Ciemnej Materii na całym świecie w szczególności w podziemnych laboratoriach.

Ważnym tematem przewijającym się przez kilka sesji była fizyka neutrin zarówno od strony teoretycznej, modelowania jak i eksperymentów już działających i planowanych (OPERA, BORXINO, T2K, i NA61, GERDA, LAGUNA i inne). Badania są nakierowane na określenie między innymi masy neutrin, o której wiadomo jedynie, że jest niezwykle mała, rzędu 10⁻³⁸-0,37 kg.

Coraz głośniejsze się mówi wśród fizyków o teoriach spoza panującego od około 30-tu lat Modelu Standardowego. Najbardziej prawdopodobna wydaje się tzw. teoria supersymetrii SUSY. Polega ona na założeniu, że podstawowym cząstką modelu standardowego, jakimi są kwarki i leptony przypisuje się cząstki do nich supersymetryczne s-kwarki, s-leptony. Na konferencji Epiphany były omawiane pierwsze dane związane z poszukiwaniami cząstek SUSY przez eksperymenty prowadzone na LHC. Podczas specjalnej sesji omawiano pierwsze, bardzo jeszcze wstępne, wyniki czterech największych eksperymentów na LHC: ATLAS, ALICE, LHCb i CMS, prowadzące do znalezienia „boskiej cząstki” – bozonu Higgsa, do odtworzenia najwcześniejszych chwil po Wielkim Wybuchu, czy też do wytłumaczenia, co się stało z antymaterią.

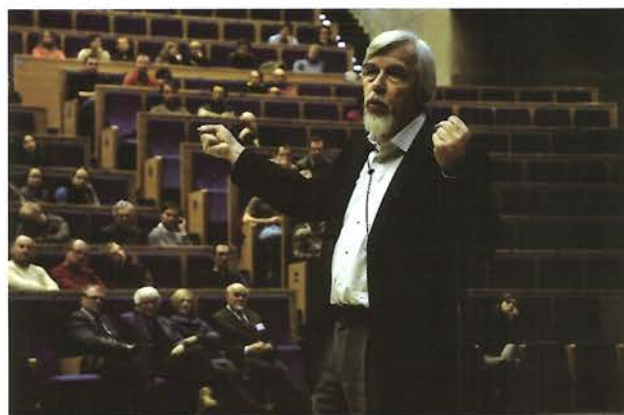
O starcie akceleratora mówił na konferencji dyrektor CERN – prof. Rolf Heuer. Ponadto wygłosił arcyciekawy wykład, otwarty dla szerokiej publiczności, zatytułowany "The Large Hadron Collider Shedding Light on the Dark Universe" (Wielki Zderzacz Hadronów Rzucający Światło na Ciemny Wszechświat).

Wykład odbył się przy prawie pełnej słuchaczy auli – Auditorium Maksimum Uniwersytetu Jagiellońskiego, które może pomieścić 1500 osób! Wywołał ożywioną dyskusję i mnóstwo pytań zainteresowanej młodzieży: uczniów i studentów. To niezwykle krzepiący widok: przy tylu utyskiwaniach mówiących o kompletnym braku zainteresowania fizyką wśród młodzieży okazało się, że jednak to zainteresowanie jest ogromne, a bariera językowa po prostu nie istnieje.

Małgorzata Nowina Konopka

Instytut Fizyki Jądrowej

im. H. Niewodniczańskiego PAN, Kraków



Prof. Rolf Heuer podczas wykładu w Auditorium Maximum.

Fot. Nikodem Frodyma



Prof. Marek Jeżabek wznosi toast podczas obiadu konferencyjnego. Obok Prof. Andrzej Warczak, z drugiej strony: Prof. Prof. Rolf Heuer, Andrzej Białas, Danuta Kisielewska, tyłem: Michał Turata, Andrzej Budzanowski, Agnieszka Zalewska, NN, Piotr Malecki.

Fot. Nikodem Frodyma



Prof. Marek Jeżabek i Prof. Rolf Heuer prawymi rękami splecionymi w geście klasycznej Kolaboracji badają Miękką Materię trzymając w lewych rękach stosowne dawki Ciekłej Materii.

Fot. Nikodem Frodyma

Jerzy Konior



Urodził się w 1954 r. w Sotwinie, koło Żywca. Ukończył Technikum Mechaniczno-Elektryczne w Bielsku-Białej, następnie studiował fizykę w Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie uzyskał tytuł magistra w 1979 r. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki uzyskał na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UJ w 1984 r. (promotor prof. Andrzej Fuliński), a stopień doktora habilitowanego

nauk fizycznych w zakresie fizyki na Wydziale Matematyki i Fizyki UJ w roku 1995. Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych uzyskał 25 września 2009 r. Pracował m.in. w szkole podstawowej jako nauczyciel, w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Rzeszowie, a od roku 1989 pracuje w Instytucie Fizyki UJ, obecnie w Zakładzie Fizyki Nanostruktur i Nanotechnologii. Odbił staże naukowe m.in. w International Centre for Theoretical Physics w Trieście, w Thermodynamics Research Center i Texas A&M University w College Station w Teksasie, w Uniwersytecie Paris-Nord w Paryżu, w King's College w Londynie.

W pracy badawczej jego zainteresowania obejmują fizykę statystyczną płynów prostych, teoretyczną fizykę fazy skondensowanej, w tym nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe i rolę oddziaływania elektron-fonon, własności elektronowe i strukturę lokalną półprzewodników domieszkowanych metalami przejściowymi, teoretyczne aspekty mikroskopii atomowych, w tym rolę oddziaływań elektrostatycznych. Prowadził wykłady m.in. z mechaniki, termodynamiki, fizyki statystycznej, programowania. Pełnił funkcję kierownika studiów podyplomowych oraz dyrektora Instytutu Fizyki UJ ds. studenckich.

Z żoną Grażyną (biolog) są małżeństwem od roku 1977, mają córkę Karolinę i dwie wnuczki. Z przekonania konserwatysta o poglądach katolicko-narodowych. Zainteresowania pozazawodowe to m.in. historia powszechna i Polski, polska literatura piękna, muzyka poważna i tradycyjna muzyka rozrywkowa, praca w warsztacie i na działce.

Krzysztof Stanisław Szot



Urodził się w 1953 roku w Czeladzi. W 1977 roku uzyskał tytuł magistra fizyki na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego. W tym samym roku rozpoczął pracę w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego. Jako stypendysta DAAD przebywał przez dwa lata w Kernforschungsanlage (KFA) Jülich w grupie prof. M. Campagny i prof. J. Fuggla. Po uzyskaniu stopnia

doktora z zakresu fizyki powierzchni (1985r, promotor prof. J. Hańderek) łączył swoją pracę naukową na Uniwersytecie Śląskim z wieloletnią pracą badawczą w wielu ośrodkach naukowych w Niemczech oraz Szwajcarii (był na stażu u prof. W. Eberhardta, prof. H. Arenda, prof. H. Lütha, prof. R. Wasera). Stopień doktora habilitowanego otrzymał w 1997 i w tym samym roku został na stałe zatrudniony w Forschungszentrum (FZJ) Jülich w Instytucie Badań Ciała Stałego. Prowadzi wykłady w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach oraz w elitarnym Uniwersytecie RWTH Aachen (Akwizgran). Nominację profesorską z zakresu nauk fizycznych otrzymał 25 września 2009 roku.

Struktura elektronowa defektów rozciągłych, zjawiska transportu ładunku elektrycznego i segregacja jonów zachodzące w otoczeniu dyslokacji, błędów ułożenia, natura gazów elektronowych „2d” powstających na granicy izolator pasmowy/izolator Motta w materiałach o strukturze perowskitu typu ABO_3 to aktualne problemy naukowe, jakimi się zajmuje. Jego model przejścia izolator-metal wzdłuż rdzeni dyslokacji, indukowany pod wpływem pola elektrycznego lub gradientu chemicznego (Nature Materials 5, 2006), jest jednym z najbardziej popularnych modeli wyjaśniających naturę procesów przełączania rezystywnego w nano-skali w podwójnych tlenkach metali przejściowych.

Niekonwencjonalne podejście do zjawisk transportu ładunku elektrycznego w izolatorach pasmowych typu ABO_3 zaowocowały nie tylko współpracą naukową z gigantami w branży elektronicznej jak IBM (głównie z grupą noblisty dr J. G. Bednorza) i firmą Intel, (współpraca dotyczy możliwości wykorzystania defektów rozciągłych do pamięci terabitowych), ale zostało zakwalifikowane przez noblistę prof. T. Hänscha („100 produktów przyszłości” Econ-Berlin, 2007) jako jedna ze 100 najbardziej perspektywicznych idei w nauce i technice na 21 wiek.

Jest autorem około 80 publikacji, współautorem 5 książek oraz 2 skryptów dla studentów. Posiada 12 patentów europejskich, z których dwa zostały wdrożone do produkcji.

Mieszka na stałe w Niemczech. Jako szczęśliwy mąż i ojciec spędza z radością swój wolny czas w gronie rodzinnym. Lubi rysować i z pasją tworzy scenografię do teatrów lalkowych.

Tytuły profesorskie

Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej nadał w dniu 30 grudnia 2009 r. tytuł naukowy profesora nauk fizycznych 10 osobom. Są to: Sławomir Piotr Breiter (UMK), Tomasz Wojciech Bulik (OA UW), Henryk Fiedorowicz (IF PAN), Tadeusz Groń (UŚ), Borys Kierdaszuk (UW), Tadeusz Michał Michałowski (UAM), Marek Lesław Pfützner (UW), Ernest Piasecki (UW), Lidia Barbara Smentek (UMK) i Krzysztof Szczepan Wieteska (IPJ).

<http://isap.sejm.gov.pl> M.S.

Medal im. Stefana Banacha dla prof. Stanisława L. Woronowicza

Prezydium PAN przyznało Medal im. Stefana Banacha profesorowi Stanisławowi Lechowi Woronowiczowi z Wydziału Fizyki UW za wybitne osiągnięcia naukowe w zakresie matematycznych metod fizyki teoretycznej. Medal ten jest przyznawany indywidualnym osobom w uznaniu wybitnych zasług dla rozwoju nauk matematycznych. Ustanowiono go w roku 1992 w setną rocznicę urodzin Stefana Banacha. Badania prof. Woronowicza od blisko 30 lat skupiają się na zagadnieniach związanych z teorią grup kwantowych. Cieszą się one wielkim uznaniem na całym świecie. Prof. Woronowicz współpracuje m.in. z Institute for Advanced Study w Princeton, Centre de Physique Theorique CNRS w Marsylii i Research Institute for Mathematical Study Kyoto University. Profesor Woronowicz jest 16. uczonym uhonorowanym Medalem im. Banacha. Uroczystość wręczenia Medalu odbyła się 21.01.2010.

<http://www.impan.pl/Nagrody/banach.html> M.S.

Nagrody Towarzystwa Popierania i Krzewienia Nauk

Jak co rok, TPKN przyznało nagrody za najlepsze prace doktorskie. Laureatami Nagrody im. Grzegorza Białkowskiego za najwybitniejsze prace doktorskie w zakresie matematyki, fizyki, astronomii i chemii są: dr Krzysztof Bolejko (Centrum Astronomicznego Mikołaja Kopernika PAN) za pracę Zastosowanie niejednorodnych modeli ogólnej teorii względności w kosmologii (pierwsza na-

groda) oraz dr Rafał Kuś (Wydział Fizyki UW) za pracę Badanie relacji przyczynowych w przetwarzaniu informacji przez mózg na podstawie sygnału EEG i dr Michał Zieliński (Instytut Fizyki UMK) za pracę Wpływ efektów naprężeń na elektronowe i optyczne własności kropek kwantowych (dwie równorzędne drugie nagrody)

<http://www.tpkn.edu.pl> M.S.

Nowe obserwatorium Słońca

11 lutego z Przylądka Kennedy'ego NASA wystrzeliła raketę, która wyniosła na orbitę Obserwatorium Dynamiki Słońca (SDO) – satelitę, który przez co najmniej 5 lat będzie fotografował Słońce. Satelita został wprowadzony na nachyloną orbitę geosynchroniczną, która zapewnia niemal ciągłą widzialność Słońca. Jedną ze składowych Obserwatorium jest kamera, która będzie fotografować Słońce co 10 s. Aparatura zgromadzona na pokładzie satelity będzie też m.in. rejestrować pole magnetyczne w obrębie fotosfery. Oczekuje się, że obrazy wysokiej rozdzielczości dostarczone przez SDO pozwolą zrozumieć pochodzenie fluktuacji aktywności słonecznej, a nawet pomóc w krótkoterminowych przewidywaniach „kosmicznej pogody”.

Nature 463, 314 (2010) M.S.

Afrykańskie Towarzystwo Fizyczne

W styczniu 2010 fizycy z krajów Afryki utworzyli towarzystwo fizyczne gromadzące fizyków z całego kontynentu. Jego prekursorem było Towarzystwo Afrykańskich Fizyków i Matematyków. Oczekuje się, że będzie ono liczyć ok. tysiąca członków indywidualnych.

Afrykańskie Towarzystwo Fizyczne (AfPS) będzie wspierać istniejące w Afryce krajowe towarzystwa fizyczne, pomagać fizykom pracującym i studiującym w krajach nie mających własnych towarzystw i wspierać współpracę fizyków z różnych krajów afrykańskich. Oficjalnym organem AfPS będzie recenzowane czasopismo internetowe African Physical Review o zasięgu międzynarodowym. Tymczasowym prezesem AfPS został Francis Allotey fizyk materii skondensowanej z Ghany. AfPS będzie również starać się pozyskiwać duże projekty naukowe, które mogłyby być umiejscowione w Afryce.

<http://physicsworld.com> M.S.

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE

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

- ▶ **ARCHIWUM**
spisy treści wszystkich zeszytów
- ▶ **ARTYKUŁY DO POBRANIA**
m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiha, Riccardo Giacconi, Aleksiej A. Abrikosow, Anthony J. Leggett, Witalij Ł. Ginzburg, Frank Wilczek, David J. Gross, David Politzer, Roy J. Glauber, Theodor W. Hänsch, John L. Hall, John C. Mather, George F. Smoot III, Albert Fert, Peter A. Grünberg)
oraz wykłady z ostatnich Zjazdów Fizyków Polskich (Białystok 1999, Toruń 2001, Gdańsk 2003, Warszawa 2005, Szczecin 2007)
- ▶ **MATERIAŁY DODATKOWE**
uzupełnienia niektórych artykułów
- ▶ **NOWE KSIĄŻKI**
Romuald Józwicki, Technika laserowa i jej zastosowania, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- *Stanisław Krukowski o modelowaniu ab initio powierzchni GaN*
- *Bartłomiej Pokrzywka o Nagrodzie Nobla z fizyki za rok 2009*
- *Ryszard Horodecki przedstawi swój kolejny wiersz*
- *Marek Abramowicz o fizyce i o muzyce*
- *Wojciech Broniowski o Projekcie FENIKS*
- *Ludwik Dobrzyński o zastosowaniach twierdzenia Bayesa*

PRENUMERATA

Postępy Fizyki można zaprenumerować w jeden z następujących sposobów.

- ▶ **PRZEZ ODDZIAŁY PTF** (tylko prenumerata krajowa dla członków PTF i studentów):
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 48 zł.
Dostawa Postępów odbywa się za pośrednictwem Oddziałów.
- ▶ **PRZEZ ZARZĄD GŁÓWNY PTF** (tylko prenumerata krajowa):
Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF: 19 1020 1097 0000 7802 0001 3128 (PKO BP IX O/Warszawa) lub w Biurze Zarządu Głównego PTF.
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 60 zł.
Dostawa Postępów Fizyki następuje drogą pocztową pod wskazany adres.
- ▶ **PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWA KOLPORTAŻU PRASY:**
RUCH (<http://www.prenumerata.ruch.com.pl>)
KOLPORTER (<http://sa.kolporter.com.pl>)
GARMOND PRESS (<http://www.garmond.com.pl>)
Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 72 zł.

Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę – patrz <http://www.ruch.pol.pl>.

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

INFORMACJE DLA AUTORÓW

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

REKLAMA W POSTĘPACH FIZYKI

Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularnonaukowych – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w Postęпах Fizyki. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt z redakcją pod adresem: postepy@fuw.edu.pl.

POSTĘPY FIZYKI (ADVANCES IN PHYSICS)

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

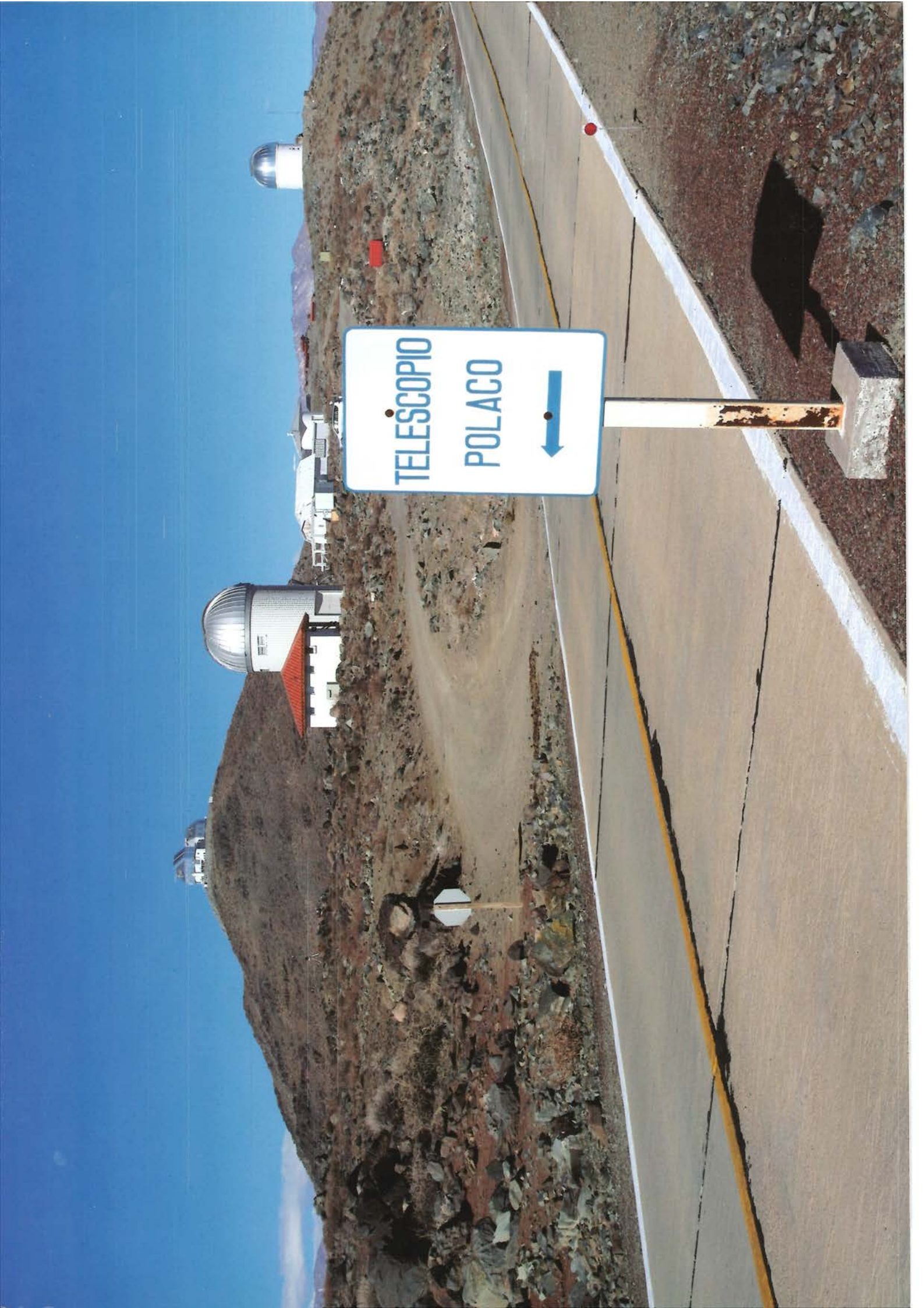
INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

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

Instrumentarium polskiego projektu ASAS przy teleskopie **OGLE**, Obserwatorium
Las Campanas, Chile. W tle kopuła 1.3-metrowego teleskopu OGLE.
Fot. Paweł Pietruk

Strona IV: Polski teleskop projektu OGLE w Obserwatorium Las Campanas,
Fot. Paweł Pietruk





TELESCOPIO

POLACO

