

Foton

104
Wiosna
2009

Pismo dla nauczycieli i studentów fizyki oraz uczniów

INSTYTUT FIZYKI  UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

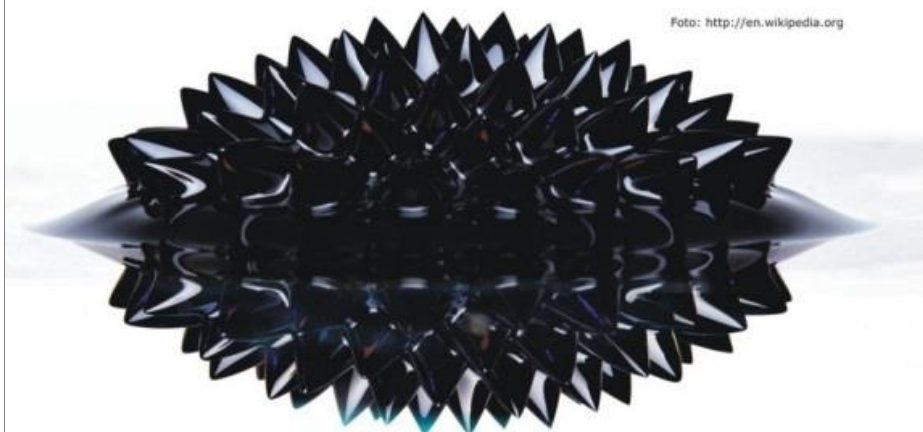


Foto: <http://en.wikipedia.org>



Wszechświat w ujęciu klasycznym
Nowości neutrinowe
Ciecze ferromagnetyczne
Jan Śniadecki - zapomniany astronom



Kryzys – 16 studentów na I roku fizyki UJ

Na drugi semestr pierwszego roku fizyki zostało zakwalifikowanych 16 studentów. W niedalekiej przyszłości Instytut Fizyki UJ będzie przeprowadzał się na nowy kampus, budowany będzie synchrotron. Można z niepokojem zapytać, kto będzie uprawiał tam fizykę.

Kiedy 50 lat temu zaczynałam studia fizyki na UJ razem z gromadą 150 koleżanek i kolegów wszyscy czuliśmy się wyróżnieni, podziwiani przez rówieśników. Mieliśmy przeświadczenie, że porywamy się na pasjonującą i trudną przygodę. Już w pierwszym semestrze dano nam doświadczyć, że fizyka jest trudna. Nie było łatwo, przetrwało jednak kilkadziesiąt osób. Wielu z nas miało braki. W liceum wszyscy uczyliśmy się z jedyne go dostępnego, szarego i nudnego podręcznika. Nie wszyscy mieli okazję robić w szkole doświadczenia, czy obserwować pokazy z fizyki, ale przeczuwaliśmy, że fizyka jest wspaniała i że jest wyzwaniem dla mądrych. To przeświadczenie czerpaliśmy od naszych nauczycieli (bo nie bardzo było skądinąd), którzy sami je podzieliли.

Dlaczego dzisiaj jest inaczej? Uczniowie mają do dyspozycji mnóstwo przepięknych kolorowych podręczników, Internet, książki popularnonaukowe. Może nie mają nauczycieli zafascynowanych fizyką, a może, i co gorsza, rozumiejących i znających fizykę? Pula, z jakiej pochodzą obecni studenci fizyki, jest nieporównywalnie większa niż 50 lat temu, gdy do szkół średnich uczęszczało tylko 20% młodzieży. Dzisiaj praktycznie każdy uczeń (prawie 100% populacji), chodzi do szkoły średniej i ma kontakt z fizyką.

Zapewne też studia fizyki utraciły prestiż i przestały być elitarne. To już jest wina uczelni. Od lat usilnie lansuje się opinię, że fizyka jest łatwa i dla każdego. A nie jest łatwa. W rezultacie mamy sfrustrowanych studentów, mordujących się, by studia ukończyć i kończących je z marnutkim zasobem wiedzy i bez entuzjazmu do fizyki.

Można by obwiniać rynek pracy i uważać, że zawód fizyka utracił swą atrakcyjność. Nie sądzę, by to było decydujące: w końcu w jakim zawodzie robi się tylko to, co człowieka interesuje? Wśród fizyków nie ma bezrobocia. Zarabia się w miarę przyzwoicie, podróżuje się po całym świecie, jest się w dobrym towarzystwie. Może tego młodzi ludzie nie wiedzą? Ale jak to jest, że kiedyś wiedzieli?

50 lat temu stosunek liczby fizyków do całej populacji był na szybkiej krzywej wzrostowej. Oczywiście ta tendencja nie mogła trwać wiecznie. Jednak obecna sytuacja wskazuje na jakiś kryzys.

Uczelnie ratując się otworzyły swoje podwoje w rozmaity sposób dla coraz to młodszych studentów, nawet przedszkolaków. To dobrze. W prezentowanym zeszycie można znaleźć informacje na ten temat. Uważam jednak, że nic nie zastąpi dobrego nauczania przez dobrych mistrzów w czasie dorastania ucznia. Dawniej to miało miejsce w szkole. A gdzie teraz?

Z.G-M



Contents

Only 16 students in the first year Jagellonian University of physics <i>Zofia Gołqb-Meyer</i>	1
No cosmology in classical physics <i>Leszek M. Sokółowski</i>	4
Neutrino where do they come from and how to detect them? <i>Krzysztof Fiałkowski</i>	15
Unusual properties of ferromagnetic liquids <i>Stanisław Bednarek</i>	22
Jan Śniadecki – a forgotten astronomer <i>Tomasz Kardaś</i>	30
Problems. Noises from the cave (12). Examples of pathologies (errors) in tests <i>Adam Smółski</i>	42
How much can one economize on a home heater <i>Piotr Białas</i>	50
Electromotor (blender with magnet) <i>Krzysztof Gołębiowski, Wim Peeters, Grzegorz Karwasz</i>	54
Problems from „Small Lion Competition” <i>Chosen by Witold Zawadzki</i>	57
What to read. „Urania. Progress in Astronomy” „Cosmology of Lemaître” by Michał Heller.....	59
Competitions of Polish Physical Society for teachers	60
40 th Polish Physicists Convention 2009, 6–11 September 2009.....	62
GIREP-EPEC International Conference University of Leicester 17–21 August 2009	
Physics Community and Cooperation.....	63
The 2009 Europhysics Conference on High Energy Physics, Cracow, July 2009 – program for teachers	64
European „Project Feniks” for junior and senior high schools	66
Announcement. Results of Competition „Physics Paths”	68
13. Science Festival in Warsaw	70



Spis treści

Kryzys – 16 studentów na I roku fizyki UJ <i>Zofia Gołąb-Meyer</i>	1
O niemożliwości kosmologii w fizyce klasycznej <i>Leszek M. Sokółowski</i>	4
Nowości neutrinowe: skąd pochodzą neutrino i jak je rejestrować? <i>Krzysztof Fiałkowski</i>	15
Ciecze ferromagnetyczne – materiały o niezwykłych właściwościach i ich zastosowania <i>Stanisław Bednarek</i>	22
Jan Śniadecki – zapomniany astronom <i>Tomasz Kardaś</i>	30
Odgłosy z jaskini (12). Test z testopatologii <i>Adam Smólski</i>	42
O oszczędnym ogrzewaniu domu – rozważania teoretyka <i>Piotr Białas</i>	50
Mikser z magnezem (na deser) <i>Krzysztof Gołębiowski, Wim Peeters, Grzegorz Karwasz</i>	54
Kącik zadań. Zadania z „Lwiątką” o tematyce astronomicznej <i>Wybrał Witold Zawadzki</i>	57
Co czytać. „Urania. Postępy astronomii” „Kosmologia Lemaître’a” Michała Hellera.....	59
Konkursy PTF-u dla nauczycieli.....	60
XL Zjazd Fizyków Polskich Kraków, 6–11 września 2009.....	62
GIREP-EPEC International Conference University of Leicester 17–21 August 2009 Physics Community and Cooperation.....	63
High Energy Physics – Konferencja Europejskiego Towarzystwa Fizycznego.....	64
Projekt Feniks.....	66
Konkurs „Fizyczne Ścieżki” rozstrzygnięty.....	68
13. Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik.....	70



O niemożliwości kosmologii w fizyce klasycznej

Leszek M. Sokółowski

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

1.

Co ma wspólnego atom z całym Wszechświatem? To, że według fizyki klasycznej jeden i drugi nie mogą istnieć. Z atomem sprawa jest jasna. Jeżeli wyobrazić go sobie, zgodnie z eksperymentami Rutherforda, jako coś podobnego do układu słonecznego, czyli że elektrony krążą wokół nieruchomego jądra niczym planety wokół Słońca, to nie może być obiektem trwałym. Według elektrodynamiki klasycznej ładunek biegnący po orbicie eliptycznej lub kołowej musi promieniować i w krótkim czasie nawinie się po spirali na jądro emitując olbrzymią ilość energii. Według mechaniki kwantowej towarzyszący elektronowi w tzw. stanie stacjonarnym kwantowy prąd elektryczny jest równy zeru i elektron nie promieniuje, więc tworzy się trwały układ związany – atom. Z Wszechświatem rzecz jest subtelniejsza: sprawiał on dziewiętnastowiecznej fizyce nieprzewyciężalne trudności. W fizyce zwykle interesujemy się aktualnym stanem wiedzy, a nie historią, cóż nas bowiem obchodzą kłopoty fizyków w XIX wieku? Kosmologia jest tu odstępstwem od reguły, ona jest jak sam Wszechświat: nie zrozumiemy dlaczego on jest dzisiaj taki jaki jest, jeżeli nie poznamy jego odległej przeszłości. Bez znajomości historii, pojmowanie kosmologii jest niepełne.

Czym właściwie jest Wszechświat? Aktualna jego definicja jest trudna, więc ją pominiemy i zadowolimy się dwiema uzupełniającymi się definicjami z encyklopedii. Pierwsza, astronomiczna, wylicza jego składniki. „Wszechświat, zwany też Kosmosem, to układ wszystkich obiektów astronomicznych, materii rozproszonej i pól fizycznych wraz z czasoprzestrzenią, którą wypełniają.” (Wielka Encyklopedia PWN, 2005) Druga, fizyczna, jest konceptualnie pełniejsza. „Wszechświat jest zbiorem wszystkich istniejących obiektów materialnych, czyli obiektów podległych prawom fizyki, niosących pewien rodzaj energii i mogących oddziaływać między sobą.” (Encyklopedia Nauki i Techniki, 2001) Definicja fizyczna wydaje się zadowalająca, jednak i ona ma ukryte wady i luki. Powiemy o nich przy innej okazji, teraz przyjmujemy, że z grubsza wiemy czym jest Wszechświat i zajmiemy się kwestią, czy fizyka jest w stanie dać zadowalający opis jego budowy i ewolucji. Odpowiedź nie jest wcale oczywista, bo fizyka ze swej istoty zajmuje się obiektami, których jest lub może być dowolnie wiele, a Wszechświat jest jeden i nie ma innych. Zasadna więc wydaje się teza, że fizyka winna dostarczyć teorii Wszechświata, która ze swej istoty opisuje tylko jeden obiekt, ten faktycznie istniejący i żaden inny. Niestety nikt nie wie, jak taką teorię skonstruować i chyba nieprędko ona powstanie. Pozosta-

je przyjąć, że fizyka będzie nadmiarowa: stworzy wiele rozmaitych teorii Wszechświata, zwanych jego modelami, krańcowo odmiennych i dopiero cały zespół obserwacji astronomicznych pozwoli z tego zbioru wybrać model najlepiej pasujący do rzeczywistości. Już ta teza – że sama fizyka będzie w stanie podać spójne i kompletne modele, z których będzie można wybrać ten właściwy – jest silna. W XIX wieku popularny był pogląd, do dziś wyznawany przez niektórych biologów, że istnieją trzy odrębne światy: mikroświat atomów, w owym czasie hipotetyczny, świat makroskopowy otaczających nas przedmiotów i organizmów żywych oraz megaświat wielkich obiektów astronomicznych. Światy te miały być rządzone odmiennymi prawami i przez to słabo ze sobą powiązane; fizyka miała się zajmować dwoma pierwszymi, a w mniejszym stopniu megaświatem. Tu trzeba powiedzieć wyraźnie: *przyroda jest jedna i rządzi nią jeden zestaw uniwersalnie słusznych praw fizyki, od atomów po największe obiekty astronomiczne.*

2.

Pierwszym, który zadał pytanie, jak zbudowany jest Wszechświat i dlaczego jest taki, a nie inny, był astronom niemiecki Johannes Kepler. Odpowiedź, jakiej udzielił w 1596 roku w dziele *Mysterium cosmographicum* była równie pomysłowa, co fałszywa, więc ją pominiemy. Newton uznał, że siłą, która spaja Wszechświat i decyduje o jego budowie, jest grawitacja. Ten pogląd jest również dziś powszechnie przyjęty, bowiem z czterech oddziaływań fundamentalnych dwa, silne i słabe, są krótkozasięgowe, a dalekozasięgowe siły elektromagnetyczne nie grają większej roli, gdyż wszystkie obserwacje wskazują, że na odległościach astronomicznych, poczynając od rozmiarów galaktyki, materia jest globalnie elektrycznie obojętna.

Na rozwoju kosmologii silnie zaważyły pewne założenia filozoficzne i metodologiczne. Kosmologia narodziła się u samych początków greckiej filozofii i nauki w VI wieku p.n.e. O jej początkach, o sposobach myślenia jej twórców wiemy bardzo mało i nigdy więcej się nie dowiemy, bowiem niemal wszystkie dokumenty z tamtej epoki przepadły. Możemy jedynie snuć pewne przypuszczenia. Ówczesni filozofowie czuli się zapewne przytłoczeni olbrzymią różnorodnością i zmiennością zachodzących wokół nich zjawisk przyrodniczych, w których nie potrafili dostrzec jakiegoś porządku. Zarazem zdawali sobie sprawę, że świat chaotyczny i zmienny jest rozumowo nieopisywalny, że konieczne są jakieś globalne zasady porządkujące. Sugestii, gdzie ich szukać, dostarczało niebo: widać było na nim kilka obiektów, których ruchami rządziły dające się odkryć regularności (wielką rolę odegrało tu przewidzenie przez Talesa w 585 r. p.n.e. zaćmienia Słońca), zaś większość ciał niebieskich wydawała się absolutnie niezmienna i nieruchoma. Wynikiem długiego i krętego ciągu rozumowań była teza, że świat globalnie jest rządzony regułami harmonii, które czynią go regularnym, wiecznym i niezmiennym, a jedynie lokalnie widzimy

oszałamiające bogactwo zmiennych procesów. Ich zmienność też jest taka, by w sumie cały Wszechświat trwał w tej samej postaci.

Pogląd ten w zasadniczych zarysach przetrwał upadek cywilizacji starożytnej, przeszedł do Średniowiecza, a następnie został przejęty przez nowożytne nauki przyrodnicze. W XIX wieku przekonanie o wieczności materii i niezmienności Wszechświata uzyskało silne wsparcie w wielkich odkryciach tego czasu: prawie zachowania masy w chemii i prawie zachowania energii w fizyce. Początki fizyki nowoczesnej również niczego tu nie zmieniły. Gdy w 1917 r., dwa lata po sformułowaniu ogólnej teorii względności, Einstein przedstawił pierwszy relatywistyczny (tzn. zgodny z OTW) model Wszechświata, bez wahania wpisał się w tę dostojną tradycję: jego model był statyczny i świat w nim nie ewoluował.

Dodajmy, że teza ta była konceptualnie niespójna. Jeżeli przyjmiemy, że Wszechświat jest pewnym – bardzo specyficznym – układem fizycznym, czyli że podlega prawom fizyki, a nie stoi ponad nimi, to należało przyjąć, że to, czy jest on wieczny i niezmienny, czy też ewoluuje, winno wynikać z rządzących nim praw, a nie być przyjmowane *a priori* jako założenie wstępne. Ale to dziś, na mocy doświadczenia, jesteśmy tacy mądrzy, 90 lat temu nie było to wcale oczywiste.

Licząca 2500 lat wiara w niezmiennność Wszechświata załamała się nagle. W 1929 r. astronom amerykański, Edwin Hubble, ogłosił odkrycie prawa powszechnej ucieczki galaktyk (galaktyki rozbiegają się radialnie od nas z prędkościami wprost proporcjonalnymi do ich odległości), a pod jego wpływem Einstein uznał w 1931 r., że Wszechświat ewoluuje. Nie zostało to jednak powszechnie przyjęte. Prawo Hubble'a doskonale pasuje do najprostszego, niestatycznego relatywistycznego modelu Wszechświata, podanego w latach 1922–1924 przez Aleksandra Friedmanna z Sankt Petersburga. W modelu Friedmanna Wszechświat ma początek: wyłania się z tzw. osobliwości czasoprzestrzeni, nazwanej później Wielkim Wybuchem. Ten eksplozywny początek budził silny opór. Powodów było szereg, jednym z nich było naiwnie interpretowane prawo zachowania energii. Nie tylko filozofowie zaciekle zwalczali, jeszcze w latach pięćdziesiątych zeszłego wieku, ideę, że Wszechświat miał początek. W latach 1946–1953 znany fizyk amerykański, George Gamow, usilnie propagował teorię powstawania pierwiastków chemicznych w reakcjach syntezy termojądrowej we wczesnym Wszechświecie, wkrótce po Wielkim Wybuchu. Spotkał się z niechęcią, niedowierzaniem i obojętnością, a jedyną twórczą reakcją było opracowanie przez grupę astrofizyków angielskich konkurencyjnej teorii syntezy pierwiastków w gwiazdach. (Dziś wiemy, że obie strony miały częściowo rację: hel powstał w większości tuż po Wielkim Wybuchu, a pierwiastki cięższe są tworzone w masywnych gwiazdach.) W napisanym ok. 1955 r. i długo cenionym podręczniku OTW, rosyjski fizyk, Władimir Fock, napisał, że kosmologia jest bliższa *science-fiction* niż poważnej fizyce.

Kolejna zmiana była nagła. W 1965 r. Amerykanie Arno Penzias i Robert Wilson dokonali – całkiem przypadkowo – jednego z największych odkryć XX wieku: zarejestrowali tzw. reliktove promieniowanie kosmiczne, czyli mikrofalowe promieniowanie elektromagnetyczne, będące reliktem wczesnego Wszechświata, gdy był on mały, gęsty i gorący. To był moment narodzin fizycznej kosmologii. W ciągu paru lat opracowano Standardowy Model Kosmologiczny, obowiązujący (z pewnymi modyfikacjami) do dziś, a kosmologia stała się pełnoprawnym działem fizyki (i astronomii), jednym z najszybciej rozwijających się i fascynujących.

3.

Wróćmy do fizyki klasycznej, obowiązującej do początków XX wieku. Skoro obowiązywała w niej doktryna o wieczności i niezmienności Wszechświata jako całości, to możliwe były tylko dwa jego modele.

I. Wszechświat – wyspa materii

Przestrzeń fizyczna jest przestrzenią euklidesową, innej możliwości nie dopuszczano (ani nie rozważano poważnie). W tej przestrzeni materia w postaci rojowiska gwiazd zajmuje skończony obszar tworząc „wyspę” otoczoną pustką rozciągającą się do nieskończoności. Tę chmurę gwiazd utożsamiano z naszą galaktyką, czyli Drogą Mleczną; ewentualnie wokół niej mogły znajdować się mniejsze wysepki materii, zwane „mgławicami pozagalaktycznymi” (Hubble udowodnił w 1924 r., że są one odrębnymi galaktykami, mniej lub bardziej podobnymi do naszej.)

Taka wyspa materii nie może trwać wiecznie niezmienniona z dwu powodów. Po pierwsze, przyciąganie grawitacyjne powoduje, że gwiazdy nie mogą być nieruchome. Takie zbiorowisko ciał szybko zapadnie się (tzw. kolaps grawitacyjny) do punktu będącego środkiem jego masy. Trwały (przynajmniej przez jakiś czas) może być tylko układ przypominający Układ Słoneczny: wszystkie gwiazdy krążą wokół wspólnego środka masy. Ale takich ruchów gwiazd nie obserwowano. Najszybsza jest gwiazda Barnarda w gwiazdozbiornie Wężownika, która przesuwa się po niebie z prędkością 10 sekund kątowych na rok, inne są dużo powolniejsze. Wysunięto więc hipotezę, że pobliskie gwiazdy są przypadkowo powolne, a szybkie gwiazdy są zbyt daleko, by ich ruchy dostrzec.

Drugi zarzut dotyczy tej chmury gwiazd, krążących, każda niezależnie od pozostałych (czyli nie jest to wirowanie wspólne jak w wodnym wirze), wokół środka masy, który byłby wówczas prawdziwym środkiem Wszechświata. Taka chmura jest nietrwała niczym kropla wody w powietrzu zawierającym mało pary wodnej. W kropli molekuly bezustannie się zderzają i w zderzeniach zyskują lub tracą energię kinetyczną. Niektóre molekuly blisko powierzchni kropli zyskują w ten sposób tak dużą prędkość, iż są w stanie pokonać przyciąganie ze strony pozostałych i uciekają z kropli w postaci pary wodnej. Coś podobnego

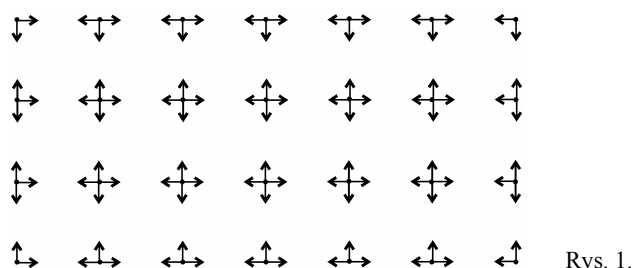
dzieje się w chmurze gwiazd. Całkowita energia chmury jest sumą energii kinetycznych gwiazd i energii potencjalnych ich oddziaływań grawitacyjnych,

$$E_c = \sum_i \frac{1}{2} m_i v^2 + \sum_i m_i U(\mathbf{r}_i, t) = \text{const} < 0, \quad (1)$$

sumujemy po wszystkich gwiazdach. $U(\mathbf{r}_i, t)$ jest wypadkowym potencjałem grawitacyjnym w punkcie \mathbf{r}_i , w którym w chwili t znajduje się gwiazda o masie m_i , pochodzącym od wszystkich pozostałych gwiazd. Gwiazdy ruszają się, więc potencjał jest zmienny, natomiast całkowita energia E_c jest zachowana w czasie, bowiem nie ma oddziaływań z otoczeniem i jest ujemna, gdyż układ jest grawitacyjnie związany. W odróżnieniu od molekuł w wodzie gwiazdy nie zderzają się (prawdopodobieństwo kolizji jest znikome), mogą natomiast znacznie zbliżyć się do siebie. Energia każdej z gwiazd, suma kinetycznej i potencjalnej, jest zmienna w czasie. W trakcie zbliżeń gwiazdy mogą wymieniać się energią kinetyczną. (Podobne zjawisko jest wykorzystywane do napędzania rakiety w dalekich lotach kosmicznych. Np. rakieta lecąca do Jowisza parokrotnie przelatuje koło Ziemi lub Marsa i za każdym razem pole grawitacyjne planety przyspiesza ją.) Przy takich zbliżeniach niektóre gwiazdy zyskują tak dużo energii, że ich prędkość przekracza drugą prędkość kosmiczną, czyli pokonują przyciąganie ze strony całej chmury gwiazdowej i uciekają z niej do nieskończoności. Całkowita energia chmury maleje o energię uniesioną przez zbiegłą gwiazdę. Gwiazd stopniowo ubywa w chmurze, a pozostające w niej mają energie coraz mniejsze (są ujemne i mają coraz większy moduł). Gdy większość gwiazd rozproszy się do nieskończoności, resztkę chmury zapadnie się w kolapsie grawitacyjnym. Ten proces „parowania” gwiazd z pierwotnej chmury jest niezmiernie powolny, trwa miliardy miliardów lat, lecz nie ma to znaczenia. Ponad wiek temu uważano, że Wszechświat jest nieskończenie stary i trwa wciąż w tej samej postaci. Nie może to być zatem Wszechświat wyspowy.

II. Wszechświat jednorodny

Większą popularność zyskał model, w którym Wszechświat jest jednorodny i izotropowy, czyli statyczna materia wypełnia równomiernie całą nieskończoną przestrzeń. Idea pochodzi zasadniczo od Newtona. Wyobraźmy sobie nieskończony układ identycznych gwiazd (czyli o równych masach i rozmiarach), które rozmieszczone są w węzłach sieci sześciennej, a więc w dokładnie równych odległościach (rys. 1). Siły grawitacyjne działające na każdą gwiazdę ze strony pobliskich gwiazd równoważą się dokładnie, pozostaje więc ona w spoczynku. Zapytany w tej kwestii, Newton stwierdził, że taka nieskończona sieć gwiazd jest w równowadze i pozostanie statyczna. Sieć nie może mieć brzegu, bo siły działające na brzegowe gwiazdy nie są zrównoważone, musi więc być nieskończona.



Rys. 1.

Ten model wydawał się bardziej realistyczny, mimo że astronomia wcale go nie podtrzymywała; obserwacje raczej sugerowały wszechświat wyspowy. Dopiero w XIX wieku zorientowano się, że podobnie jak model konkurencyjny, napotyka na nieprzezwyciężalne trudności. Pierwsza jest oczywista: jest to twór niestabilny niczym przysłowiowy domek z kart. Jeżeli którakolwiek z gwiazd przesunie się nieznacznie poza położenie równowagi, to wypadkowa siła przyciągania będzie ją coraz bardziej oddalać od tego miejsca, a jej własna grawitacja zadziała jak dodatkowa siła na wszystkie inne gwiazdy, bliskie i dalekie. W rezultacie cały nieskończony układ gwiazd wypadnie niemal natychmiast z równowagi i rozpadnie się na nieskończenie wiele różnej wielkości układów lokalnych, w których gwiazdy będą krążyć wokół lokalnych środków ciężkości, a sąsiadujące układy będą obiegać wspólne środki ciężkości, obszary zagęszczone zapadną się, a wokół nich utworzą się strefy rozrzedzone lub puste itd.

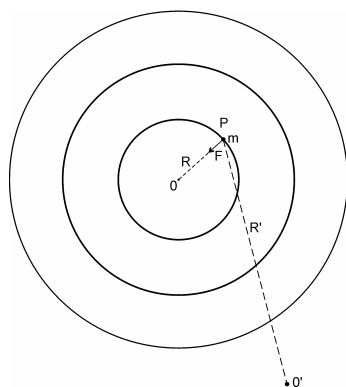
Ten argument wystarcza całkowicie, by odrzucić model Wszechświata jednorodnego. W fizyce układy niestabilne pojawiają się rzadko i trwają bardzo krótko. Wszechświat na pewno nie jest takim układem. Jednak przy badaniu modelu jednorodnego pojawiła się druga trudność, bardziej niepokojąca niż niestabilność i niezależna od niej. Ujmujemy ją stwierdzeniem: *teoria grawitacji Newtona nie stosuje się do nieskończonego jednorodnego rozmieszczenia materii*.

Odkładamy więc na bok poszukiwania modelu Wszechświata i zajmujemy się uzasadnieniem tego twierdzenia. Dla wygody zamiast rojowiska gwiazd rozpatrujemy ciągłą materię (gaz, ciecz) wypełniającą przestrzeń ze stałą gęstością masy ρ . Taki nieskończony ośrodek jest jednorodny, tzn. żaden punkt nie jest wyróżniony i jest izotropowy, czyli żaden kierunek nie jest wyróżniony. W układzie o skończonych rozmiarach zawsze są jakieś punkty wyróżnione, np. środek masy. W tym nieskończonym ośrodku umieścimy obserwatora w dowolnie wybranym punkcie P ; zadaje on pytanie, jaką siłą grawitacyjną działa cały ośrodek na znajdujące się w P ciało o masie m . Obserwator ten rozumuje następująco. Wybiera pewien punkt O jako centrum i zakreśla wokół niego koncentryczne sfery o rosnących promieniach. Punkt P leży na sferze o promieniu R (rys. 2). Załóżmy, że słuszne jest prawo ciężenia Newtona. Wynika z niego ważne twierdzenie: jeżeli ciągły rozkład masy jest sferycznie symetryczny

(a taki jest w szczególności rozkład ze stałą gęstością) względem centrum O , to siły grawitacyjne pochodzące od mas znajdujących się dalej od O niż punkt P znoszą się wzajemnie i w P działa tylko siła przyciągania masy zawartej w kuli o środku w O i promieniu R . Zewnętrznych względem P warstw kulistych jest nieskończenie wiele i siła grawitacyjna każdej z nich jest w P dokładnie równa zeru. Masa zawarta w kuli, na powierzchni której znajduje się obserwator, jest równa $M = (4/3)\pi R^3 \rho$ i przyciąga znajdującą się w P masę m siłą

$$F = \frac{GMm}{R^2} = \frac{4\pi}{3} Gm\rho R \quad (2)$$

skierowaną od P do O . Ale przecież punkt O został wybrany jako centrum zupełnie dowolnie i nie jest w fizycznie wyróżniony! Wybierzmy jako centrum punkt O' odległy o R' od P ; wówczas identycznym rozumowaniem wykazemy, że w P działa wypadkowa siła wprost proporcjonalna do R' i skierowana wzdłuż PO' !



Rys. 2.

Rozumowanie to jest więc fałszywe. Twierdzenie, na którym się ono opiera, jest matematycznie poprawne, natomiast fałszywe jest jego założenie, a mianowicie, że w nieskończonym ośrodku słuszne jest prawo ciężenia Newtona. Zauważmy, że z założenia ten ośrodek jest idealnie izotropowy. Gdyby w jakimkolwiek punkcie działała wypadkowa siła grawitacyjna, to jej kierunek byłby wyróżnionym kierunkiem (przynajmniej w tym miejscu). Zatem w każdym punkcie siły grawitacyjne muszą się dokładnie znosić, tak jak zauważył to Newton. Nie mogą to być jednak siły dane jego prawem powszechnego ciężenia, gdyż na podstawie powyższego rozumowania wynika z niego niezerowa siła wypadkowa zależna od dowolnie wybranego centrum, co prowadzi do sprzeczności.

4.

Stwierdzenie, że prawo powszechnego ciężenia nie jest całkiem powszechne, brzmi zaskakująco, więc zajmiemy się nim dokładniej. Prawa fizyki rządzące

dynamiką rozmaitych zjawisk mają postać równań różniczkowych mających nieskończony zbiór rozwiązań. Niektóre z tych rozwiązań są szczególnie fizycznie (i matematycznie) ważne i zostały odkryte (eksperymentalnie lub rozważaniami heurystycznymi) wcześniej niż same równania; nadawano więc im nazwę praw fizyki (praw empirycznych). Prawo oddziaływania elektrostatycznego ładunków zostało odkryte przez Charlesa Coulomba w 1785 r., 80 lat wcześniej niż równania Maxwella, dla których jest rozwiązaniem fundamentalnym. Johannes Kepler podał trzy prawa ruchu planet na początku XVII wieku, a dopiero pod koniec tego stulecia Newton udowodnił, iż są one rozwiązaniami jego równań ruchu z siłą grawitacyjną. Również prawo ciążenia Newtona nie jest prawem w dzisiejszym rozumieniu prawa fizyki, lecz rozwiązaniem fundamentalnym równania podanego w 1813 r. przez Simeona Poissona. W odróżnieniu od równań Maxwella, wyrażających dynamikę elektromagnetyzmu, czyli klasy zjawisk daleko szerszej niż zjawiska elektrostatyczne opisane prawem Coulomba, równanie Poissona nie jest podstawą nowej, szerszej teorii grawitacji i zostało wprowadzone dla lepszego opisu matematycznego zjawisk podległych prawu powszechnego ciążenia. Obecnie przez newtonowską teorię grawitacji rozumie się teorię statycznego pola grawitacyjnego opisanego potencjałem spełniającym równanie Poissona.

Siła działająca w polu grawitacyjnym na masę m jest równa $\mathbf{F} = m \mathbf{g}$, gdzie wektor \mathbf{g} jest natężeniem tego pola i jest gradientem potencjału, $\mathbf{g} = -\text{grad } U$, czyli we współrzędnych kartezjańskich w pewnym inercyjnym układzie odniesienia wektor ten ma składowe

$$\mathbf{g} = -\left(\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z}\right). \quad (3)$$

W obszarze wypełnionym ciągłą materią z gęstością masy $\rho(x,y,z)$ potencjał grawitacyjny podlega równaniu

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)U = 4\pi G \rho. \quad (4)$$

Wyrażenie w nawiasie nazywamy *operatorem różniczkowym Laplace'a (laplasjanem)* działającym na funkcje i przyporządkowującym im sumę ich drugich pochodnych cząstkowych; oznaczamy go Δ . Równanie Poissona brzmi więc

$$\Delta U = 4\pi G \rho. \quad (5)$$

Z równania tego widać, że potencjał jest wyznaczony przez gęstość materii z dokładnością do addytywnej stałej, tzn. U i $U + U_0$ są fizycznie tym samym rozwiązaniem dla dowolnej stałej U_0 . W obszarze poza materią równanie Poissona redukuje się do równania Laplace'a $\Delta U = 0$.

Rozpatrzmy rozwiązanie równania (4) w nieskończonym jednorodnym ośrodku ze stałą gęstością masy ρ . Z symetrii zagadnienia wynika, że fizycznie sensownym rozwiązaniem musi być znikające natężenie pola, $\mathbf{g} = \mathbf{0}$. Odpowiada mu stały potencjał, np. $U = 0$. Wtedy lewa strona równania (4) znika, $\Delta 0 = 0$, zatem znika jego prawa strona i $\rho = 0$. Dostajemy sprzeczność, bowiem założyliśmy dodatnią gęstość masy. *Równanie Poissona nie ma fizycznie sensownych rozwiązań dla nieskończonego jednorodnego ośrodka.*

Z matematycznego punktu widzenia równanie Poissona ma rozwiązania w tym ośrodku. Wybierzmy dowolnie punkt O jako początek układu współrzędnych (x, y, z) i wprowadźmy zmienną radialną r zależnością $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$. Można sprawdzić (aczkolwiek wymaga to dłuższego rachunku), że rozwiązaniem sferycznie symetrycznym względem O jest funkcja

$$U(r) = \frac{2\pi}{3} G\rho r^2, \quad \text{a stąd} \quad \mathbf{g} = -\frac{4\pi}{3} G\rho \mathbf{r}. \quad (6)$$

Jak należało się spodziewać, jest to znaleziona poprzednio siła skierowana do O , czyli rozwiązanie fizycznie nieakceptowalne.

Trzeba z naciskiem stwierdzić, że newtonowska teoria grawitacji jest fizycznie sensowna i potwierdzona licznymi obserwacjami tylko wtedy, gdy oddziałujące grawitacyjnie ciała zajmują skończony obszar przestrzeni. Przy dodatkowych założeniach teoria ta stosuje się też do sytuacji, gdy materia wypełnia całą przestrzeń, lecz jej gęstość maleje dostatecznie szybko z odległością liczoną od pewnego punktu i asymptotycznie zmierza do zera dla nieskończonej odległości. *Opis oddziaływań grawitacyjnych w nieskończonym jednorodnym ośrodku materialnym jest poza zasięgiem teorii newtonowskiej.*

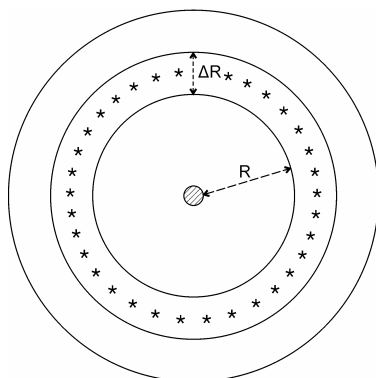
Konkluzja ta była w XIX wieku dla kosmologii zabójcza. Wszechświat, wprawdzie fizycznie jak najbardziej realny, okazał się układem, do którego znane prawa fizyki – w owym czasie uważane za uniwersalne i ostateczne – nie stosują się. Kosmologia nie mogła być nauką fizyczną.

5.

Dodajmy, jakby tego było mało, że oprócz sprzeczności pomiędzy ideą wiecznego i niezmiennego Wszechświata a newtonowską teorią grawitacji, kosmologia doznała w owym czasie spektakularnego ciosu z zupełnie innej strony. Był nim paradoks Olbersa, zwany też fotometrycznym.

Założmy, że nieskończony, jednorodny i statyczny Wszechświat spaja siła różna od siły grawitacyjnej Newtona. Ile światła gwiazd dociera do nas? Pytanie to zadawali kolejno Johannes Kepler w 1610 r. i odkrywca sławnej komety, Edmund Halley ok. 1721 r.; ich odpowiedź była zdumiewająca. Niemiecki lekarz i astronom, Heinrich Olbers, nadał mu formę paradoksu: *dlaczego nocne niebo jest ciemne?* Policzmy to robiąc dwa upraszczające założenia, które nie zmieniają wyniku. Założmy, że gwiazdy świecą z jednakową mocą zwaną ja-

snością absolutną gwiazdy L ; jest to energia emitowana izotropowo w ciągu 1 sekundy, np. jasność Słońca jest równa $4 \cdot 10^{33}$ erg/s. Rozważmy cieką kulistą warstwę otaczającą Ziemię o promieniu R i grubości ΔR dużo mniejszej od R , zatem znajdujące się w niej gwiazdy są w tej samej odległości od nas (rys. 3).



Rys. 3.

Gwiazdy obserwujemy za pomocą teleskopu z kulistym zwierciadłem, zatem teleskop może jednocześnie rejestrować światło ze wszystkich kierunków. Światło gwiazdy odległej o R rozkłada się równo na sferze o promieniu R , więc ilość światła l tej gwiazdy padająca w ciągu 1 s na zwierciadło o polu powierzchni S (zwana „jasnością widomą” gwiazdy) jest równa

$$l = \frac{S}{4\pi R^2} L. \quad (7)$$

W jednostce objętości jest n gwiazd, a liczba gwiazd w badanej warstwie o objętości V jest równa $N = nV = 4\pi R^2 \Delta R n$. Teleskop rejestruje łączną moc widomą gwiazd w tej warstwie równą $Nl = nL\Delta R$ – ta moc nie zależy od R ! Wynik ten jest zrozumiały: wprawdzie moc widoma pojedynczej gwiazdy maleje jak R^{-2} , za to liczba gwiazd w warstwie rośnie jak R^2 . Każda warstwa, bliska czy daleka, daje na Ziemi tyle samo światła. W nieskończonym świecie warstw jest nieskończenie wiele, zatem z nocnego nieba powinno docierać na Ziemię nieskończona ilość światła! To zdumiało wspomnianych astronomów.

Paradoks ciemnego nieba jest spektakularny. Ktoś zauważył przytomnie, że gwiazdy nie są punktowe i każda tworzy na niebie kołową tarczę, więc gwiazdy bliższe przysłaniają dalsze. To niewiele pomaga. Przyjmijmy, że wszystkie gwiazdy mają tę samą średnicę równą a i ustawmy pewną liczbę gwiazd na sferze o promieniu R tak, by ją całą pokryły, wówczas dalszych gwiazd nie widać. Każdą gwiazdę widzimy wtedy na niebie jako tarczę o polu $(\pi/4)a^2$. Liczba gwiazd potrzebnych do pokrycia całej sfery jest równa

$$\frac{4\pi R^2}{\frac{\pi}{4}a^2} = \frac{16R^2}{a^2} \quad (8)$$

i rośnie z promieniem tej sfery jak R^2 . Z kolei jasność widoma każdej z nich maleje jak R^{-2} , zatem ilość światła docierającego do nas jest jednakowa, niezależnie od tego, czy ta sfera jest daleko, czy blisko. Umieścimy ją w odległości $R = 150$ mln km, czyli w odległości Słońca od Ziemi. Średnicę Słońca widzimy z Ziemi pod kątem $\alpha = a/R = 9,3 \cdot 10^{-3}$ radianów, czyli $0,53^\circ$. Sferę niebieską o tym promieniu można pokryć za pomocą

$$\frac{16R^2}{a^2} = \frac{16}{\alpha^2} \cong 184.000 \quad (9)$$

tarcz słonecznych. Zatem całe niebo winno świecić jak 184.000 słońc. Tak oczywiście nie jest.

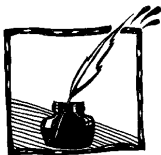
Francuski astronom Jean Philippe Cheseaux wysunął w 1774 r. hipotezę, że przestrzeń międzygwiazdowa nie jest pusta, że zawiera chmury gazu i pyłu. Obłoki pyłowe mogą działać jak lustro i odbijać światło dalekich gwiazd, tak że widzimy tylko nieliczne gwiazdy bliskie. To wyjaśnienie było w tym czasie przekonujące, bowiem nie istniała jeszcze termodynamika. Gdy sformułowano jej podstawy, astronom angielski John Herschel obalił argument Cheseaux. Żadne ciało, a zwłaszcza obłok pyłu, nie może działać jak idealne lustro i odbijać całego padającego na nie promieniowania; musi część energii pochłoniąć i nagrzać się. W normalnych warunkach lustro jest chłodzone przez pobliskie ciała, np. powietrze i nagrzewania nie zauważamy. Międzygwiazdowy pył oświetlany przez pobliską gwiazdę będzie się stopniowo nagrzewał i sam promieniował (najpierw w podczerwieni), aż do osiągnięcia stanu równowagi termodynamicznej, w którym będzie tyle samo pochłaniać, co emitować, czyli świecić jak ta gwiazda. Niebo powinno zatem być pokryte częściowo tarczami gwiazd, a częściowo – równie jasnymi obłokami pyłu.

Tego rozumowania już w żaden sposób nie można było obalić. Podejmowano rozmaite rozpaczliwe próby wyjaśnienia paradoksu Olbera, ale były one nieskuteczne. W ramach fizyki klasycznej i przy założeniu wiecznej niezmienności Wszechświata jest on obiektem nieopisywalnym za pomocą fizyki i wszelkie próby w tym kierunku napotykały trudności nie do przewyżczenia, z których najbardziej spektakularną jest paradoks fotometryczny.

Dla porządku dodajmy, że fizyka relatywistyczna i kwantowa poradziła sobie z tymi kłopotami. Jeżeli dziś kosmologia ma jakiś problem, to jest nim zagadkowa ciemna energia.

Literatura

Leszek M. Sokołowski, *Elementy kosmologii dla nauczycieli, studentów i dociekliwych uczniów*, ZamKor, Kraków 2005.



Nowości neutrinowe: skąd pochodzą neutrina i jak je rejestrować?

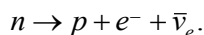
Krzysztof Fiałkowski
Instytut Fizyki UJ

1. Skąd pochodzą neutrina?

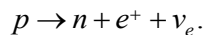
Już wielokrotnie *Foton* zamieszczał artykuły poświęcone badaniom neutrin. Przypomnijmy w skrócie ich historię: zaproponowane w 1930 roku przez Wolfganga Pauliego jako „niewidzialni” partnerzy elektronów w rozpadach β , zostały zarejestrowane ćwierć wieku później przez Fredericka Reinesa (Nobel 1995) i Clyde’a Cowana i od ponad półwiecza są intensywnie badane przez fizyków całego świata. Są to cząstki wszechobecne: samo Słońce wysyła strumień neutrin tak potężny, że w każdej sekundzie przez każdy centymetr kwadratowy powierzchni Ziemi (a więc i naszych ciał) przechodzi kilkadziesiąt miliardów tych cząstek!

Dlaczego więc tak późno odkryto neutrino? Przyczyna jest prosta: neutrino oddziałują z materią tak słabo, że ani kula ziemska, ani nawet Słońce nie są dla nich przeszkodą. Dopiero dla warstwy materii o grubości rzędu roku świetlnego prawdopodobieństwo oddziaływania neutrin o energii typowej dla „słonecznych” jest porównywalne do prawdopodobieństwa przejścia bez oddziaływania. Do wynikających stąd wniosków dla strategii detekcji neutrin wrócimy później.

Strumienie neutrin jeszcze intensywniejsze od „słonecznego” możemy obserwować w pobliżu reaktorów, gdzie są one produktem rozpadu β^- swobodnych neutronów i jąder o nadmiarze neutronów według schematu



Kreska nad ostatnim symbolem oznacza, że jest to *antyneutrino*, czyli antycząstka neutrina $\bar{\nu}_e$, które pojawia się obok antycząstki elektronu – *pozytonu* e^+ przy rozpadach β^+ jąder o nadmiarze protonów zgodnie ze schematem



Przypomnijmy, że procesy te mogą zajść tylko wtedy, gdy pozwala na nie prawo zachowania energii. Suma mas produktów rozpadu musi być mniejsza od masy cząstki rozpadającej się, więc dla pojedynczych cząstek możliwy jest pierwszy z wymienionych rozpadów (masa neutronu jest większa od masy protonu o około trzy masy elektronu, a masa neutrina jest pomijalnie mała), zaś niemożliwy drugi rozpad – proton jest stabilny. Masa jądra M nie jest jednak sumą mas Z protonów i N neutronów (określanych wspólną nazwą nukleonów), które wchodzi w jego skład, lecz jest od niej mniejsza o tzw. deficyt masy ΔM :

$$\Delta M = ZM_p + NM_n - M.$$

Wielkość stosunku tego deficytu do liczby nukleonów w jądrze decyduje o stabilności jądra. Z reguły dla określonego pierwiastka, którego atomy mają ustaloną liczbę protonów Z w jądrze istnieje jeden izotop stabilny (lub dwa), zwykle o N równym Z lub nieco większym. Jądra atomów izotopów stabilnych mają masę M mniejszą niż te, które otrzymalibyśmy „wymieniając” jeden z protonów na neutron, albo odwrotnie. Zwiększenie albo zmniejszenie N zmniejsza deficyt masy i powoduje, że jeden z wymienionych powyżej procesów rozpadu jest możliwy. Dla $M(N,Z) > M(N-1,Z+1) + M_e$ możliwy jest rozpad β^- , a dla $M(N,Z) > M(N+1,Z-1) + M_e$ rozpad β^+ (M_e – masa elektronu).

Oprócz występujących w opisanych wyżej procesach neutrin *elektronowych* znamy neutrina *mionowe* ν_μ , towarzyszące mionom μ np. w rozpadach mezonów π („pionów”): $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$, oraz neutrina *taonowe* ν_τ , związane z trzecim obok elektronu i mionu naładowanym *leptonem* (nazwą tą określamy elementarne cząstki, które nie oddziałują silnie): taonem τ . Taon został odkryty dopiero 30 lat temu (za co jego odkrywca Martin Perl otrzymał nagrodę Nobla), bo ze względu na jego dużą masę powstaje tylko w zderzeniach przy bardzo wysokich energiach, a towarzyszące mu neutрино zarejestrowano dopiero w ostatniej dekadzie.

Miony są niestabilne podobnie jak piony (choć żyją około stu razy dłużej, średnio około 2 μ s) i rozpadają się na elektrony i dwa neutrina:

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu.$$

Taony żyją ponad milion razy krócej i wśród produktów ich (bardzo różnorodnych) rozpadów jest zawsze neutрино taonowe.

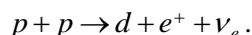
Jak widać, źródłem neutrin są najczęściej rozpady nietrwałych jąder lub cząstek. Neutrina elektronowe zwykle pojawiają się w rozpadach „trzycałowych”, czyli w towarzystwie dwu innych cząstek. Prawo zachowania energii nie wyznacza więc jednoznacznie ich energii nawet wtedy, gdy rozpadające się jądro spoczywa; podobnie jak dla elektronów z rozpadów β ustalona jest tylko maksymalna możliwa energia. Znamy jednak także proces, w którym w stanie końcowym są tylko dwie cząstki: tzw. „wychwyt K”, w którym jądro pochłania jeden z elektronów (z najbliższej jądra powłoki), i w wyniku tego jeden z protonów jądra zmienia się w neutron z emisją neutrina:

$$e^- + p \rightarrow \nu_e + n.$$

Dla ustalonych jąder przed i po wychwycie energia neutrina jest ściśle określona.

Neutrina „słoneczne”, zarejestrowane w sławnym eksperymencie Raymonda Davisa (Nobel 2002) nieco później niż „reaktorowe”, pochodzą nie z rozpadów,

ale z zachodzących w Słońcu reakcji jądrowych. Najważniejsza z nich to reakcja łączenia protonów, w której powstaje układ p - n , czyli *deuteron* d – jądro ciężkiego izotopu wodoru, deuteru:



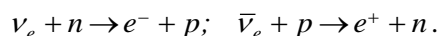
Reakcja ta inauguruje „cykl protonowy” reakcji, który jest głównym źródłem energii Słońca.

Inny jest schemat produkcji neutrin podczas wybuchów *supernowych*, czyli niewiarygodnie potężnych wybuchów ciężkich gwiazd. Gdy w takich gwiazdach reakcje jądrowe „wypalą” większość wodoru, ciśnienie panujące wewnątrz gwiazdy rozgrzewanej energią reakcji jądrowych przestaje równoważyć siły grawitacji i gwiazda „zapada się”. Atomy materii są zgniatane, a ich elektrony łączą się z protonami jąder w procesie analogicznym do omówionego powyżej „wychwytu K”. W wyniku tego powstaje „gwiazda neutronowa” i emitowana jest olbrzymia liczba neutrin. Wytwarzany wówczas strumień neutrin jest tak potężny, że w 1987 roku udało się zarejestrować neutrina z wybuchu supernowej w Obłoku Magellana, z odległości około 180 tysięcy lat świetlnych od Ziemi (a więc ponad dziesięć miliardów razy większej niż odległość Ziemi od Słońca!).

Wreszcie źródłem neutrin o energiach znacznie większych niż energie uzyskiwane w wymienionych powyżej procesach jest promieniowanie kosmiczne. Ściśle mówiąc, głównym źródłem są tu rozpady pionów powstających w atmosferze w wyniku oddziaływań nadlatujących z Kosmosu protonów o wielkich energiach, a także rozpady mionów powstających w rozpadach pionów. Neutrina te określa się zwykle nazwą „neutrina atmosferyczne”. Neutrina o podobnych energiach możemy oczywiście wytwarzać także w laboratorium na Ziemi, wykorzystując piony powstające w zderzeniach z materią protonów przyspieszanych w akceleratorach. Takie badania dowiodły, że ν_e i ν_μ to dwie różne cząstki, za co w 1988 roku nagrodę Nobla otrzymali Leon Lederman, Melvin Schwartz i Jack Steinberger.

2. Jak rejestrować neutrina?

Trudność rejestracji neutrin wynika z niezwykle małego prawdopodobieństwa ich oddziaływania z materią. Prawdopodobieństwo to rośnie z energią neutrin, ale nawet dla najwyższych energii jest znikomo małe. Dla (anty)neutrin z rozpadów β o energii rzędu kilku lub kilkudziesięciu energii spoczynkowych elektronu dominującym procesem oddziaływania jest przemiana w elektron (lub pozyton) przy równoczesnej przemianie jednego z neutronów jądra w proton (lub protonu w neutron):



Ta ostatnia reakcja posłużyła Reinesowi i Cowanowi do pierwszej rejestracji oddziaływań neutrin, bo pozytonów nie ma w „zwykłej” materii i oddziałują one w bardzo charakterystyczny sposób, anihilując z napotkanym elektronem na parę fotonów (kwantów gamma) o łącznej energii równej w przybliżeniu podwójnej energii spoczynkowej elektronu. Znacznie trudniejsza jest rejestracja neutrin przez detekcję elektronów, bo trudno je odróżnić od elektronów pochodzących z innych procesów. Dlatego Davis nie zliczał elektronów, tylko (co parę tygodni!) atomy radioaktywnego izotopu argonu, w które zmieniały się w jego eksperymencie jądra atomów chloru w wyniku przemiany jednego z neutronów w proton.

W zderzeniach neutrin o wysokich energiach (rzędu energii spoczynkowych protonu lub wyższych) z jądrami atomów materii powstaje z reguły więcej cząstek, ale zwykle zachodzi podobna zamiana neutrina w elektron, pozyton (jak wyżej) lub w mion

$$\nu_{\mu} + n \rightarrow \mu^{-} + p; \quad \bar{\nu}_{\mu} + p \rightarrow \mu^{+} + n$$

(taony żyją zbyt krótko, aby je rejestrować prostymi metodami). Rejestracja tych cząstek naładowanych może następować w tej samej materii, której użyto jako „tarczy”, jeśli jest ona przezroczysta dla światła. Wykorzystuje się w tym celu tzw. efekt Czerenkowa, polegający na emisji światła przez cząstki naładowane przy ich przelocie z szybkością większą od szybkości światła w danym ośrodku. Najlepszymi, stosunkowo tanimi detektorami są więc ogromne zbiorniki wodne osłonięte od wszelkich innych źródeł promieniowania i otoczone „fotopowielaczami”, rejestrującymi błyski światła. Za badania przy użyciu takiego detektora o nazwie Superkamiokande część nagrody Nobla w 2002 roku otrzymał Masatoshi Kosiba. Badania te dowiodły m.in., że zachodzą tzw. oscylacje neutrin: neutrina elektronowe, mionowe i taonowe mogą przechodzić w siebie wzajemnie! Z teorii wynika wtedy, że neutrina muszą mieć niezerową masę, choć jest ona zbyt mała (miliony razy mniejsza od masy elektronu), aby można ją obecnie wyznaczyć doświadczalnie.

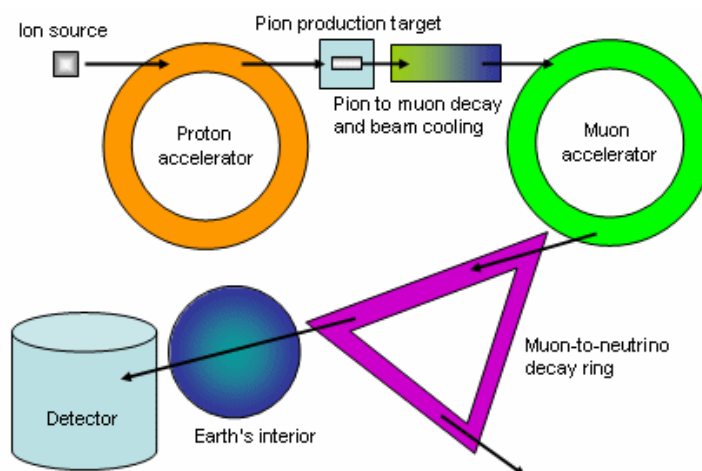
Jednak nawet dla potężnego strumienia neutrin i ogromnej tarczy liczba oddziaływań w jednostce czasu jest niewielka: przez ciało stałe o typowej gęstości pojedyncze neutrin przeleciałoby średnio przed oddziaływaniem odległość rzędu roku świetlnego, a nawet przy strumieniu rzędu miliardów neutrin na sekundę na cm^2 i objętości tarczy rzędu m^3 w czasie rzędu dni zarejestrujemy zwykle tylko pojedyncze oddziaływania.

Dwie metody detekcji neutrin omówione powyżej: bezpośrednia rejestracja pozytonów, elektronów lub mionów, w które zmieniły się neutrina, albo opóźnione liczenie radioaktywnych jąder powstałych w wyniku oddziaływania, dominowały przez pół wieku, przy czym ta pierwsza metoda dała się zastosować tylko dla znacznej energii neutrin. Dlatego większość neutrin „słonecznych” (o energii rzędu energii spoczynkowej elektronu) rejestrowano tylko metodami

radiochemicznymi. Dopiero niedawno ruszył (z udziałem krakowskich fizyków) eksperyment BOREXINO, w którym oddziaływania neutrin słonecznych z „cyklu protonowego” można rejestrować bezpośrednio. Jest to jednak eksperyment tak skomplikowany, że jego opis wymagałby specjalnego artykułu.

3. Co nowego?

Ostatnie lata przyniosły nowe pomysły na intensywne źródła neutrin. Jeden z nich (tzw. „fabryka neutrin”) polega na wykorzystaniu faktu, że miony żyją dostatecznie długo, aby sformować z nich gęstą wiązkę rozpędzoną do określonej energii. Rozpady takich mionów mogą dać wiązkę neutrin o wiele intensywniejszą i lepiej zogniskowaną niż jakiekolwiek wiązki otrzymywane dotąd z rozpadów pionów produkowanych w zderzeniach protonów akceleratorowych z materią. Planuje się rozpędzanie mionów po „kanciastym” konturze zamkniętym (np. przybliżającym trójkąt), aby uzyskać wiązki neutrin poruszające się w przybliżeniu w kierunku równoległym do jednego z „boków” tego konturu.



Schemat ideowy fabryki neutrin (nie w skali): Od lewej u góry: źródło jonów, akcelerator protonów, tarcza do produkcji pionów, tunel rozpadu pionów, akcelerator mionów, pierścień rozpadu mionów w neutrina. Pokazano także kierunek wiązki neutrin przez kulę ziemską do odległego detektora

Druga idea (tzw. „wiązki beta”) pozwala na uzyskanie neutrin wysokich energii z rozpadów beta przez rozpędzenie w akceleratorze jonów radioaktywnych izotopów. Przy odpowiednio wysokim stopniu jonizacji pole elektryczne akceleratora może rozpędzić takie jony do bardzo wysokich energii, co także umożliwi lepsze zorientowanie przestrzenne wiązki neutrin pochodzących z rozpadu tych jonów.

Obecnie prowadzone są prace projektowe do konstrukcji urządzeń wykorzystujących te pomysły. Ocenia się, że oba sposoby pozwolą na uzyskanie znacznie intensywniejszych strumieni neutrin, niż używane obecnie, a przy tym możliwe będzie znacznie dokładniejszy dobór energii i kierunku wiązki.

Zupełnie nową ideą, dyskutowaną obecnie, jest możliwość wykorzystania procesu „odwrotnego” do wychwytu K : emisji antyneutrina z równoczesnym wychwytem emitowanego elektronu na jedną z powłok wokół jądra. W takim procesie energia antyneutrina jest ustalona dla spoczywającego jądra. Nie może to oczywiście nastąpić w zwykłym atomie, w którym powłoki bliskie jądra są zapełnione, a zakaz Pauliego nie pozwala na umieszczenie na nich dodatkowego elektronu. Jednak w jonach „odartych” z elektronów, które mają być użyte w „wiązkach beta”, proces ten jest możliwy (i całkiem prawdopodobny) i można w ten sposób otrzymać wiązkę neutrin o jeszcze lepiej określonym pędzie, niż dla „zwykłych” rozpadów β .

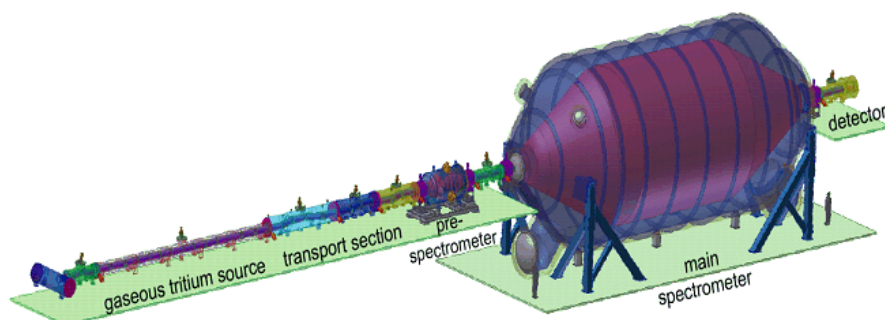
Jeszcze bardziej rewolucyjny pomysł dotyczy możliwości detekcji neutrin ze źródła, o którym dotąd nie wspominaliśmy: tzw. „neutrin tła”, czyli reliktu z ery, w której we Wszechświecie nie było jeszcze jąder, a protony, neutrony, elektrony i neutrina były w „równowadze termodynamicznej”. Oznacza to, że dzięki ogromnej temperaturze i energii kinetycznej elektronów i neutrin w każdej chwili tyle samo neutronów powstawało w zderzeniach i rozpadało się przez rozpad β . Po spadku temperatury poniżej pewnej wartości wszystkie neutrony oprócz tych, które „uwięzły” w jądrach (głównie helu) rozpadły się, a pochodzące z tych rozpadów neutrina wędrowały odtąd swobodnie obniżając swoją energię kinetyczną zgodnie z wzrostem odpowiadającej im długości fali materii. Można oszacować, że w każdym cm^3 Wszechświata jest około 10 neutrin z tego źródła, a ich energia kinetyczna jest poniżej jednej miliardowej energii spoczynkowej elektronu.

Tak mała energia neutrin tła (znacznie mniejsza od ich energii spoczynkowych!) powoduje, że prawdopodobieństwo ich oddziaływania z materią przez zainicjowanie procesu analogicznego do tego, który wykryli Reines i Cowan jest jeszcze o wiele rzędów wielkości mniejsze, niż dla rozważanych dotąd przykładów. Dodajmy, że tarczę należałoby budować ze specjalnie dobranych izotopów, dla których masa jądra po wymianie protonu na neutron zmniejszyłaby się o tyle, aby umożliwić wyprodukowanie pozytonu, bo nie wystarczy do tego pomijalnie mała energia neutrina. Nie jest też możliwa detekcja elastycznego rozproszenia neutrin tła, bo wynikała ze zderzeń takich neutrin zmiana energii cząstek materii byłaby zbyt mała, aby można ją zmierzyć znanymi metodami. Wydawało się więc, że w dającej się przewidzieć przyszłości istnienia neutrin tła nie da się w żaden sposób dowieść.

Tymczasem obecnie rozważa się możliwość rejestracji neutrin tła nie przez ich oddziaływanie, ale przez samo istnienie. Chodzi tu o wykorzystanie zakazu Pauliego, który uniemożliwia umieszczenie neutrina w stanie, który jest już

obsadzony. Neutrino tła „zajmują” stany o bardzo niskiej energii, więc ich obecność uniemożliwia rozpad β , w którym powstałoby neutrino o takiej samej energii. Może to dać zniekształcenie widma elektronów o wartości energii bliskiej maksymalnej: takich elektronów będzie mniej, niż oczekujemy.

Niestety, aktualna dokładność pomiarów tego widma nie pozwala jeszcze na uzyskanie znaczących wyników, ale po raz pierwszy wydaje się, że wykrycie neutrin tła nie jest zasadniczo niemożliwe. Dodajmy, że podobny efekt zmiany kształtu widma elektronów o najwyższej możliwej energii powinien najpierw pozwolić na wyznaczenie mas neutrin, bo ich energię spoczynkową należy oczywiście także uwzględnić w bilansie przy obliczaniu widma energii najszybszych elektronów z rozpadu β . Takiemu wyznaczeniu ma służyć rozpoczynający się właśnie eksperyment KATRIN. Jak wspomnieliśmy, energia kinetyczna neutrin tła jest mniejsza od energii spoczynkowej, więc jeszcze trudniej uwzględnić efekty zaburzenia widma spowodowane przez zakaz Pauliego. Być może jednak następna generacja podobnych eksperymentów naprawdę pozwoli na rejestrację neutrin tła, a przez to na kolejny test modeli historii Wszechświata!



Widok ogólny eksperymentu KATRIN (od lewej: gazowe źródło trytu, sekcja transportu, spektrometr wstępny, spektrometr główny, detektor)

Źródło: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2959>



Ciecze ferromagnetyczne – materiały o niezwykłych właściwościach i ich zastosowania

Stanisław Bednarek

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego

Wprowadzenie

Ciecze ferromagnetyczne stanowią wytworzoną przez człowieka grupę materiałów o niespotykanych dotychczas w przyrodzie właściwościach. Dzięki połączeniu w jednym materiale właściwości ciekłych i ferromagnetycznych znajdują wiele różnorodnych zastosowań – od prostych uszczelek, poprzez układy do bezpośredniego przetwarzania energii cieplnej na energię mechaniczną, mogące pracować w elektrowniach termojądrowych, aż po nowe sposoby aplikowania niektórych lekarstw. Dlatego warto poznać metody otrzymywania stabilnych cieczy ferromagnetycznych i wybrane zastosowania tych niezwykłych materiałów.

Wszystkie znane dotychczas substancje ferromagnetyczne to ciała stałe. Za występowanie ich właściwości ferromagnetycznych „odpowiedzialna” jest szczególna struktura, polegająca na uporządkowaniu momentów magnetycznych atomów lub cząsteczek w mikroobszarach zwanych **domenami**. Po ogrzaniu powyżej pewnej temperatury, zwanej **temperaturą Curie**, substancje te tracą swoje właściwości ferromagnetyczne, ponieważ energia chaotycznych ruchów cieplnych jest na tyle duża, że niszczy strukturę domenową. Dla wszystkich ferromagnetyków temperatura Curie jest znacznie niższa od temperatury topnienia, np. dla żelaza temperatura Curie wynosi 767°C , a temperatura topnienia 1535°C . Nie można więc wytworzyć cieczy ferromagnetycznej przez stopienie ferromagnetyka, występującego początkowo w postaci ciała stałego.

Sposoby otrzymywania cieczy ferromagnetycznych

W celu wytworzenia cieczy ferromagnetycznej trzeba było wybrać inną metodę. Substancję ferromagnetyczną rozdrabnia się na bardzo małe cząstki o rozmiarach 10^{-7} – 10^{-9} m w wyniku trwającego kilka tygodni mielenia w specjalnych młynkach. Otrzymane cząstki miesza się następnie z cieczą, np. olejem lub naftą. Ciecz, z którą mieszane są cząstki nazywana jest **cieczą dyspersyjną**. Ponieważ, w cząstkach substancji ferromagnetycznej zachowana jest struktura domenowa, to otrzymana mieszanina w postaci ciekłej zawiesiny ma również właściwości ferromagnetyczne. Inną metodą otrzymywania cząstek o bardzo

małych rozmiarach jest, tzw. **polikondensacja chemiczna**¹. Ta druga metoda jest znacznie szybsza i tańsza, dlatego też pokażemy poniżej jak przy jej użyciu można wytworzyć ciecz ferromagnetyczną.

Gęstość cząstek substancji ferromagnetycznej jest kilka razy większa od gęstości cieczy dyspersyjnej i w zasadzie cząstki powinny opaść na dno naczynia, czyli ulec sedymentacji. Jednak przy dostatecznie małych rozmiarach cząstek (10^{-7} m i mniejszych) ich średnia energia kinetyczna nieuporządkowanych ruchów cieplnych jest porównywalna z ich energią potencjalną ciężkości. Dzięki temu, te małe cząstki wykonują na tyle intensywne ruchy Browna, że przeciwdziałają one sedymentacji. Pozwala to wytworzyć w cieczy dyspersyjnej zawiesinę cząstek ferromagnetycznych stabilną przez wiele miesięcy. Z przedstawionych faktów wynika, że ciecze ferromagnetyczne są quasi-jednorodnymi zawiesinami bardzo małych cząstek w cieczach, czyli koloidami o właściwościach ferromagnetycznych. Określenie ciecz ma tutaj w pewnym sensie charakter umowny.

Aglomeracja i sedymentacja cząstek ferromagnetycznych

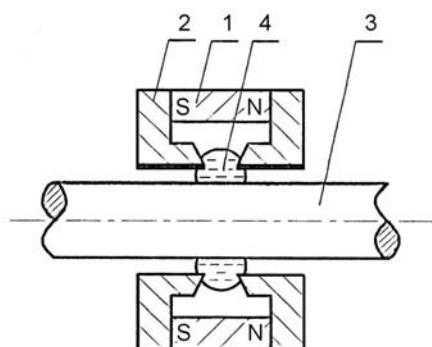
Bardzo małe cząstki substancji ferromagnetycznych przy dostatecznym zbliżeniu, np. w wyniku przyciągania magnetycznego, mają tendencję do łączenia się pod wpływem sił międzycząsteczkowych w większe kompleksy, czyli do **aglomeracji**. Kompleksy takie szybciej ulegają sedymentacji, ponieważ średnia energia kinetyczna ich nieuporządkowanych ruchów cieplnych pozostaje w danej temperaturze stała, a średnia energia potencjalna wzrasta wprost proporcjonalnie do masy cząstek, czyli w przybliżeniu do trzeciej potęgi ich rozmiarów. Średnia prędkość ruchów Browna takich kompleksów jest zbyt mała, żeby ruchy te mogły skutecznie przeciwdziałać sedymentacji.

W celu zapobieżenia aglomeracji stosuje się specjalne **substancje powierzchniowo czynne**, np. wyższe kwasy tłuszczowe, które tworzą bardzo cienkie jedno- lub dwucząsteczkowe warstewki ochronne wokół cząstek substancji ferromagnetycznej. Warstewki te nie dopuszczają do nadmiernego zbliżenia się cząstek i ich aglomeracji. Substancje powierzchniowo czynne, zapobiegające aglomeracji, nazywa się stabilizatorami właściwości cieczy ferromagnetycznych. Dzięki nim ciecze ferromagnetyczne zachowują swoje właściwości przez wiele lat i nadają się do zastosowań w technice. W połowie lat sześćdziesiątych XX wieku po raz pierwszy udało się wytworzyć stabilne ciecze ferromagnetyczne wykorzystując stabilizatory.

¹ Polikondensacja chemiczna jest to metoda otrzymywania zawiesiny drobnych cząstek substancji z mieszaniny dwóch roztworów o różnych wartościowościach w wyniku reakcji chemicznej zachodzącej po zalkalizowaniu tej mieszaniny.

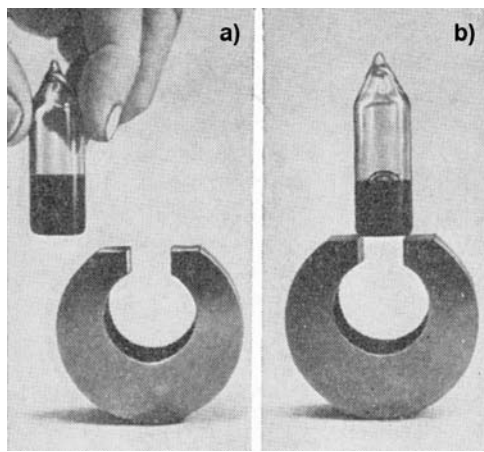
Właściwości i zastosowania cieczy ferromagnetycznych

Ciecze ferromagnetyczne wykazują szereg bardzo interesujących właściwości, z których najbardziej charakterystyczną i dającą się najłatwiej zaobserwować jest oddziaływanie z polem magnetycznym. Umieszczona w niejednorodnym² polu ciecz ferromagnetyczna jest wciągana do obszaru najsilniejszego pola. Właściwość ta umożliwia zastosowanie cieczy ferromagnetycznych do budowy uszczelki i łożysk (rys. 1). Jedną z ich zalet jest to, że nie ulegają one zużyciu.



Rys. 1. Budowa uszczelki z cieczy ferromagnetycznej; 1 – magnes pierścieniowy, 2 – nabiegownik, 3 – uszczelniany element, 4 – ciecz ferromagnetyczna wciągana w pole magnetyczne między nabiegownikami a uszczelnianym elementem

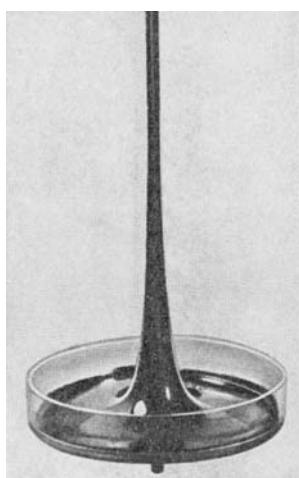
Gdy do naczynia z cieczą ferromagnetyczną wrzucimy kulkę wykonaną ze szkła lub nieferromagnetycznego metalu, np. miedzi lub mosiądzu, to kulka zatoni, ponieważ jej gęstość jest większa od gęstości cieczy, fot. 1a. Jeżeli teraz umieścimy to naczynie w niejednorodnym polu magnetycznym, to kulka wypłynie, gdyż na ciecz zadziała dodatkowa siła w kierunku dna naczynia, a kulka praktycznie nie oddziałuje z polem, fot. 1b. W konsekwencji tego ciecz działa na kulkę większą siłą wyporu, powodującą wypychanie kulki ku górze.



Fot. 1. Wypieranie szklanej kulki z cieczy ferromagnetycznej; a) przed umieszczeniem w polu magnetycznym kula tonie i jest niewidoczna, b) po umieszczeniu w niejednorodnym polu magnetycznym, wytwarzanym przez magnes w kształcie litery C kulka wynurza się z cieczy

² Przypomnij sobie oddziaływanie dipola z polem. W jednorodnym polu dipole orientują się w kierunku linii pola, zaś w niejednorodnym są wciągane w obszar pola o większym natężeniu.

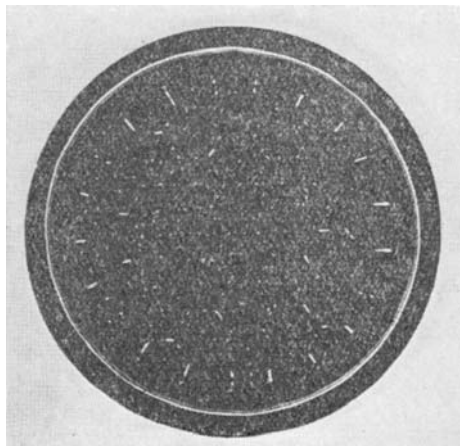
Wciąganie cieczy ferromagnetycznej w obszar najsilniejszego pola magnetycznego można wykazać również w innym doświadczeniu. Gdy w szerokim naczyniu z cieczą ferromagnetyczną umieszczony jest prostoliniowy przewodnik (przez który przepływa prąd), tak żeby przechodził prostopadle do powierzchni swobodnej cieczy, to po przepuszczeniu przez niego prądu elektrycznego ciecz ferromagnetyczna wzniesie się wokół przewodnika tworząc efektowną kolumnę o powierzchni hiperboloidy, fot. 2. Wzniesienie cieczy spowodowane jest jej wciąganiem w obszar najsilniejszego pola, w pobliżu przewodnika.



Fot. 2. Ciecz ferromagnetyczna, umieszczona w naczyniu, przez które przechodzi przewodnik z prądem, wznosi się wokół przewodnika efektowną kolumnę w kształcie hiperboloidy obrotowej

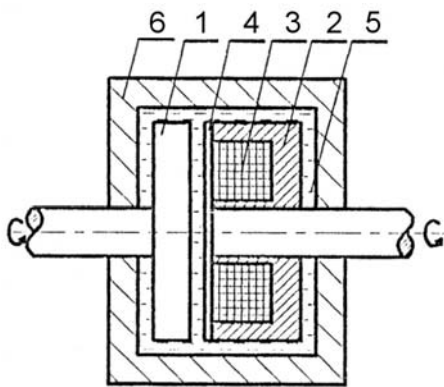
Niejednorodne pole magnetyczne oddziałujące na zawieszony w cieczy cząstki ferromagnetyczne powoduje ich ruch. Poruszające się cząstki, dzięki siłom lepkości, wprawiają w ruch cząsteczki cieczy dyspersyjnej, co w końcowym efekcie powoduje ruch cieczy ferromagnetycznej jako całości. Jeżeli pole magnetyczne będzie zmieniało się w czasie z niezbyt dużą częstotliwością, to również ciecz ferromagnetyczna będzie poruszała się z tą samą częstotliwością. Właściwość ta znalazła zastosowanie w budowie przetworników elektroakustycznych i elektromechanicznych z cieczą ferromagnetyczną.

W silnych polach magnetycznych obserwuje się efekt nazywany zestaleniem cieczy ferromagnetycznej. Polega on na tym, że rozproszone cząstki ferromagnetyczne ulegają namagnesowaniu i przyciągają się wzajemnie. Rezultatem tego jest tworzenie się skupisk cząstek najpierw w postaci igieł a następnie włókien i kolumn złożonych z tych włókien. Skupiska te, widoczne są również na powierzchni cieczy, fot. 3. Cząstki zostają jakby uwięzione wzdłuż linii pola, a wraz z nimi, dzięki siłom lepkości, utrzymywana jest również ciecz dyspersyjna. Powoduje to znaczny wzrost lepkości cieczy ferromagnetycznej, która zachowuje się jak ciało stałe o niezerowym module sztywności.



Fot. 3. Powierzchnia swobodna zestalonej cieczy ferromagnetycznej, umieszczonej w silnym, jednorodnym polu magnetycznym, skierowanym prostopadle do płaszczyzny fotografii. Na powierzchni widoczne są wierzchołki wzniesień (jaśniejsze obszary), tworzące regularną, promieniowo-rozmieszczoną strukturę skupisk cząstek ferromagnetycznych

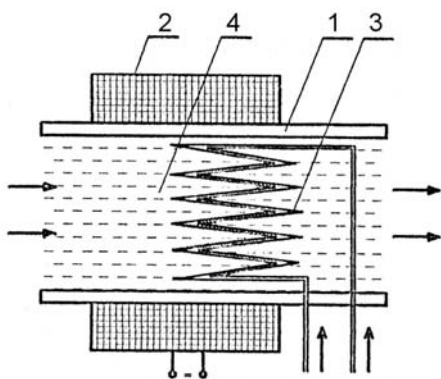
Typowy czas zestalenia cieczy ferromagnetycznej trwa tysięczne części sekundy. W stabilnych cieczach ferromagnetycznych efekt ten jest odwracalny. Po wyłączeniu pola magnetycznego, w czasie również kilku tysięcznych części sekundy, zestalenie znika i ciecz ferromagnetyczna odzyskuje swoje początkowe właściwości. Zestalenie cieczy ferromagnetycznej znalazło zastosowanie w budowie niezuszywających się sprzęgł elektromagnetycznych, rys. 2.



Rys. 2. Zasada działania sprzęgła elektromagnetycznego, w którym wykorzystano ciecz ferromagnetyczną; 1 – tarcza napędzająca, 2 – tarcza napędzana, 3 – uzwojenie, 4 – osłona, 5 – ciecz ferromagnetyczna zestalająca się pod wpływem pola magnetycznego, 6 – obudowa

Przenikalności magnetyczne względne cieczy ferromagnetycznych, charakteryzujące siłę ich oddziaływania z polem magnetycznym, mają wartości pośrednie między wartościami przenikalności stałych ferromagnetyków i paramagnetyków. Ciecze ferromagnetyczne osiągają zwykle początkowe wartości przenikalności od kilkudziesięciu do 100. Dla technicznie czystego żelaza wartość ta wynosi 250, a dla najsilniejszych paramagnetyków – chlorków żelaza lub kobaltu 1,01.

Ze wzrostem temperatury cieczy ferromagnetycznej wartość jej przenikalności magnetycznej maleje, podobnie jak dla stałych ferromagnetyków. Po przekroczeniu temperatury Curie materiału cząstek, ciecz ferromagnetyczna staje się paramagnetykiem i praktycznie przestaje oddziaływać z polem magnetycznym. Właściwość ta została wykorzystana w układach do bezpośredniej przemiany energii cieplnej na energię mechaniczną, rys. 3. Ciecz ferromagnetyczna, utrzymywana początkowo w polu magnetycznym, zostaje ogrzana powyżej temperatury Curie za pomocą wymiennika ciepła. W wyniku tego, staje się ona paramagnetykiem i przestaje być utrzymywana w obszarze pola magnetycznego a na jej miejsce napływa chłodniejsza ciecz wciągana przez to pole. Powoduje to ruch cieczy ferromagnetycznej, która może, np. napędzać turbinę. Przewiduje się, że takie układy mogą mieć zastosowanie w elektrowniach termojądrowych. Ich zaletą jest niezawodność i prostota konstrukcji, natomiast wadę stanowi niska sprawność.



Rys. 3. Zasada działania układu do bezpośredniej przemiany energii cieplnej na energię mechaniczną z obiegiem cieczy ferromagnetycznej; 1 – nierozmagnesowalna rura, 2 – uzwojenie zasilane prądem stałym, 3 – wężownica wymiennika ciepła, 4 – ciecz ferromagnetyczna początkowo wciągana w obszar uzwojenia po ogrzaniu powyżej temperatury Curie traci swoje właściwości magnetyczne i wypływa z prawej strony rury

Indukcja magnetyczna, powodująca namagnesowanie do stanu nasycenia typowych cieczy ferromagnetycznych wynosi 0,03–0,1 T (tesli). Dla porównania, indukacja potrzebna do namagnesowania do stanu nasycenia czystego żelaza lub stali krzemowej, używanej do budowy rdzeni w transformatorach i maszynach elektrycznych – silnikach i prądnicach, wynosi ok. 2 T. Ciecze ferromagnetyczne zawierające bardzo małe, jednodomenowe cząstki, nie wykazują histerezy magnetycznej. W cieczach o cząstkach wielodomenowych pojawia się natomiast histereza. Ważną zaletą cieczy ferromagnetycznych jest to, że jej właściwości można łatwo zmieniać w pewnych granicach przez zmianę zawartości cząstek.

Dzięki swoim niezwykłym właściwościom ciecze ferromagnetyczne znalazły zastosowanie w różnych dziedzinach techniki. Można ich używać w układach do ciągłego pomiaru grubości produkowanego materiału. W takim układzie ciecz ferromagnetyczna stanowi element obwodu magnetycznego o długości zmieniającej się wraz z mierzoną grubością. Powoduje to zmianę oporności i natężenia

prądu płynącego przez cewkę. Z pozytywnym skutkiem zostały również przeprowadzone próby zastosowania cieczy ferromagnetycznych do wypełniania szczelin w obwodach magnetycznych maszyn elektrycznych. Uzyskano w ten sposób większą moc i lepsze chłodzenie tych urządzeń.

Interesującymi przykładami zastosowań cieczy ferromagnetycznych są próby zbierania za ich pomocą zanieczyszczeń z powierzchni zbiorników wodnych – szczególnie plam ropy naftowej z powierzchni morza oraz kontrola dawkowania pewnych leków o silnym działaniu ubocznym, stosowanych w leczeniu nowotworów. W obu przypadkach ciecz ferromagnetyczną miesza się z usuwanymi zanieczyszczeniami lub dawkowanym lekiem. Po przyłożeniu pola magnetycznego mieszanina cieczy i zanieczyszczeń wciągana jest w obszar najsilniejszego pola i może być zebrana z powierzchni wody. W przypadku leków, pole magnetyczne przykłada się do obszaru zaatakowanego przez nowotwór, w którym należy utrzymać wysoką koncentrację leku. Dzięki temu, zmniejsza się potrzebna dawka leku i jego toksyczne działanie na cały organizm.

Wytwarzamy ciecz ferromagnetyczną

Wytworzenie stabilnej cieczy ferromagnetycznej metodą polikondensacji chemicznej nie jest specjalnie trudne i może być przeprowadzone w szkolnej pracowni chemicznej lub w domowym laboratorium. W tym celu, należy przygotować roztwór 11,2 g siarczanu żelazawego ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) w 300 ml wody destylowanej oraz roztwór 22,2 g chlorku żelazowego ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) również w 300 ml wody destylowanej. Temperatura roztworów powinna wynosić ok. 20°C.

Oba roztwory zlewa się do szklanego naczynia i mieszając bagietką szybko dodaje 60 ml stężonego roztworu wodorotlenku amonu (NH_4OH). Mieszaninę należy pozostawić w spokoju na okres 2 godzin w celu ustania się. W wyniku tego, w górnej części naczynia zbierze się prawie przezroczysty roztwór, który trzeba ostrożnie usunąć przy pomocy lewara wodnego lub pipety. Pozostała mętna zawiesina powinna mieć objętość ok. 160 ml. Zawiera ona wytrącone cząstki magnetytu i będzie wykorzystana do dalszej obróbki.

Do zawiesiny, przy ciągłym mieszaniu, dodaje się 6 g kwasu oleinowego ($\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{COOH}$) i 90 ml dowolnego oleju roślinnego. Naczynie z tą mieszaniną wstawia się do większego naczynia z wrzącą wodą i na otrzymanej w ten sposób łaźni wodnej ogrzewa przez 30 min. Z mieszaniny wydziela się ciecz ferromagnetyczna w postaci warstwy, którą zlewa się lub zbiera pipetą. Otrzymana ciecz ferromagnetyczna stanowi zawiesinę cząstek magnetytu w oleju roślinnym, otoczonych stabilizującą warstewką cząsteczek kwasu oleinowego.

Składniki potrzebne do wytworzenia opisanej cieczy ferromagnetycznej bez większego problemu można znaleźć w szkolnej pracowni chemicznej. W przypadku trudności ze zdobyciem kwasu oleinowego można zastąpić go innym wyższym kwasem tłuszczowym, np. palmitynowym lub stearynowym albo

3 razy większą masą szamponu do włosów lub płynu do mycia naczyń. Warto więc spróbować wytworzyć ciecz ferromagnetyczną według podanego przepisu.

Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym artykule sposoby otrzymywania, właściwości i zastosowania cieczy ferromagnetycznych stanowią jedynie niewielki fragment obszernej problematyki, dotyczącej tych materiałów. Na temat cieczy ferromagnetycznych odbywają się międzynarodowe konferencje i istnieją obszerne monografie, jak dotychczas tylko w języku angielskim. Tym, którzy chcieliby dowiedzieć się więcej na ten temat, a nie mają dostępu do zagranicznej literatury, można polecić dwa artykuły przeglądowe w języku polskim [1, 2]. Zostały też opracowane i zastrzeżone licznymi patentami różne modyfikacje sposobów wytwarzania cieczy ferromagnetycznych, poprawiające ich trwałość i właściwości. Ciecze ferromagnetyczne zaczynają powoli znajdować zastosowanie w urządzeniach powszechnego użytku, np. do twardych dysków i głośników, gdzie wypełniają szczelinę powietrzną, umożliwiając jej zmniejszenie i poprawę parametrów tych urządzeń. Miłośników motoryzacji zainteresuje pewnie fakt, że w niektórych typach samochodów stosuje się sprzęgła zawierające ciecze ferromagnetyczne.

Literatura

- [1] S. Bednarek, *Ferrofluidy – ciekłe materiały magnetyczne*, „Przegląd Elektrotechniczny”, Roczn. LXXI, Nr 1, 1995, s. 1.
- [2] S. Bednarek, *Dyspersyjne materiały ferromagnetyczne*, „Postępy Fizyki”, T. 46, Z. 2, 1995, s. 103.

Temperatura Curie, punkt Curie – temperatura przemiany fazowej (II rodzaju) ferro- i antyferromagnetyków w paramagnetyki.

W temperaturach poniżej punktu Curie ferromagnetyki wykazują spontaniczne namagnesowanie, spowodowane lokalnym uporządkowaniem momentów magnetycznych tworząc domeny ferromagnetyczne. Powyżej punktu Curie ferromagnetyk gwałtownie traci swoje właściwości magnetyczne i staje się paramagnetykiem. Drgania cieplne sieci krystalicznej niszczą ustawienia dipoli magnetycznych.

Nazwa pochodzi od nazwiska francuskiego fizyka **Piotra Curie**, męża Marii Skłodowskiej-Curie.





Jan Śniadecki – zapomniany astronom

Tomasz Kardaś

Nauczyciel fizyki i astronomii w ZSL w Strzelnie

Jan Chrzyciel Władysław Śniadecki tak pisze o swoim pochodzeniu:

„urodziłem się w 23 roku panowania Augusta III, to jest 1756, dnia 29 augusta, w święto ścięcia 5-go Jana Chrzyciela ... z ojca Jędrzeja i matki Franciszki Giszczyńskich Śniadeckich, ludzi wolnych i mających dziedzictwo w domach, małym folwarczku, do ośmiu włók ziemi zawierającym i wystarczającym na życie przystojne i na edukację dzieci.”¹



Jan Śniadecki

Państwo Śniadecy mieli czworo dzieci, najstarszy Franciszek zmarł, gdy miał 6 lat, Jan był następnym dzieckiem, potem urodził się Józef, który osiadł na roli i pomagał rodzicom w interesach, a najmłodszym był Jędrzej – sławny chemik i lekarz. Dzieciństwo Jan spędził w Żninie i tutaj też pobierał pierwsze nauki w szkółce przy kościele farnym. Michał Baliński, jego krewny i jednocześnie pierwszy biograf, pisze, że Jan był bardzo chorowitym dzieckiem „tak dalece, że się co dzień lękano o niego. Matka wozila go po wszystkich lekarzach i miejscach świętych w okolicy Poznania, szukając na przemian rad lekarskich i pomocy duchowej.”² Gdy skończył 8 lat został wysłany śladem ojca do Akademii Lubrańskiego w Poznaniu, gdzie spędził kolejne osiem lat. Równolegle działała w Poznaniu inna znana szkoła – kolegium jezuickie. Wspominamy o niej, bowiem zasłynęła tym, że wykładał w niej fizykę ks. Józef Rogaliński, pionier fizyki doświadczalnej w Polsce. To on po odbytych studiach przywiózł ze sobą różne pomoce do nauki fizyki i astronomii i zbudował dobrze wyposażony gabinet do ich nauczania. W 1762 r. rozpoczął cykl publicznych wykładów z fizyki eksperymentalnej, na które uczęszczali nie tylko jezuici, ale także zainteresowani mieszczenie poznańscy, wśród nich i nasz Jan, któremu te wykłady bardzo się podobały. Czas spędzony w Poznaniu ukształtował w Śniadeckim zainteresowanie naukami ścisłymi, umiłowanie ojczyzny oraz pielegnowanie tradycji.

„W miesiącu lipcu r-u 1772 umówiłem się z jezuitami, wyjeżdżając do Krakowa, i opłaciwszy im podwoję i stół przybyłem z nimi bardzo wygodnie do Krakowa w sierpniu i stanąłem w ich Kolegium Ś-go Piotra.”³

¹ J. Śniadecki, *Pisma pedagogiczne*, Wrocław–Warszawa–Kraków, Ossolineum 1961, s. 3.

² K. Bartnicka, *Działalność edukacyjna Jana Śniadeckiego*, Ossolineum, 1980, s. 19.

³ Tamże, s. 4.

Ponieważ Śniadecki był dobrze przygotowany do podjęcia studiów, nauka w Akademii Krakowskiej przebiegła błyskawicznie. Po wysłuchaniu wykładów i zaliczeniu dyskusji, wystąpień, w 1775 r. odbyły się publiczne promocje najpierw na licencjat, a później na doktorat z filozofii. Po złożeniu tych egzaminów mógł wykładać matematykę w Akademii. Tak opisuje pierwszą swoją pracę nauczycielską:

„W roku 1776 młody filozofii doktor 20 lat mający otworzył lekcję publiczną algebry, mało co w Krakowie znanej; wystawił na końcu roku kilkudziesięciu młodych uczniów na popis publiczny. Starzy ojcowie akademii zbiegli się na ten widok, rozrzewnieni pożytkami uczniów, uściskali nauczyciela, obdarzyli go podarkami z książek i małych sprządek. Fakultet filozoficzny wyznaczył mu margaritales (to jest zł. pol. 36) równe z profesorami królewskimi. To podniosło w nauczycielu zapal do nauki i powołanie skutecznej i potężnej, jak wysypanie nie w czasie i nietrafnie tysiące.”⁴

W ramach swoich obowiązków akademickich Śniadecki opracował dwa kalendarze na rok 1777 i 1778 wydane pt. *Prognostyk astrologiczny*. Praca nauczycielska została przerwana, bowiem Śniadecki postanowił udać się po dalszą naukę za granicę.

Zaopatrzone w niezbędne środki finansowe opuścił we wrześniu 1778 r. Kraków i udał się najpierw do Lipska, a później do Getyngi, gdzie 22 października 1778 roku zapisał się w poczet studentów uniwersytetu. Zaczytywał się w dziełach Eulera, brał lekcje angielskiego, systematycznie uczęszczał na wykłady z astronomii i był częstym gościem w obserwatorium astronomicznym. Słuchał wykładów z prawa, literatury greckiej i łacińskiej, orientalistyki, historii, filozofii, botaniki. Wieczorami pobierał prywatne lekcje z inżynierii wojskowej, a nocami rysował schematy fortec i ich umocnień. Po 15 miesiącach intensywnej nauki zepsuł sobie wzrok – nabawił się krótkowzroczności, stracił apetyt i miewał mdłości. Zaniepokojony stanem zdrowia udał się do lekarza, który po zbadaniu zalecił następującą terapię: natychmiast wszystkie książki i pisma porzucić, wyjechać z Getyngi do innych krajów przynajmniej na trzy miesiące i oddać się samej zabawie i rozrywce. Jan Śniadecki, przejęty zaleceniami lekarza, natychmiast zapakował wszystkie swoje książki i zakupione pomoce naukowe, wysłał je do Krakowa, a sam w listopadzie 1779 r. wyruszył do Holandii.

Po urzędzeniu się w Lejdzie udał się do Utrechtu, gdzie usłyszał od tamtejszych matematyków, że prawdziwe centrum matematyczne znajduje się w Paryżu i tam powinien się czym prędzej udać. Odwiedził jeszcze na krótko Hagę i skierował swe kroki do Paryża. Od stycznia 1780 r. „doskonalił się w wyższej matematyce, osobliwie w jej przystosowaniu do astronomii i mechaniki, poznawał prace i dzieła geometrów francuskich, uczył się chemii, historii natural-

⁴ Wiadomości o Janie Śniadeckim i jego pismach, s. 100, w: Jan Śniadecki, *Żywoty uczonych Polaków*.

nej i trudniejszych traktatów z fizyki, poznawał literaturę francuską, ćwiczył się w mówieniu i pisaniu po francusku.”⁵

Ponieważ był zapaleńcem wiedzy astronomicznej, po wykładach otrzymywał klucz do obserwatorium i tam doskonalił się w obserwacjach nieba. Z uwagą słuchał wykładów z chemii, bacznie obserwując prezentowane tam doświadczenia. Wykłady te robiły na nim takie wrażenie, że nazywał je nie lekcjami, lecz *romansami*. Wysłuchał też całego kursu z mineralogii i fizyki; chodził na płatne pokazy fizyczne młodego wówczas Jacquesa Charlesa, który urządził je w swoim prywatnym gabinecie fizycznym. Jak widać, nie miał czasu na spotkania towarzyskie, zresztą jak sam pisał, „unikałem towarzystwa Polaków, aby mi czasu nie psuli, i bywałem tylko czasem u mieszkających niedaleko mnie margrabstwa Wielopolskich.”⁶ Śniadecki zaprzyjaźnił się z kilkoma stypendystami hiszpańskiego króla, a będąc świetnym matematykiem, objaśniał im zagadnienia matematyczne, czym wzbudzał ich nieklamany podziw. Stypendyści ci byli pod opieką ambasadora Hiszpanii i nie mogli wychwalić przed nim naszego bohatera. Ponieważ ów ambasador wcześniej piastował tę funkcję w Warszawie, bardzo lubił Polaków i zapraszał Śniadeckiego wraz z d’Alembertem do siebie. Czytał mu listy dyplomatyczne, z których jednoznacznie wynikało, że bardzo szybko nastąpi rozbiór Polski i dodawał, że „ja w Polszcze, przy największych w matematyce wiadomościach żadnego sobie losu nie zrobię”.⁷

Na początku czerwca 1781 r. Śniadecki otrzymał list od Komisji Edukacji Narodowej z propozycją objęcia katedry matematyki w Krakowie. Pomimo interesującej propozycji d’Alemberta objęcia katedry matematyki w Madrycie, Śniadecki wrócił do kraju. Odpowiedział d’Alembertowi:

„Rozczulony byłem tak prawdziwie szlachetną opieką i pamięcią d’Alemberta, że podziękowałem za nią z wdzięcznością, ale zaraz oświadczyłem, że będąc Polakiem, winienem moje usługi ojczyźnie i gotów jestem dzielić z nią los, jaki ją czekać może.”⁸

W Warszawie na posiedzeniu Komisji Edukacji Narodowej zdał sprawozdanie z podróży, przedstawiono go Stanisławowi Augustowi Poniatowskiemu, zapoznano z zasadami reformy Szkoły Głównej, po czym został mianowany profesorem matematyki i astronomii z zastrzeżeniem, aby tej ostatniej zaczął uczyć od następnego roku z powodu braku funduszy. Otwarcie katedry matematyki pod okiem młodego profesora, który odważył się ten przedmiot wyklądać po polsku, spotkało się z niemałym oporem starych profesorów. Spory dotyczyły nawet sali, w której miał prowadzić wykłady oraz tego, kto będzie dawał środki na jej opalanie. Wykłady po polsku jeszcze wiele lat później oburzały

⁵ Tamże, s. 9.

⁶ Tamże, s. 12.

⁷ Tamże, s. 13.

⁸ Tamże, s. 14.

starszych profesorów, uważali oni, że nie można „pospolitować nauk”. Decyzją Komisji Edukacji Narodowej od lipca 1782 r. pełnił funkcję sekretarza Szkoły Głównej, a rektorem został Kołłątaj. Wspólnie z Kołłątajem i Janem Jaśkiewiczem spotykali się wieczorami i planowali urządzenie laboratoriów, ogrodu, obserwatorium astronomicznego, szpitala, drukarni. Dyskutowali nad sposobem przyjmowania, uczenia i egzaminowania studentów, a także kształcenia kadry naukowej. Śniadecki miał też udział w układaniu *Ustawy Komisji Edukacji Narodowej dla stanu Akademickiego i na szkoły w krajach Rzeczypospolitej przepisane*, która zaczęła obowiązywać od 1783 r. Śniadecki uważał, że polski uczoney ma trzy podstawowe obowiązki: dążyć do prawdy, służyć ojczyźnie i odznaczać się wysokim poziomem moralnym. Był przekonany, że tylko porządną nauką uda się naprawić błędy dwóch stuleci. Pierwszy wykład z algebry Śniadecki wygłosił 9 listopada 1781 r. pt. *Rozprawa o nauk matematycznych początku, znaczeniu i wpływie na oświecenie powszechne przy otwarciu poruczonej autorowi katedry matematyki wyższej przez Komisję Edukacyjną w Uniwersytecie Krakowskim, czytana publicznie dnia...*, a cały kurs szybko wyszedł drukiem i zrobił niemałe wrażenie w całej Europie. Rok później, zgodnie z zaleceniem Komisji Edukacji Narodowej, 30 września rozpoczął kurs astronomii mową wygłoszoną na cześć Mikołaja Kopernika i tym samym zapoczątkował prace nad wydaniem książki o nim. Ponadto

„...nigdzie prawie nie bywając, do niczego się nie mieszając, zatopiłem się całkiem w pisaniu mojej lekcji z rana i wieczór, a tłumaczeniu jej moim licznym słuchaczom od godziny drugiej do czwartej po południu; wygotowałem rękopism algebry i geometrii linii krzywych, do przepisywania uczniom oddany, gdzie wzięłem algebrę w tak rozległym widoku, w jakim jej żaden autor zagraniczny nie wystawił. To zrobiwszy, ułożyłem sobie wydać kurs całej matematyki we czterech tomach.”⁹

Pod koniec czerwca 1783 r. roku został wysłany do Poznania, aby zabrać z gabinetu ks. Rogalińskiego przyrządy i przywieźć je do Krakowa. Tak Śniadecki wspomina tamtą podróż:

„Jeden tylko zegar astronomiczny le Paula, i kwadrans astronomiczny Caniveta o 3 stopniach promienia, były dogodne do pierwszego zakładu Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie. Ale w tym kwadransie szkło obiektywowe było ordynatoryjne, a szkła okowego z mikrometrem nie było. Dowiedziawszy się, że ten gabinet po skasowaniu Jezuitów, był wywózony z Poznania do wsi o trzy mile od Poznania leżącej; pojechałem tam, i w śmieciach spichlerza znalazłem szkło okowe z mikrometrem.”¹⁰

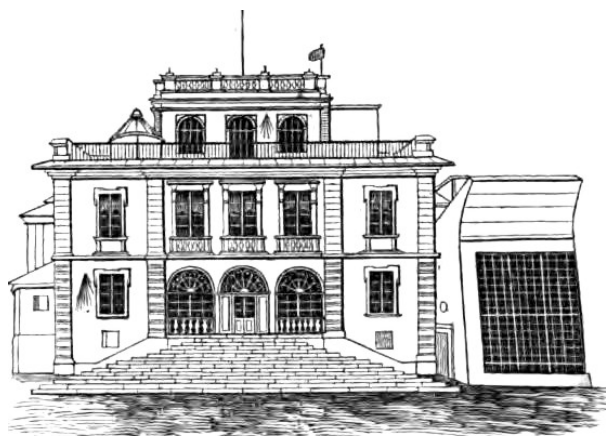
1 kwietnia 1784 roku Śniadeckiemu udało się wzbić w powietrze balon, który przez pół godziny unosił się nad okolicami Krakowa.¹¹

⁹ Tamże, s. 17.

¹⁰ Tamże s.89.

¹¹ Opisane doświadczenie czynionego z Banią powietrzną, w Krakowie dnia 1 Kwietnia, roku 1784 puszczoną z Ogrodu Botanicznego na Wesołej ... Broszura ... 16 stron zawierająca.

Śniadecki w tym czasie prowadził intensywną korespondencję z naukowcami francuskimi, niemieckimi i angielskimi, w której opisywał im między innymi wspomniany lot balonem czy inne obserwowane w Krakowie zjawiska fizyczne i astronomiczne. Te doniesienia czytano nawet podczas posiedzeń Paryskiej Akademii Nauk. Ponieważ zbliżała się chwila zbudowania nowego obserwatorium astronomicznego, postanowił zapoznać się z najnowszymi zdobyczami w tej dziedzinie w Europie.



Obserwatorium astronomiczne w Krakowie (na terenie Ogrodu Botanicznego, ul. M. Kopernika)

W ostatnich dniach marca 1787 r. udał się w podróż naukową do Anglii. Pierwsze kroki skierował do Cambridge, a w drugiej połowie maja zawitał do Londynu. Odwiedził tam Astronoma Królewskiego, Nevila Maskelyne'a i zabawiał kilka dni w słynnym już wówczas obserwatorium w Greenwich. Ogromna ciekawość ciągnęła go do obserwatorium Herschela w Slough niedaleko Windsoru, gdzie w kwietniu 1787 r. tenże astronom za pomocą wielkiego teleskopu spostrzegł trzy jasne punkty na Księżycu, które według teorii Heweliusza mogły być czynnymi wulkanami. Śniadecki chciał być obecny przy ich powtórnej obserwacji. Nadzieje okazały się płonne z powodu bardzo brzydkiej pogody, ale samo spotkanie ze sławnym astronomem było niezwykle ciekawe. Odwiedził też szkołę oksfordzką i jej nowe świetnie wyposażone obserwatorium. Sierpień i wrzesień Śniadecki spędził na zwiedzaniu Londynu, odwiedzając muzea, teatry i różne zakłady naukowe. W końcu września ponownie pojechał do Slough i tutaj spotkał króla Jerzego III, z którym rozmawiał o Polsce i jej królu, ale najwięcej o Komisji Edukacji Narodowej. Podczas tego dwutygodniowego pobytu w Slough całe noce wspólnie obserwowali z Herschelem ruch Saturna i jego satelitów.

Po powrocie do Krakowa, Śniadecki zauważył, że zmieniono plany budowy obserwatorium ze względów oszczędnościowych, a to, co powstało, nazwał

„sala do tańcowania, a nie do prowadzenia obserwacji”. W związku z tym listownie informował, że podtrzymuje wcześniejszą decyzję o rezygnacji z funkcji sekretarza Szkoły Głównej. Mimo oporu Rady Szkoły Głównej, 31 października 1787 r. Komisja Edukacji Narodowej zwolniła go z tej funkcji.

Przed odjazdem Królewskiemu Towarzystwu Naukowemu w Londynie ofiarował swoją dwutomową algebrę, sam zakupił około 200 tomów literatury najlepszych pisarzy angielskich, kilka przyrządów astronomicznych i w połowie listopada opuścił Londyn, by w sam dzień Bożego Narodzenia zjawić się w Krakowie.

Burzliwe wydarzenia polityczne roku 1792 odbiły się szerokim echem po kraju i zasiały niepokój w sercach i umysłach Polaków, równie boleśnie przeżył je i nasz bohater, ale astronomii nie zaniedbywał i pod datą 13 maja 1792 r. zapisał pierwszą krakowską obserwację. Środowisko akademickie widząc nadciągające nieszczęście, i znając uczciwość i oddanie sprawie edukacji i nauki Jana Śniadeckiego, powierzyło mu obronę zdobyczy sejmu czteroletniego. W roku 1793 Śniadecki bronił tych zdobyczy w Grodnie i w Warszawie, ale nie zapominał o astronomii. Otóż wspólnie z Poczobutem zorganizowali dla króla obserwację zaćmienia Słońca w Augustowie, które zdarzyło się 5 września 1793 r. Na sejmie grodzieńskim targowiczanie podpisali drugi rozbiór Polski i tym samym unieważnili ustalenia Sejmu Czteroletniego, nie oszczędzając również Komisji Edukacji Narodowej. Zakusy targowiczian udało mu się trochę zahamować, co niezwykle podniosło jego autorytet wśród kolegów akademików. Kiedy II rozbiór Polski stał się faktem, Śniadecki tak pisał do T. Bukatego do Londynu: „Cały kraj nasz w najopłakańszej sytuacji i prawie rozpaczy... Jest że lud na ziemi nieszczęśliwszy?... Zobaczmy, co będzie za koniec tych okrucieństw i niesprawiedliwości. Nie piszę dalej, bo ciężko ukoić serce bólem ścieśnione.” Po tych ciężkich doświadczeniach, w styczniu 1794 r. wrócił do Krakowa, gdzie dojrzewały już plany insurekcji kościuszkowskiej, w którą Śniadecki zaangażował się całkowicie. Będąc członkiem Krakowskiej Komisji Porządkowej zajmował się przyjmowaniem ochotników do wojska, zbieraniem, dostarczaniem żywności i innych potrzebnych rzeczy dla armii. Z polecenia samego naczelnika Tadeusza Kościuszki zajmował się zbieraniem, przetapianiem i przesyłaniem do warszawskiej mennicy złota i srebra ofiarowanego na potrzeby powstania. Po upadku powstania opuścił Kraków i schronił się w Kalwarii niedaleko Krakowa i jak pisze Baliński, w tym miejscu przez jedną noc ze zmartwienia i żalu nad nieszczęściami ojczyzny zupełnie osiwił.¹²

Po trzecim rozbiorze Polski napisał do Kołłątaja list pełen żalu i goryczy po utraceniu niepodległości przez swoją ukochaną ojczyznę. Pisał w nim między innymi:

¹² M. Baliński, *Pamiętniki o Janie Śniadeckim, jego życiu prywatnym i publicznym i dziełach jego*, tom I i II, Wilno 1865, s. 260.

„Trzeba dziś Polakowi przeżyć samego siebie, stworzyć sobie inną duszę i zamknąć czucia swoje w ciasnych granicach osobistego bytu. ...Patrzyłem dotąd w Krakowie na zwaliska wszystkich dobrych ustanowień przez Komisję Edukacyjną do Akademii zaprowadzonych, odrywałem moją uwagę cichą i spokojną w naukach pracą od tak smutnego widoku, wreszcie wzięłem rezolucję poświęcić się spokojnemu i prywatnemu życiu i przerwać wszystkie moje z Akademią związki, nie mogąc jej już w niczym być pożytecznym. Podałem już moją do rządu dymisję i wśród nastąpić mającego lata porzucam Kraków, przepędziwszy w nim 31 lat mego życia. Po ułożeniu interesów moich i mojej rodziny, zapewniwszy sobie tyle dochodu, ile mi na skromne życie potrzeba będzie bez wyciągania czyjejkolwiek łaski i pomocy, zagrzebię się na resztę dni w książkach i naukach.”¹³

We wrześniu 1797 r. Śniadecki poprosił cesarza Franciszka II o przyznanie mu emerytury oraz o zezwolenie na dalsze kierowanie pracą obserwatorium astronomicznego. Emerytury mu nie przyznano, a na prowadzenie obserwatorium astronomicznego wyrażono zgodę. Panujące poczucie bezsilności i inercji zniechęciły go do dalszego pobytu w Krakowie i zaczął myśleć o ponownej podróży zagraniczej. Być może na decyzję wyjazdu wpłynęła pewna znajomość. Bywając w sprawach Szkoły Głównej i swojej emerytury w Wiedniu, poznał wdowę, bogatą, młodą, przystojną, wykształconą, dziedziczkę dużych posiadłości w Galicji, panią Antoninę Chołoniewską z Morskich. Szanowany profesor, starający się już o emeryturę, w wieku 40 lat zakochał się po raz drugi w swoim życiu. Pierwszy raz zakochał się we wczesnej młodości w bardzo pięknej pannie, ale brak zabezpieczenia finansowego przekreślił ich matrymonialne zamiary, a gdy Śniadecki pierwszy raz wyjechał za granicę, przyszli teściowie pospiesznie ukochaną wydali za Ślązaka. Pan Jan mocno to przeżył i wówczas obiecał sobie, że nigdy się nie ożeni. Strzała Amora trafiła go ponownie, a listy obojga do siebie świadczą o ich wręcz młodzieńczej miłości. Z listów też wynika, że nie przestał być matematykiem; w jednym z nich wylicza z wyrzutem, że na list od niej musiał czekać 10 dni, 13 godzin, 25 minut i 40 sekund. Pani Antonina pragnęła wejść z nim w związek małżeński i namawiała go, aby porzucił pracę na uniwersytecie i obiecywała budowę obserwatorium w swoich posiadłościach. Śniadecki natomiast uważał, że życie rodzinne wymaga zbyt dużo czasu i uwagi, którymi on, człowiek nauki, nie dysponuje i do końca życia pozostał kawalerem.

W Krakowie prowadził systematyczne obserwacje astronomiczne od 13 maja 1792 r. do 24 lipca 1803 r., a ich wyniki publikował w „Efemerydach Wiedeńskich”, w Rocznikach Akademii Nauk w Petersburgu czy w „Efemerydach Berlińskich”. Jak pisze „Tygodnik Literacki” w nr 35 z 29 sierpnia 1842 r.:

„Pod dyrekcją Jana Śniadeckiego, obserwatorium z szczytobliwości króla Stanisława i obfitej przychylności do Śniadeckiego, stało się dość zamożnym w narzędzia... które były... jakby zmordowane dość długimi i z wielką pilnością robionymi obserwacjami przez Jana Śniadeckiego.”

¹³ Jan Śniadecki,; *List do Hugona Kollątaja*, Kraków 12.I.1803, s. 349.

Znany ówczesny astronom Messier w liście do Śniadeckiego w 1785 r. tak pisał:

„Ucieszony byłem, dowiadując się z listu pana o założeniu tego obserwatorium, które musi się przyłożyć do dobra i postępu wiadomości astronomicznych, a razem przynieść wiele zaszczytu Polsce i panu. Szczególne narzędzia, które już pan posiadasz, i które są po większej części dobre, złączone z tymi co odbierzesz, utworzy jedno z lepszych obserwatoriów w Europie.”¹⁴

Warszawskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, gdy tylko powstało w roku 1801, zaraz powołało Śniadeckiego na swego członka i zaproponowało mu napisanie rozprawy *O Koperniku*, która zgodnie z wolą Towarzystwa miała na celu oddanie hołdu Mikołajowi Kopernikowi i pokazanie, jak wiele mu winne były nauki matematyczne i astronomia.¹⁵ Wykład inauguracyjny z astronomii w 1782 r. Śniadecki poświęcił właśnie pochwałę Kopernika. Przygotowując się wówczas do tego wykładu przewertował 40 tomów obliczeń astronomów krakowskich działających przed i po Koperniku. Teraz przeczytał jeszcze raz z największą uwagą całe dzieło Kopernika, a także inne znajdujące się w Bibliotece Jagiellońskiej prace Kopernika. Praca *O Koperniku* została ukończona 31 sierpnia 1802 r. i przesłana do Warszawy. Stanisław Staszic napisał 5 X 1802 r.:

„Z zlecenia Towarzystwa Przyjaciół Nauk przesyłam WWP Dobrodziejowi raport wydziału, zdany z rozważania mowy Jego o Koperniku. Nadto Zgromadzenie zobowiązało mię, abym imieniem jego wyraził Mu największe ukontentowanie i podziękowanie za tak dokładną pracę. Mowa ta będzie z woli Zgromadzenia przełożoną na język francuski i wydrukowaną, aby od cudzoziemców czytana być mogła. ...publiczna sesja będzie w miesiącu listopadzie, na której pismo Jego *O Koperniku* całe prócz przypisków czytane będzie z woli Zgromadzenia.”¹⁶

Jak przebiegało to publiczne czytanie, opisuje Czacki w liście do Śniadeckiego z 17 XI 1802 r.:

„Kochany Przyjacielu! Tysięczne usta powtarzają Twe imię ze czcią i z wdzięcznością. Dzień wczorajszy był jednym z dni pięknych narodu. Cztery godziny trwało posiedzenie; mnich i elegantka, uczony i prostak, jurysta i matematyk równie słuchali, równie rozrzewnili się. Al-bertrandy zagaił, wyrzekł o Tobie, coś wart, że ty jeden na jego i Ojczyzny grobie złożyłeś wieniec. ...Zaczął Staszic czytać, chciał być posłuszny twojej woli, chciał być krótkim, ale kiedy entuzjazm był bez granic, ledwo co mógł opuścić. Głębokie milczenie tłoku przerywane było tylko czasem mimowolnym wyrazem podziwiania. ...Śmieszek jeden nie skaził powagi i prócz kilku osób, którzy wyjść musieli dla tłoku niezmiernego, gdy przypadkiem ława się złamała, nikt nie ruszył się. Kochany Przyjacielu! Wart ten naród Ciebie i ty jesteś nie uniżonym, gdy jego jesteś ziomkiem. Jak tylko wydrukują Kopernika, posyła Zgromadzenie 20 egzemplarzy do Frauenburga, aby na grobie Kopernika złożone były.”¹⁷

¹⁴ *O astronomii w Polsce*, „Tygodnik Literacki”, nr 42, 19 października 1840, s. 334.

¹⁵ Jan Śniadecki, *O Koperniku*, Ossolineum, Wrocław 1955, s. XLIII.

¹⁶ Tamże, s. 202.

¹⁷ Tamże, s. 204–205.

W tej rozprawie wykazał niezbicie polskie pochodzenie Kopernika, swoim wywodem uzasadnił, że z nauki Kopernika rozwinęło się całe nowożytne przyrodoznawstwo, i od jego dzieła zaczęły się prostować zawile drogi dotychczasowej nauki.

Jeszcze w roku 1796 Marcin Odlanicki Poczobut proponował Śniadeckiemu objęcie stanowiska profesora astronomii w Wilnie, a po śmierci rektora również i tę funkcję. Zakusy na Śniadeckiego władze wileńskiej szkoły ze zdwojoną siłą zwiększyły w 1805 r. co sprawiło, że zgodził się przyjąć posadę astronoma, a decyzję co do rektorowania uniwersytetowi postanowił podjąć później. 18 lutego 1807 r. zjawił się w Wilnie i 24 lutego rozpoczął urzędowanie jako rektor i astronom. W *Pamiętnikach o Janie Śniadeckim* M. Baliński cytuje słowa Śniadeckiego, które wyjaśniają, czym się kierował przyjmując to stanowisko. Oto te słowa:

„...miłość rodaków i ich dobra wyciągnęła mnie na wszystko. Choćby mnie to zdrowie miało kosztować, bylebym mógł co dobrego w tym obiekcie zrobić dla kraju i nauki, dosyć będę nagrodzony za wszystkie ofiary, które ta rezolucja kosztuje.”¹⁸

Miał też Śniadecki ogromny udział w krzewieniu poprawnej polszczyzny; przez wiele lat wspomagał Bogumiła Lindego w jego pracach nad *Słownikiem języka polskiego*. Kierowanie uniwersytetem zakłóciły wydarzenia polityczne roku 1812. W kwietniu w jego murach przebywał Aleksander I, a kilka miesięcy później Napoleon zażądał publicznego przedstawienia mu władz uniwersytetu i wejścia Jana Śniadeckiego do Rządu Tymczasowego Litwy, co ów uczynił, jednak nie bez oporów. 30 czerwca 1812 r. nastąpiło spotkanie Napoleona i Śniadeckiego, które stało się początkiem wielu ich spotkań, podczas których rozmawiali o historii Polski, Europy i o Rosji. To z polecenia Śniadeckiego Napoleon rozkazał, aby wojska nie niszczyły ogrodu botanicznego w Gorenkach pod Moskwą, a także zbiorów Jezuitów w Połocku.¹⁹ Cały ten okres wymagał od Śniadeckiego nie lada umiejętności politycznych, aby nie stracić z pola widzenia tego dobra największego, jakim była w jego mniemaniu edukacja społeczeństwa. Wojskowi chętnie w pomieszczeniach uniwersytetu urządzali magazyny, szpitale czy stajnie dla koni niszcząc często bezmyślnie sprzęty i mienie uczelni. Gdy Francuzi będąc w odwrocie ogrzewali się przy ogniu rozpalonym na dziedzińcu uniwersytetu w listopadowe chłody pałac co się dało, to:

„Rektor zmęczony już i tak całodziennym czuwaniem nad całością zbiorów i gabinetów, wśród okropnego chaosu tłoczącego się zewsząd po ulicach, a szukającego chleba żołnierstwa, nie zmrugnął oka przez całą noc i ubrany gotów był w każdym wypadku stawać osobą swoją do obrony własności i bezpieczeństwa powierzonych mu zakładów.”²⁰

¹⁸ M. Baliński, *Pamiętniki o Janie Śniadeckim*, t. I, Wilno 1850, s. 406–407.

¹⁹ *Napoleon i Jan Śniadecki*, „Orędownik Naukowy” nr 49, 5 grudnia 1841, Poznań, s. 389–393.

²⁰ K. Bartnicka, *Działalność edukacyjna Jana Śniadeckiego*, Ossolineum 1980, s. 149.

Gdy kozacy zaczęli postępować podobnie, też nie wahał się bronić powierzonego mu mienia.

Car Aleksander I za udział w Rządzie Tymczasowym Litwy i goszczenie Napoleona chciał go pozbawić urzędu i Śniadecki musiał się mocno tłumaczyć nowym władzom. W liście do ministra Razumowskiego z 19 XII 1812 r. tak między innymi tłumaczył się ze swojej postawy:

„W czasie służby publicznej od 40 lat, pod 4 rządami: Polskim, Pruskim, Austriackim i Rosyjskim, miałem zawsze jedną ambicję – być człowiekiem uczciwym, wiernym swoim obowiązkom.”²¹

Po tych wyjaśnieniach i wsparciu wpływowych osób zatrzymał stanowisko i od stycznia 1813 r. uniwersytet zaczął pracować normalnie, ale pozycja Śniadeckiego z kolejnymi miesiącami słabła, wiele osób ją podkopywało i już na wiosnę 1814 r. właściwie wiedział, że przestanie być rektorem. Podczas zgromadzenia profesorów 1 III 1815 r. przeczytał decyzję ministra odwołującą go ze stanowiska rektora Uniwersytetu Wileńskiego. Praca na tym stanowisku absorbowwała go bardzo, a mimo to udało mu się wydać bardzo ważne, a pod wieloma względami wręcz nowatorskie dzieło na skalę europejską pt. *Jeografia, czyli opisanie matematyczne i fizyczne ziemi...* w Wilnie w 1809 r., a także *Żywoty uczonych Polaków*. Uniwersytet Wileński pod rządami Jana Śniadeckiego przeżywał wspaniałe chwile rozkwitu. Po roku 1821 zdrowie jego nie było najlepsze, doskwierały mu kłopoty z pogłębiającą się krótkowzrocznością, a doszły dodatkowe kłopoty z kamicią nerkową. W tym czasie wybudował dom na posiadłości córki swego brata Jędrzeja Zofii Balińskiej ze Śniadeckich w Jaszunach blisko Wilna, w których na stałe osiadł w 1828 r. Ostatecznie przeszedł na emeryturę 3 listopada 1824 r. z kwotą 1500 rubli rocznie i tym samym po 49 latach pracy publicznej odsunął się w cień. Po krótkiej chorobie 9 listopada 1830 r. zmarł. Według ostatniej woli ciało jego zostało pochowane w Jaszunach, a majątek, którym rozporządzał, podzielił między różne fundusze stypendialne dla studentów dwóch swoich ukochanych uczelni, w Wilnie i Krakowie.



Dom, który Jan Śniadecki wybudował sobie w Jaszunach i w którym zmarł

²¹ Tamże, s. 150.

Ocena tak ogromnego dorobku przekracza możliwości tego skromnego wspomnienia wielkiego Polaka, który zostawił ślady swojego działania w tak wielu dziedzinach; posiadał ogromny dorobek astronomiczny, matematyczny, pedagogiczny, społeczny, a także filozoficzny i metodologiczny, przygotowywał projekt wykonania dokładnych map według zasad geometrii i astronomii. W ramach tego projektu i dla jego potrzeb wyznaczył dokładnie na podstawie obserwacji astronomicznych współrzędne geograficzne Krakowa i Wilna. Do tego należy dodać ogromną liczbę listów napisanych zarówno do osób prywatnych jak i do instytucji. Wszystkiego tego dokonał człowiek, którego rysopis w paszporcie z 1803 r., gdy miał 47 lat, brzmiał: wzrost 165 cm, włosy siwe, brwi czarne, czoło wysokie, oczy siwe, nos trochę gruby, ucho średnie, podbródek okrągły, twarz owalna. Józef Frank, człowiek zasłużony dla wileńskiej medycyny, tak opisał Jana Śniadeckiego w swoich pamiętnikach:

„Jan Śniadecki był wzrostu miernego, prawie kwadratowy, o białych zupełnie włosach, chociaż wcale nie był stary. Gdy wychodził z domu zawsze szedł za nim służący, a z jego kieszeni zwykle wyglądał koniec chustki do nosa. Jakiś niepokój wewnętrzny nie pozwalał mu pozostać na miejscu. Mówił Śniadecki dobrze i lubił, aby go słuchano... był hardy z równymi sobie, a z niższymi wprost brutalny. Pomimo to uchodził za dobrego patriotę. Nie można mu było odmówić rozumu i nauki, ale nad wszystkim górowała pycha.”²²

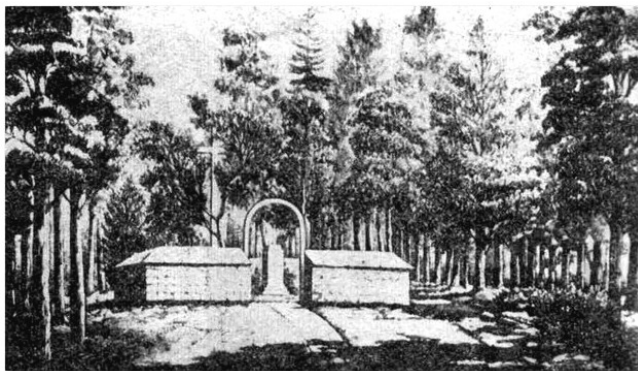
Żeby do końca oddać charakter tej pięknej postaci, dodajmy jeszcze kilka innych kąśliwych określeń. Panie z towarzystwa zarzucały mu „gdyanie”, dbanie o przesadną etykietę nawet w kontaktach z najbliższymi zarzucała mu rodzina brata Jędrzeja, którą całe życie opiekował się i jak mógł pomagał; bywał często „zły i kwaśny”, czasami apodyktyczny, trochę samowładny i nie znosił opozycji. Sam siebie określał jako człowieka o charakterze nadto żywym, nie dość cierpliwym i do rozdrażnienia łatwym. Mieszkanie uczonego w ciągu roku akademickiego wyglądało jak pracownia bardzo zajętego orędownika nauki. Kiedy jednak praca na uczelni kończyła się, książki i wszystkie pomoce naukowe powracały na swoje miejsce, wracał wszędzie idealny ład i porządek. Wyjmowano ze skrzyń i szaf porządnie wyczyszczone strzelby i wszelkie akcesoria myśliwskie. Jan Śniadecki był zapalonym myśliwym, zakochanym w polowaniach, którym oddawał się z wielką rozkoszą, szczególnie, gdy mieszkał w Krakowie. Letni czas spędzał u Wielopolskich i Czartoryskich w ich posiadłościach w puszczy pińczowskiej, w okolicach Łańcuta, Łąki (posiadłość A. Chołoniewskiej) czy Sieniawy. Przez całe lato rozbrzmiewały trąby myśliwskie, huki strzelb. Wieczory spędzał na wesołych i miłych rozmowach z udziałem pięknych kobiet, w których towarzystwie lubił przebywać.

Historycy uważają, że był on najcenniejszym nabytkiem Szkoły Głównej Koronnej, nazywają go

²² J. Frank; *Pamiętniki*, t. I, Wilno 1913, s. 146.

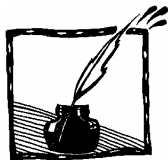
„pierwszym uczonym europejskiej miary, bo nie tylko sam umiał się utrzymać na poziomie europejskiej nauki, ale i nawzajem w zagranicznym świecie naukowym dobrze był znanym i prawdziwie cenionym. Umysł wszechstronny, zdolny do wznoszenia się do przedmiotów umiejętności ścisłych do najwyższych zagadnień filozoficznych, a przy tym człek, uposażony talentem organizacyjnym, energią, obrotny, ruchliwy, przedsiębiorczy – nadawał się znakomicie do roli współpracownika przy dziele reformy, które wprowadzić zostało przygotowane i ugruntowane przez Kołłątaja, ale wymagało jeszcze dalszego rozwinięcia i uzupełnienia pod wieloma względami. ...Niespożyte zasługi położył Śniadecki przede wszystkim około podniesienia nauk matematycznych i astronomicznych w Akademii.”²³

S. Dickstein tak widzi rolę Śniadeckiego w reformowaniu polskiej oświaty a szczególnie szkoły krakowskiej: „Jeżeli Kołłątaj był sercem reformy Akademii Krakowskiej, to Jan Śniadecki był jej mózgiem”. I na koniec, mało kto zdaje sobie sprawę z tego, że był pionierem w Polsce rachunku prawdopodobieństwa, który sam nazywał „rachunkiem losów” lub „rachunkiem na chybi – trafi”. W tamtych czasach traktowano ten dział matematyki niezbyt poważnie, a dzięki Śniadeckiemu nabrał należynej mu powagi.



Grób Jana Śniadeckiego obok domu w Jaszunach

²³ W. Czerniak, *Uniwersytet Jagielloński w czterech ostatnich wiekach*, Kraków 1900, s. 67–68.



Odgłosy z jaskini (12) Test z testopatologii

Adam Smólski

Układając zadania do „Lwiątko”, wpadamy czasem w różne pułapki – o niektórych już opowiadałem w poprzednich odcinkach „Odgłosów”. Nie tylko pułapki fizyczne. Sama forma testu wyboru zmusza do czujności, łatwo bowiem zepsuć zdanie przez nieostrożne budowanie odpowiedzi. Na przykład naruszając zasadę, że poprawna odpowiedź ma być dokładnie jedna. To najprostszy błąd, a mimo to czasem trudny do wychwycenia. Logiczne niedbalstwo może być też innego rodzaju. Po paru własnych wpadkach nauczyliśmy się już „dmuchać na zimne” (obecnie zestawy przechodzą przez siedem recenzji), łatwiej mi także zauważać błędy „u konkurencji”. Jednak piszę ten odcinek nie dla wytykania palcami, ale aby się na błędach – własnych i cudzych – wspólnie z czytelnikami trochę poduczyć.

Zacznijmy zatem od testu dla czytelników. Oto dziesięć zadań. Z każdym z nich jest „coś nie tak”. Proponuję, aby Państwo przyjrzeni się tym zadaniom sami, zanim dalej przeczytają Państwo o moich zarzutach. Uczulam przede wszystkim na usterki formalne, nie mające nic wspólnego z fizyką. Zadania pochodzą z różnych źródeł – niektóre zdradzam, innych nie chciałbym, właśnie by nie wytykać palcami. W paru przypadkach, jak przypuszczam, będą mieli Państwo dobrą zabawę.

I. [Lwiątko 2005, klasa 3 gim., zadanie 1]

Rysunek pokazuje kometa i jej warkocz. W którą stronę rysunku porusza się ta kometa?

A. W górę.

B. W dół.

C. W prawo.

D. W lewo.

E. Rysunek nie wystarcza do wybrania poprawnej odpowiedzi.



II. [Matura próbna 2008, OKE Poznań]

W ruchu harmonicznym

A. maksymalna wartość energii potencjalnej jest równa $E_p = \frac{1}{2}k \cdot A^2$,

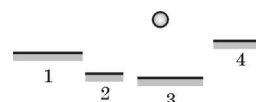
B. maksymalna wartość energii kinetycznej jest równa $E_k = \frac{1}{2}k \cdot A^2$,

C. wartość energii całkowitej jest stała i równa $E_C = \frac{1}{2}k \cdot A^2$,

D. wszystkie powyższe odpowiedzi są prawdziwe.

III. [Lwiątko 2006, klasa 3. gim., zadanie 1]

W którym z płaskich luster (rysunek) obraz kulki okaże się największy?



A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.

E. Rozmiary obrazów będą jednakowe.

IV. [Informator o egzaminie gimnazjalnym, CKE 2002]

Zjawisko zaćmienia Słońca obserwowane na Ziemi zajdzie wówczas, gdy ciała niebieskie ustawią się w następującej kolejności:

A. Księżyc, Słońce, Ziemia.

B. Księżyc, Ziemia, Słońce.

C. Ziemia, Księżyc, Słońce.

D. Słońce, Ziemia, Księżyc.

V. Praca wykonana przez siłę grawitacji nad satelitą krążącym wokół Ziemi po torze eliptycznym, w czasie jednego okresu obrotu, ma wartość:

A. $W < 0$.

B. $W \leq 0$.

C. $W = 0$.

D. $W \geq 0$.

E. $W > 0$.

VI. Wartość siły oporu powietrza działającej na poruszający się samochód zależy od:

A. długości samochodu,

B. masy samochodu,

C. siły ciągu silnika,

D. wartości prędkości samochodu.

VII. Wartość siły oddziaływania międzycząsteczkowego jest największa w przypadku oddziaływań

A. cząsteczek powietrza,

B. cząsteczek wody,

C. cząsteczek gumy,

D. cząsteczek stali.

VIII. [Lwiątko 2004, klasy 1–2 gim. zadanie 22]

Cieżarówka ma nośność 5 t, a pojemność jej skrzyni wynosi 6 m^3 . Ile kursów powinna wykonać ta ciężarówka, aby przewieźć 60 m^3 suchego piasku? Gęstość suchego piasku 1500 kg/m^3 .

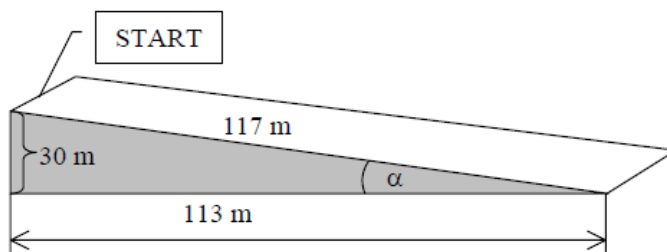
- A. 8 kursów.
- B. 10 kursów.
- C. 12 kursów.
- D. 15 kursów.
- E. 18 kursów.

IX. Dźwięk odbity od przeszkody, powracający do obserwatora jest:

- A) pogłosem,
- B) echem i pogłosem,
- C) echem,
- D) echolokacją.

X. [Matura, termin styczniowy 2003, zamieszczam tylko sam początek zadania].

Grupa narciarzy postanowiła wyznaczyć współczynnik tarcia nart o śnieg. Rysunek pokazuje nam profil stoku narciarskiego.



A teraz rozwiązania testu.

I. Usterka jest drobna i trochę niepoważna. Poprawna miała być odpowiedź E. Rysunek nie wystarcza do wybrania poprawnej odpowiedzi, ale jeżeli nie wystarcza, to dlaczego ją wybieramy?

Podobna, a nawet chyba drastyczniejsza wpadka zdarzyła się OKE w Krakowie podczas matury próbnej w marcu 2002:

Zadanie 9 (1 pkt)

Na powierzchni dwóch ośrodków pada światło pod kątem α . W każdym ośrodku fala rozchodzi się z inną prędkością. Gdy kąt padania fali zwiększymy dwukrotnie, to kąt załamania:

- a) wzrośnie dwukrotnie,
- b) zmaleje dwukrotnie,
- c) wzrośnie lub zmaleje dwukrotnie w zależności od rodzaju ośrodków, w których fala biegnie,
- d) żadna odpowiedź nie jest poprawna.

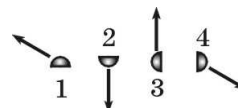
W takich zadaniach najzręczniejszą dać poprawną możliwość w postaci „Inna odpowiedź”.

II. Nie chodzi mi o nieeleganckie operowanie domyślnymi oznaczeniami, bez ich jawnego zdefiniowania. Pomińmy także fakt, że energia potencjalna jest określona z dokładnością do stałej. Problem jest innego rodzaju: poprawność D oznacza poprawność każdej z odpowiedzi A, B, C. I faktycznie wszystkie odpowiedzi są poprawne.

III. Jak w poprzednim zadaniu, wszystkie odpowiedzi są poprawne. Funkcja stała przyjmuje wartość największą lub najmniejszą w każdym punkcie swojej dziedziny. Poprawność E – a jest to właśnie dobra odpowiedź – pociąga za sobą poprawność każdej z pozostałych. Oto przykład, jak należy formułować tego typu zadania (podkreślenie moje, poprawna odpowiedź: E):

[Lwiątko 2005, klasa I lic., zadanie 12]

Przy zderzeniu nad księżycową równiną dwóch latających talerzy powstały cztery odłamki, które odleciały w różnych kierunkach z jednakowymi co do wartości prędkościami (rysunek, widok z boku). Wszystkie spadły. Który z nich uderzył w powierzchnię Księżyca z największą prędkością, **większą niż pozostałe fragmenty?**



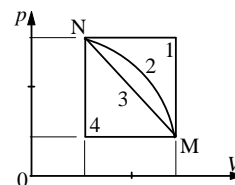
A. 1. B. 2. C. 3. D. 4. E. Wartości wszystkich prędkości były jednakowe.

Podobny zabieg wskazany byłby nawet w zadaniach, w których „wspólna” odpowiedź nie jest prawdziwa, jak np.

[Lwiątko 2003, klasa III lic., zadanie 3].

Przejście ze stanu N w stan M odbywa się na cztery różne sposoby. W którym z nich praca wykonana przez gaz jest największa?

A. 1. B. 2. C. 3. D. 4. E. Za każdym razem jest taka sama.



W zadaniu błędu nie ma (bo E **nie jest** prawdziwe), ale powstaje wskazówka, że na pewno nie należy wybierać E. To błąd sztuki. W lwiątkowych zadaniach taki lapsus zdarzał się nam niejednokrotnie. Postaramy się uważać w przyszłości.

IV. Odpowiedzi B i D są identyczne. Kto to zauważy, już wie, że żadna z nich nie jest poprawna. Błąd sztuki, ale trzeba przyznać, że autorom zadania trudno było wybrać z sytuacji.

V. Choć Autorzy podali C jako poprawną odpowiedź, natychmiast i z powodów czysto logicznych widzimy, że prawdziwe są także odpowiedzi B i D. Co więcej, gdyby prawdziwe było A, to także B. Gdyby prawdziwe było E, to także D. Oto jeszcze dwa przykłady podobnie egzotycznej logiki:

Elektron, poruszający się z prędkością $5,0 \cdot 10^6$ m/s, wpada w obszar jednorodnego pola elektrycznego o natężeniu $1,0 \cdot 10^3$ N/C pod kątem 0° względem linii tego pola. W polu elektrycznym elektron porusza się po linii prostej ruchem

- A. opóźnionym,
- B. jednostajnie opóźnionym,
- C. jednostajnym,
- D. jednostajnie przyspieszonym,
- E. przyspieszonym.

Poprawność B pociąga za sobą poprawność A, zaś poprawność D pociąga za sobą poprawność E.

Źródłem pola elektrycznego są dwa jednakowe ładunki punktowe o wartości Q każdy. Liczba linii pola wychodzących z ładunku Q jest wprost proporcjonalna do

- A. 0,
- B. $\frac{Q}{\epsilon_0}$,
- C. $\frac{2Q}{\epsilon_0}$,
- D. $\frac{3Q}{\epsilon_0}$,
- E. $\frac{4Q}{\epsilon_0}$.

Mowa jest o dwóch ładunkach, bo następne zadania w książce odwoływały się do tego samego polecenia i drugi ładunek był potrzebny. Nie do tego mam więc pretensję. Nie chodzi mi też o to, że liczenie linii sił to procedura wysoce umowna. Chodzi o ową proporcjonalność. Przecież proporcjonalność ma to do siebie, że czynnik liczbowy na nią nie wpływa. Odpowiedzi B – E są poprawne. Swoją drogą, jeśli pytamy o zależność, to trzeba parametry, o których mowa, wyraźnie uczynić zmiennymi. Tutaj tej zmienności w ogóle nie da się zauważyć.

VI. No właśnie, zadań na temat zależności nie wolno tak formułować. Jeśli będziemy porównywać wyłącznie samochody o ustalonych proporcjach długości do wysokości, okaże się, że siła oporu zależy od długości (i od masy też). Jeśli będziemy porównywać samochody jadące ruchem jednostajnym, to w oczywisty sposób siła oporu będzie zależeć od siły ciągu silnika, bo będzie jej co do wartości równa! Żeby pytać o zależność, trzeba powiedzieć, co jest stałe. Wyrazisty przykład, jaki na ten temat daje Jadwiga Salach, to pytanie, czy

w ruchu jednostajnym po okręgu siła dośrodkowa jest proporcjonalna, czy odwrotnie proporcjonalna do promienia toru. Kto sobie przypomni wzór $m\omega^2 r$, powie że proporcjonalna, a ze wzoru $\frac{mv^2}{r}$ ktoś inny wyczyta odwrotną proporcjonalność. W pytaniu zabrakło informacji, co jest zmienne, a co stałe. Niestety taki brak precyzji zauważa się powszechnie. Czy siła wyporu zależy od gęstości ciała? Oczywiście tak, jeśli rozpatrujemy ciała o takiej samej masie.

VII. Zadanie pochodzi z tego samego źródła, co poprzednie. I tam, i tu jest za dużo domyślności. Wygląda to na egzekwowanie sloganów, wykutych bez zrozumienia. Różne cząsteczki ciał są w różnych odległościach od siebie i te odległości bez przerwy się zmieniają! Siła oddziaływania między cząsteczkami zmienia się zatem i w czasie, i w zależności od pary cząsteczek, które śledzimy. Jak zatem pytać, u jakiej substancji jest największa?

VIII. W tym zadaniu niby nie ma błędu, ale jest pewien słaby punkt. Dotyczy słowa „powinna”. Co ono właściwie oznacza? Warunek konieczny czy dostateczny? Wydaje się, że konieczny. Ale przecież ciężarówka nie MUSI robić 18 kursów, może więcej. Więc 18 jest wartością dostateczną, a nie konieczną. Bazowaliśmy na tym, że „powinna” ma zabarwienie także odrobinę „dostatecznościowe”, sugeruje poszukiwanie najmniejszej dostatecznej wartości. Problem znaczenia „powinna” powstawałby właściwie dopiero wtedy, gdyby wśród wymienionych wartości znalazła się wartość większa od 18.

IX. Rozumiem, że błąd łatwo zauważyć. Oczywiście efekt nie może być jednocześnie „echem i pogłosem”. Czy wystarczyłoby zatem zmienić „i” na „lub”? Też nie, bo wtedy pojawia się logiczna zależność pomiędzy odpowiedziami A i B oraz C i B: ewentualna prawdziwość A pociąga za sobą prawdziwość B itd. Aby uniknąć kłopotu, trzeba użyć bardziej skomplikowanego trybu: „B. może być echem i może być pogłosem”.

Co do „i” oraz „lub”, zdarzyła nam się mała wpadka w 2004 roku, w klasie 3. gimnazjum, zadanie 25:

Na jednej opornicy suwakowej znajduje się napis «6 Ω, 4 A», na drugiej — «30 Ω, 3 A», na trzeciej — «100 Ω, 1 A». Której z tych opornic można użyć w połączeniu szeregowym z żarówką oznakowaną «12 V, 30 W», gdy nasze źródło dostarcza napięcia stałego 36 V? Żarówka ma pracować w swoich zwykłych warunkach.

A. Tylko 1. **B.** Tylko 2. **C.** Tylko 3. **D.** 1 lub 2. **E.** 2 lub 3.

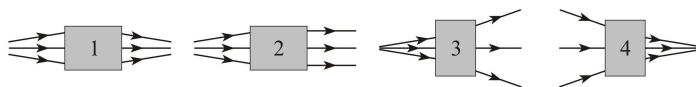
Oczywiście w D i E powinniśmy byli dać „i”: „można użyć 1 i można użyć 2”. Poprawność B pociąga za sobą prawdziwość każdej alternatywy, której

B jest składnikiem. Niuanse – nikt nie zauważył, nikt nie reklamował, ale prze-gapiliśmy.

Co do owych „tylko”, też nie od razu nauczyliśmy się je umieszczać, ale na szczęście wpadek w polskim Lwiątku z tego powodu nie było. Oto dodatkowe zadanie dla czytelników: gdzie poniżej, w podpowiedziach A – E, konieczne jest „tylko”? Było, ale zostało usunięte:

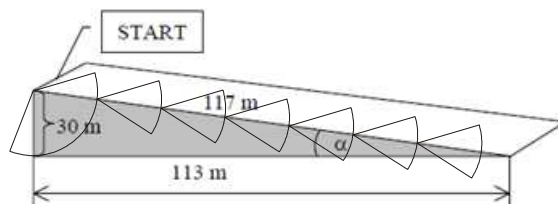
[Lwiątko 2005, klasy 3. gim., zadanie 2]

Rysunki pokazują bieg promieni światła. Pod każdym ciemnym prostokątem znajduje się pojedyncza soczewka. Które z tych soczewek nie są skupiające?



A. 2. B. 3. C. 4. D. 3 i 4. E. 1, 3 i 4.

X. Wymierzmy długość stoku, przyjmując jako miarodajną jego wysokość 30 m:



Tak ze 220 metrów, z okładem.

Ktoś powie, że się czepiam, bo nawet z niestarannym rysunkiem zadanie będzie zrozumiałe. Zgoda, czepiam się, ale co szkodziło narysować precyzyjnie? Większości uczniów niedokładne rysunki nie przeszkodzą, bo nie zauważą, w czym są złe. Ale ci co zauważą – a to będą przecież uczniowie najuważniejsi – mogą mieć niezасłużony kłopot.

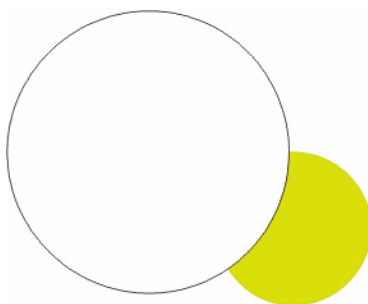
Liczne są przykłady niechlujstwa rysunków, jakie widuję w arkuszach, zbiorach zadań lub podręcznikach. Chociażby rysowanie rzekomej paraboli za pomocą graficznego narzędzia, które rysuje elipsy. A elipsy mające ilustrować orbity satelitów mają z reguły kompletnie fałszywie umieszczone ognisko. W „Lwiątku” staramy się pilnować, by na rysunkach proporcje, na przykład w długościach wektorów, odpowiadały ilościowym informacjom w treści zadania. Oto przykład, kiedy i nam się coś pod względem proporcji nie udało (Lwiątko 2005, II klasa liceum):

11. Rysunek pokazuje oświetloną część tarczy Księżyca podczas jego zaćmienia, tak jak ją widać z Polski.
A. Jest to końcowe stadium zaćmienia.



- B. Jest to początkowe stadium zaćmienia.
- C. Jeśli dzieje się to w zimie, jest to końcowe stadium zaćmienia, a jeśli w lecie, początkowe.
- D. Jeśli dzieje się to w lecie, jest to końcowe stadium zaćmienia, a jeśli w zimie, początkowe.
- E. W każdej porze roku tak może wyglądać zarówno początkowe, jak i końcowe stadium zaćmienia.

Nieudane proporcje są między krzywiznami tarczy Księżyca i cienia Ziemi:



Średnica Ziemi – i w przybliżeniu także jej cienia – jest około cztery razy większa od średnicy Księżyca, a na naszym rysunku raptem dwa razy. Drobiazg, ale można było lepiej.

Na deser zadanie w stylu takich, jakie z lubością układali kiedyś moi uczniowie w 3. klasie gimnazjum, odreagowując po przygotowaniach do egzaminu gimnazjalnego:

Spośród poniższych odpowiedzi

- A. poprawne są wszystkie odpowiedzi poza A,*
- B. poprawna jest odpowiedź A,*
- C. poprawna jest odpowiedź D,*
- D. najwyżej jedna odpowiedź jest poprawna,*
- E. co najmniej jedna odpowiedź jest poprawna.*



O oszczędnym ogrzewaniu domu – rozważania teoretyka

Piotr Białas
Instytut Fizyki UJ

Często spotykałem się z opinią, że wychodząc z domu na krótko nie warto wyłączać pieca, ponieważ więcej potrzeba energii do ponownego ogrzania domu niż się jej oszczędzi. Wydawało mi się to niezgodne z moją intuicją, więc w końcu postanowiłem to sprawdzić.

Określmy najpierw założenia. Niech na zewnątrz domu temperatura wynosi T_{out} , a w domu będziemy się starali utrzymać temperaturę T_{in} . Przez $T = T(t)$ będę oznaczał aktualną temperaturę wewnątrz domu. Dom traci ciepło z prędkością proporcjonalną do różnicy temperatur wewnątrz i na zewnątrz:

$$\frac{dQ}{dt} = A(T - T_{out}) \quad (1)$$

gdzie A jest pewną stałą tym mniejszą, im lepiej nasz dom jest izolowany. Żeby więc utrzymać stałą temperaturę, piec musi pracować z mocą:

$$W_{eq} = A(T_{in} - T_{out}) \quad (2)$$

W czasie Δt trzeba więc dostarczyć

$$\Delta Q_{eq} = \Delta t A(T_{in} - T_{out}) \quad (3)$$

ciepła. Przy okazji proszę zauważyć, że przy różnicy temperatur równej 20 stopni obniżając temperaturę w domu o jeden stopień oszczędzamy 5% energii.

Rozważmy teraz co się stanie, jeżeli temperatura nie będzie stała. Powiedzmy, że zaczynamy w stanie o temperaturze T_{in} i po czasie Δt znów mamy temperaturę T_{in} . Żeby tak się stało musimy dostarczyć przez ten okres dokładnie tyle samo ciepła ile uciekło przez ściany. Tę wielkość możemy obliczyć korzystając ze wzoru (1):

$$\Delta Q = \int_0^{\Delta t} \frac{dQ}{dt} dt = \int_0^{\Delta t} A(T(t) - T_{out}) dt = \int_0^{\Delta t} AT(t) dt - T_{out} \Delta t \quad (4)$$

Porównując to z poprzednimi obliczeniami dostajemy:

$$\Delta Q_{eq} - \Delta Q = \int_0^{\Delta t} A(T_{in} - T(t)) dt \quad (5)$$

Widać teraz, że jeśli $T(t)$ jest zawsze mniejsze od T_{in} , to ilość ciepła potrzebna w tym wypadku jest mniejsza niż w przypadku utrzymania stałej temperatury T_{in} .

Możemy to sobie przedstawić graficznie. Narysujmy wykres zależności temperatury od czasu. Wtedy całka (4) jest proporcjonalna do pola obszaru zawartego pomiędzy wykresem $T(t)$ i linią $T = T_{out}$ (zob. rysunek). Widać więc, że jakiegokolwiek obniżenie temperatury w tym czasie powoduje zmniejszenie zużytej ilości ciepła. Należy tu podkreślić, że chodzi o obniżenie temperatury poprzez normalne chłodzenie domu i że zakładamy, że współczynnik A jest w tym czasie stały. Otworzenie okien spowoduje obniżenie temperatury, ale i też ucieczkę większej ilości ciepła niż założona we wzorze (4).

Żeby określić, ile naprawdę możemy oszczędzić, musimy obliczyć zależność temperatury od czasu. W tym celu potrzebujemy jeszcze jednej wielkości: całkowitej cieplnej pojemności domu C .

Zacniemy więc od wyłączenia pieca na czas t_c (*cooling*). Zmiana temperatury jest związana ze zmianą ciepła wzorem:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} \quad (6)$$

Łącząc to ze wzorem (1) dostajemy:

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{A}{C}(T - T_{out}) \quad (7)$$

Podstawiając pomocniczą zmienną $x = T - T_{out}$ dostajemy proste równanie różniczkowe:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{A}{C}x \quad (8)$$

którego rozwiązaniem jest funkcja:

$$x(t) = K \exp\left(-\frac{A}{C}t\right) \quad (9)$$

Stałą K wyznaczamy z warunku początkowego $x(0) = T_{in} - T_{out}$. Oznaczając $\Delta T = T_{in} - T_{out}$ i $\tau_c = C/A$ dostajemy:

$$T(t) = \Delta T e^{-t/\tau_c} + T_{out} \quad (10)$$

Z tego wzoru widać, że wielkość τ_c jest czymś w rodzaju „stałej stygnięcia” i określa czas, po którym różnica temperatur wewnątrz i na zewnątrz domu zmniejszy się e razy. Po czasie t_c temperatura osiągnie więc wartość

$$T_{min} = \Delta T e^{-t_c/\tau_c} + T_{out} \quad (11)$$

Teraz ponownie włączymy piec, aby podgrzać dom z powrotem do temperatury T_{in} . Zakładamy, że piec będzie działał cały czas z mocą W . Moc W musi być większa od W_{eq} . Wtedy wzór (7) przybiera postać:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{W}{C} - \frac{A}{C}(T - T_{out}) = \frac{A}{C} \left(T - T_{out} - \frac{W}{A} \right) \quad (12)$$

Oznaczając $\Delta T_{max} = W/A$ i podstawiając $x = T - T_{out} - \Delta T_{max}$ dostajmy rozwiązanie:

$$T(t) = (T_{min} - (\Delta T_{max} + T_{out})) e^{-t/\tau_c} + \Delta T_{max} + T_{out} \quad (13)$$

Z tego wzoru widać, że ΔT_{max} to maksymalna różnica temperatur, o jaką piec może ogrzać nasz dom w stosunku do temperatury otoczenia. Dom osiągnie temperaturę T_{in} po czasie t_h (*heating*) równym:

$$t_h = \tau_c \log \frac{\Delta T_{max} + T_{out} - T_{min}}{\Delta T_{max} + T_{out} - T_{in}} \quad (14)$$

Podstawiając do tego wzoru T_{min} otrzymujemy:

$$t_h = \tau_c \log \frac{\Delta T_{max} - \Delta T e^{-t_c/\tau_c}}{\Delta T_{max} - \Delta T} \quad (15)$$

Do ogrzania domu zużyjemy więc $t_h W$ energii. Ostatecznie więc energia oszczędzona wynosi:

$$W_{eq}(t_c + t_h) - t_h W = A \left(t_c \Delta T - (\Delta T_{max} - \Delta T) \tau_c \log \frac{\Delta T_{max} - \Delta T e^{-t_c/\tau_c}}{\Delta T_{max} - \Delta T} \right) \quad (16)$$

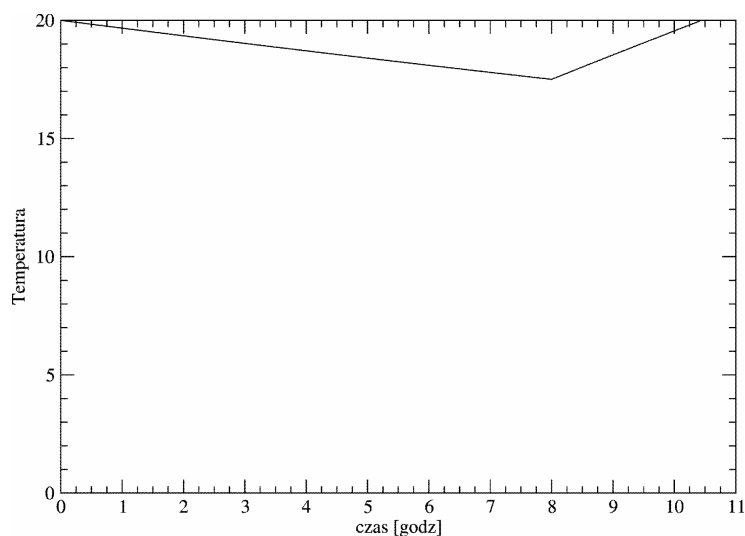
Żeby pozbyć się parametru A występującego w powyższym wzorze obliczymy ile procentowo zaoszczędzimy energii:

$$\frac{W_{eq}(t_c + t_h) - t_h W}{W_{eq}(t_c + t_h)} = \frac{t_c}{t_c + t_h} - \left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T} - 1 \right) \frac{\tau_c}{t_c + t_h} \log \frac{\Delta T_{max} - \Delta T e^{-t_c/\tau_c}}{\Delta T_{max} - \Delta T} \quad (17)$$

Postarajmy się teraz oszacować parametry τ_c i ΔT_{max} występujące w wyprowadzonych wzorach. Załóżmy, że temperatura na zewnątrz T_{out} wynosi zero stopni, a docelowa temperatura wewnątrz 20 stopni. Mój piec wyłącza się o godz. 22:30 i włącza z powrotem o godz. 5:30. W tym czasie temperatura w domu spada o ok. 2–3 stopnie. Korzystając ze wzoru (10) dostajemy, że $\tau_c \approx 50$ –75 h. Przyjmijmy więc, że $\tau_c = 60$ h. Około godziny 8:00 rano w domu zostaje osiągnięta temperatura 20 stopni, czyli $t_h = 2,5$ h. Korzystając ze wzoru (13) dostajemy

$$\Delta T_{\max} = \Delta T \frac{e^{t_h/\tau_c} - e^{-t_c/\tau_c}}{e^{t_h/\tau_c} - 1} \quad (18)$$

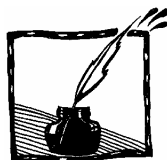
Podstawiając $t_h = 2,4$ h otrzymujemy $\Delta T_{\max} \approx 78$ stopni. Przyjmijmy więc, że $\Delta T_{\max} = 80$ stopni. Podstawiając otrzymane wartości do wzorów (10) i (13) dostajemy zależność temperatury od czasu przedstawioną na rysunku.



Krzywe temperatury wyglądają tu na proste, jest to spowodowane tym, że rozważane czasy są dużo mniejsze od τ_c i w tym zakresie funkcje eksponentialne są w przybliżeniu liniowe. Zgodnie z tym, co napisałem w pierwszej części artykułu o polu pod tym wykresem, możemy się spodziewać, że oszczędności nie będą duże. Podstawiając obliczone wielkości do wzoru (17) dostajemy, że pomiędzy godziną 22:30 a 8:00 rano oszczędziliśmy $\approx 6\%$ energii. Przyznam się, że byłem zaskoczony tym wynikiem, ponieważ spodziewałem się większych oszczędności. Większe oszczędności uzyskamy obniżając na stałe temperaturę w mieszkaniu o x stopni, czyli zamiast 20°C będziemy utrzymywać temperaturę $20 - x$.

Od Redakcji:

Autor pomija fakt, że kaloryfery są zwykle cieplejsze od $T_{in} = 20^\circ\text{C}$, czyli efektywnie mamy układ nie dwóch, lecz trzech ciał o różnych temperaturach. Objętość „cieczy kaloryferowej” zależy od typu instalacji – od kilkudziesięciu do kilkuset litrów – co może być niebagatelnym czynnikiem w równaniach (6) i (12).



Mikser z magnesem (na deser)¹

Krzysztof Gołębiowski^a, Wim Peeters^b, Grzegorz Karwasz^c

^a I Liceum Ogólnokształcące w Toruniu

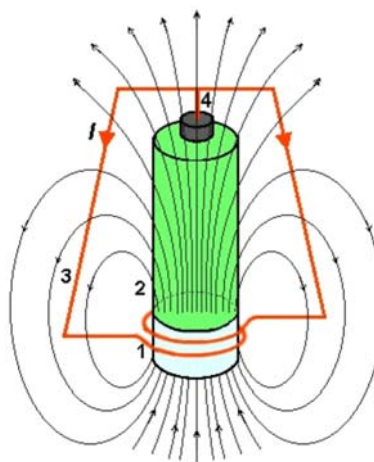
^b Uniwersytet w Antwerpii

^c Instytut Fizyki, UMK w Toruniu

Jak zbudować silnik bez komutatora, szczotek i stojana?

Bardzo prosto: z jednego magnesu, baterijki i kawałka drutu.

Na magnesie neodymowym² (1 na rys. 1) stawiamy baterijkę – paluszek (AA 1,5 V) (2). Z miedzianego drutu (średnicy ok. 1–2 mm) robimy trapezową ramkę. Górna część ramki posiada dziubek długości ok. 5 mm, zwrócony w dół (4). Dziubek opieramy na baterijce – i już się kręci! Jeżeli silnik sam nie ruszy, należy ramkę lekko rozkołysać, aby dolny zwój (bez izolacji!) dotknął magnesu.



Rys.1. Schemat silnika

Silnik elektromagnetyczny, aby mógł się obracać, potrzebuje:

- pola magnetycznego (źródło – 1),
- prądu w uzwojeniu wirnika (ramka – 3) znajdującego się w tym polu

Zasada działania silnika

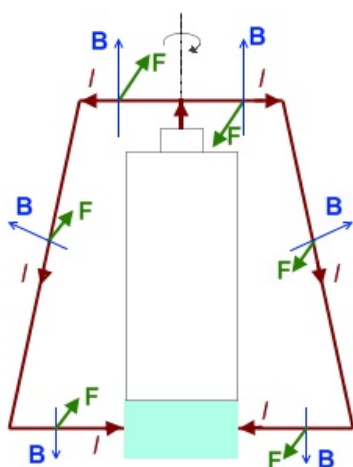
W silnikach elektromagnetycznych wykorzystane jest zjawisko oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem. Magnes neodymowy umieszczony pod baterią wytwarza stałe pole magnetyczne (rys. 1). Prąd pobierany z baterii płynie w obwodzie ramki w obu jej częściach z góry na dół, tworząc obwód zamknięty przez magnes neodymowy umieszczony pod baterią. Przewodnik owinięty wokół magnesu ma zdjętą izolację. Pomiedzy utworzoną z przewodnika pętlą a magnesem pozostawiona jest niewielka przerwa. Tworząca się przerwa w obwodzie elektrycznym (bateria, ramka i magnes) w czasie pracy silnika powoduje, że oddziaływanie pomiędzy przewodnikiem z prądem a polem ma-

¹ Silnik ten jest podany w artykule: H.J. Schlichting i C. Kuce, *Physik in unserer Zeit* **35** (2004) 272, jako autorstwa Per-Olofa Nilssona ze Szwecji.

² Około 2 zł, www.magnesy.pl.

gnetycznym pochodzącym od magnesu, następuje co pewien odstęp czasu. Przerwy są na tyle małe, że obracająca się ramka nie zatrzymuje się. Górna część ramki znajduje się w strumieniu pola magnetycznego o większej gęstości niż jej dolna część³. W konsekwencji tego, tworzące się momenty pary sił w górnej części ramki są większe niż w jej dolnej części (rys. 2). Wypadkowy moment sił powoduje, że ramka się obraca.

Silnik, raz uruchomiony, wiruje jak ubijaczka do śmietany, dopóki nie spadnie (zob. krótki film w Internecie [1]). Jak zmienić kierunek obrotu? Należy odwrócić baterię (albo magnes).



Rys. 2. Oddziaływanie ramki z prądem w polu magnetycznym. \mathbf{B} – wektor indukcji pola magnetycznego, \mathbf{I} – prąd elektryczny, \mathbf{F} – wektor siły

[1] „Two-loop motor”, MOSEM Project, Low-tech kit,

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/foton/silnik.wmv>

[2] „Znikopis magnetyczny”

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/elmag/znikopis.html> [w:] „Fizyka i zabawki”, praca zbiorowa pod red. G. Karwasza, PAP Słupsk (2005)

Pokazane silniki są częścią zestawów dydaktycznych opracowanych w programie LdV EU „MOSEM” (Minds-on Experiments on Superconductivity and Electromagnetism) koordynowanym przez UMK.

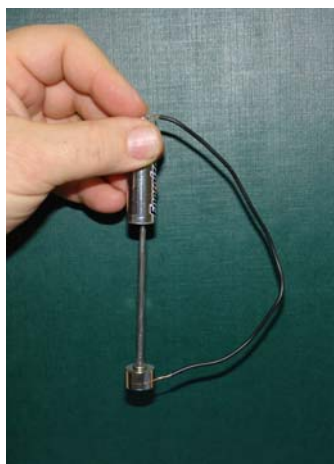
P.S. Jeszcze prostszy, niewymagający specjalnej ramki z drutu, jest silnik pokazany na zdjęciu⁴. Ostry gwóźdź działa jak łożysko, a pętla jest tylko jedna,

³ Dolna krawędź ramki znajduje się w połowie wysokości magnesu, pomiędzy dwoma biegunami i praktycznie nie przecina linii pola magnetycznego. Umieszczenie biegunów magnesu łatwo stwierdzić za pomocą magnetycznej tabliczki do rysowania [2]. Na powierzchni bocznej magnesu w połowie jego wysokości natężenie pola magnetycznego jest zerowe.

⁴ Dokładny opis budowy tego silnika zamieściliśmy w *Fotonie* 98 („Kącik doświadczalny. Prosty silnik... i nie tylko!”, Grzegorz Brzezinka).

w odróżnieniu od dwóch symetrycznych w poprzednim silniku. W tym silniku pętlę trzymamy ręką, więc jak to wynika z zasady akcji i reakcji, kręci się magnes.

Silnik kręci się najszybciej, gdy dolny koniec drutu dotyka magnesu w połowie tak, aby pętla obejmowała tylko jeden biegun magnesu. Silnik zatrzymuje się, gdy dotykamy magnesu z dołu: pętla obejmuje obydwa bieguny i wypadkowy strumień pola magnetycznego jest zerowy.

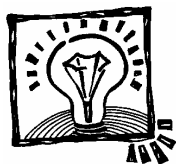


Fot. 1. Silnik elektromagnetyczny z jedną pętlą: baterijka, gwóźdź, magnes i drut. Dla zapewnienia najszybszych obrotów, drut powinien dotykać magnesu w połowie wysokości

Od Redakcji:

Na fotografii poniżej znajduje się silnik wykonany w Redakcji (WZ) według opisu zamieszczonego w artykule.

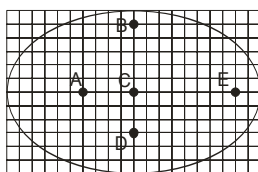




KĄCIK ZADAŃ

Zadania z „Lwiątką” o tematyce astronomicznej
Wybrał Witold Zawadzki

1. Rysunek przedstawia eliptyczną orbitę planety wokół gwiazdy. W którym punkcie może być gwiazda?



2. Wysłaliśmy sondę do badania atmosfery Słońca, wprowadzając ją na bardzo wydłużoną orbitę, której aphelium znajduje się w pobliżu Ziemi, a peryhelium – tuż za Słońcem. Sonda doleci do Słońca po czasie równym w przybliżeniu (w latach)



- A. $1/8$, B. $\sqrt{2}/8$, C. $1/4$, D. $\sqrt{2}/4$, E. $1/2$
3. Moc promieniowania czterech gwiazd (białej, żółtej, czerwonej i niebieskiej) jest taka sama. Która z tych gwiazd jest najmniejsza?
- A. Biała.
B. Żółta.
C. Czerwona.
D. Niebieska.
E. Nie ma związku między wielkością gwiazdy, a barwą i mocą jej promieniowania.
4. Planeta krąży po orbicie wokół Słońca. Jakie siły działają na nią w inercjalnym układzie odniesienia?
- A. Siła dośrodkowa i odśrodkowa.
B. Wyłącznie siła grawitacji ze strony Słońca i innych ciał niebieskich.
C. Siła oporu eteru kosmicznego.
D. Siła grawitacji ze strony Słońca i innych ciał niebieskich oraz siła odśrodkowa.

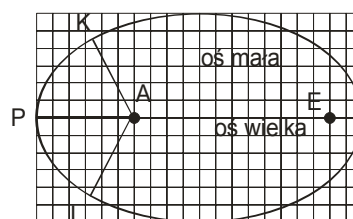
E. Siła grawitacji ze strony Słońca i innych ciał niebieskich oraz dodatkowo siła dośrodkowa.

Poprawne odpowiedzi

Zad. 1. Prawidłowa odpowiedź: **E**

Uzasadnienie: Zgodnie z I prawem Keplera, gwiazda znajduje się w jednym z ognisk elipsy.

Ogniska elipsy leżą na jej wielkiej osi i nie w środku (chyba, że elipsa jest okręgiem). To ogranicza wybór do punktów A i E. Na osi wielkiej leży również perihelium, czyli punkt orbity najbliższy gwiazdy. To wyklucza punkt A, bo z niego bliżej jest do punktów K i L elipsy niż do ewentualnego perihelium P. Pozostaje zatem odpowiedź: E



Zad. 2. Prawidłowa odpowiedź: **B**

Uzasadnienie: Do ruchu sondy stosuje się trzecie prawo Keplera: stosunek kwadratu obiegu do trzeciej potęgi wielkiej półosi elipsy jest jednakowy dla wszystkich satelitów okrążających Słońce po eliptycznych orbitach. Dla naszej sondy wielka półoś jest w przybliżeniu połową promienia orbity ziemskiej, zatem kwadrat okresu obiegu sondy będzie jedną ósmą kwadratu okresu dla Ziemi. Sam okres to zatem $\sqrt{1/8} = \sqrt{2}/4$ roku. Czas podróży w jedną stronę jest dwa razy mniejszy.

Zad. 3. Prawidłowa odpowiedź: **D**

Uzasadnienie: Widmo promieniowania gwiazdy zawiera oczywiście wszystkie barwy tęczy, ale rozkład ich intensywności zależy od temperatury – dla wyższych temperatur maksimum natężenia przypada dla fal krótszych (opisuje to prawo przesunięć Wiena). Z naszych gwiazd niebieska ma zatem najwyższą temperaturę powierzchni.

Z kolei wypromieniowana moc jest proporcjonalna do czwartej potęgi temperatury (prawo Stefana-Boltzmann), no i oczywiście do pola promieniującej powierzchni. Gwiazda o najwyższej temperaturze ma zatem najmniejszą powierzchnię.

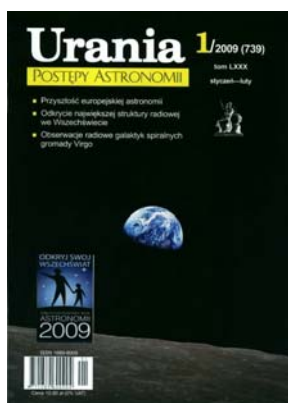
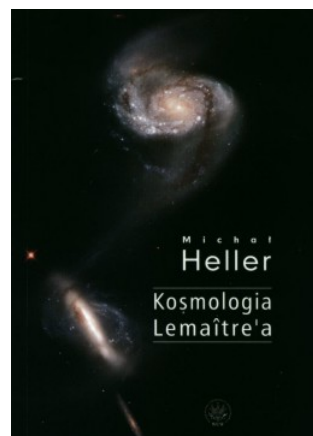
Zad. 4. Prawidłowa odpowiedź: **B**

Uzasadnienie: W Kosmosie na dużych odległościach działa praktycznie tylko wyłącznie siła grawitacji. Jej skutkiem mogą być ruchy o różnym charakterze, w tym ruch po okręgu, w którym siła grawitacji odgrywa rolę siły dośrodkowej. Zaś siła odśrodkowa jest w ogóle „z innej bajki” – pojawia się jako tzw. siła bezwładności przy opisie ruchu w nieinercyjnym układzie odniesienia.



CO CZYTAĆ

Gorąco polecamy naszym czytelnikom nową książkę X. Profesora Michała Hellera pt. *Kosmologia Lemaître'a* (Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 2008) zwłaszcza tym, którzy przeczytali artykuł Leszka Sokołowskiego „O niemożliwości kosmologii w fizyce klasycznej”.

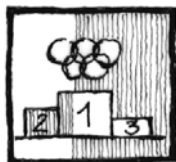


Zachęcamy do sięgnięcia do czasopisma „Urania. Postępy astronomii”. Kto sięgnie po nr 1/2009, nie pożałuje. Dowie się o niebezpieczeństwach zderzeń ciał kosmicznych w Układzie Słonecznym, czyli również z Ziemią.

Jak zwykle zachęcamy do lektury „Postępów Fizyki” (w zeszycie 3/2008 polecamy artykuł „Od JET-a do ITER-a, Ważny krok na drodze do energii taniej, bezpiecznej i przyjaznej środowisku” Andrzeja Gałkowskiego).

Niezmiennie polecamy „Deltę”, zwłaszcza uczniom, a w niej kąciki zadań i ligę zadaniową, w której można znaleźć ciekawsze zadania niż maturalne.

Różne tygodniki mają swoje małe działy naukowe. W niektórych damskich tygodnikach też się trafiają artykuły warte przeczytania. W „Wysokich obcasach” (marzec, 2009) można przeczytać artykuł o naszych czterech współczesnych polskich astronomkach. W ogóle kobiety wniosły sporo do rozwoju astronomii. Obiecujemy czytelnikom w tym roku artykuł na ten temat.



Konkursy PTF-u dla nauczycieli

1. „Fizyka współczesna blisko nas” (czyli jak uczyć w szkole o osiągnięciach fizyki współczesnej)

Celem konkursu jest promocja modelowych scenariuszy lekcji dotyczących fizyki współczesnej. Temat jest trudny. Pomysły i praktyczne uwagi realizacyjne doświadczonych nauczycieli, dotyczące tej tematyki, mogą okazać się niezwykle pożyteczne w podnoszeniu poziomu nauczania fizyki w polskiej szkole.

Zadanie konkursowe polega na przygotowaniu scenariusza lekcji lub zajęć pozalekcyjnych dotyczących jednego z poniższych tematów fizyki współczesnej:

- elementy fizyki kwantowej i jej zastosowania,
- nanotechnologia i jej rola w życiu codziennym,
- energia jądrowa i inne źródła energii,
- astrofizyka i kosmologia,
- fizyka medyczna i biofizyka.

Projekt prezentacji powinien zawierać scenariusz dwudziestominutowych zajęć z dokładnym określeniem adresata (tzn. kategorii wiekowej uczniów i ew. szerszej publiczności np. rodziców) oraz usytuowanie zajęć w programie szkolnym (np. zajęcia wprowadzające lub podsumowujące konkretny zakres materiału). Liczba scenariuszy nie jest limitowana. Nie narzucamy formy. Zachęcamy do doświadczeń modelowych, użycia animacji komputerowych, krótkich filmów.

Punktowane będą:

1. zawartość i poprawność merytoryczna,
2. walory dydaktyczne (w tym poznawcze i aktywizujące),
3. narzędzia dydaktyczne, ich przydatność i pomysłowość,
4. zadania rachunkowe i poprawność ich rozwiązania.

Przypominamy o konieczności umieszczania informacji o źródłach wykorzystywanych materiałów.

Rozstrzygnięcie konkursu i ogłoszenie wyników nastąpi w lipcu 2009 roku. Laureaci zostaną nagrodzeni atrakcyjnymi nagrodami i będą mieli możliwość zaprezentowania swoich prac podczas zajęć pokazowych oraz w trakcie sesji plakatowej XL Zjazdu Fizyków Polskich w Krakowie, w dniu 6 września 2009 roku.

Termin składania prac: 30 czerwca 2009 roku.

2. „Zgadnij i uzasadnij”

Celem konkursu jest opracowanie miniscenariusza (fragmentu lekcji) dotyczącego problemu z fizyki przedstawionego w formie zagadki. Preferowane są zadania z nieoczekiwanym wynikiem. Wysoko oceniane będą propozycje zawierające wyjaśnienie z prostą demonstracją fizyczną, mini-filmem, animacją czy prostym rachunkiem.

Konkurs polega na przedstawieniu na plakacie podczas Zjazdu miniscenariusza dotyczącego zjawiska fizycznego, a na stoliku obok plakatu, prostego eksperymentu demonstrującego to zjawisko lub krótkiego filmu czy animacji. Wysoko oceniane będą doświadczenia bardzo proste, typu „z kieszeni”, tanie i łatwe do wykonania, a równocześnie atrakcyjne i przekonujące.

Problemy zgłoszone do konkursu mogą być jak najbardziej typowe. Chodzi o sposób przedstawienia zagadnienia tak, by już na samym początku zaintrygować ucznia, wzbudzić jego ciekawość, a w konsekwencji pobudzić go do myślenia i działania.

Sesje plakatowe wraz z prezentacjami miniscenariuszy odbędą się podczas XL Zjazdu Fizyków Polskich w dwóch dniach: **6 i 7 września 2009 roku, w Krakowie.**

- Uczestnicy Zjazdu będą głosować do urn na poszczególne projekty. Zostaną nagrodzone doświadczenia wybrane przez ogół uczestników Zjazdu.
- Oprócz **nagrody publiczności** przewidywana jest **nagroda specjalna Wydawnictwa ZamKor** dla nauczycieli, którzy zaprezentują ciekawe, proste i nieznanne dotąd doświadczenie z wykorzystaniem zestawów ZamKoru.
- Sekcja Nauczycielska PTF z Redakcją *Fotonu* i *Neutrina* wyróżni najlepsze prace i opublikuje je na łamach czasopism, a autorów zaprosi do współpracy.

Termin składania prac: 30 czerwca 2009 roku.

Zgłoszenie powinno zawierać formularz uczestnika konkursu, miniscenariusz wraz z konspektem plakatu i opisem towarzyszących środków dydaktycznych. W przypadku krótkiego filmu, animacji – prosimy o dołączenie ich. Przypominamy o konieczności umieszczania informacji o źródłach wykorzystywanych materiałów.

W lipcu zostanie ogłoszona na stronie Zjazdu lista osób zakwalifikowanych do prezentacji swoich prac na Zjeździe.

Miejsce składania prac: Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Sekcja Nauczycielska Polskiego Towarzystwa Fizycznego (na ręce Zofii Gołąb-Meyer), 30-059 Kraków, ul. Reymonta 4 lub drogą elektroniczną na jeden z adresów: meyer@th.if.uj.edu.pl, sfbaster@cyf-kr.edu.pl, foton@th.if.uj.edu.pl.



XL Zjazd Fizyków Polskich Kraków, 6–11 września 2009

XL Jubileuszowy Zjazd Fizyków Polskich odbędzie się we wrześniu w Krakowie. Informacje na temat Zjazdu wraz z formularzem zgłoszeniowym znajdują się na stronie internetowej <http://www.ptf.agh.edu.pl/XL-zjazd/>.

W dniu rozpoczęcia Zjazdu, w niedzielę 6 września 2009 r., odbędzie się w Krakowie specjalna **sesja nauczycielska**, a w jej ramach warsztaty z e-learningu, pokazy dydaktyczne, a także prezentacje laureatów konkursów. W czasie trwania Zjazdu odbędą się ponadto dwie sesje panelowe poświęcone nauczaniu fizyki współczesnej, sytuacji w szkolnictwie oraz funkcjonujących środkach zaradczych (zajęcia pozalekcyjne, konkursy, warsztaty, festiwale, Internet). W planie jest także zorganizowanie podczas Zjazdu stałego punktu spotkań nauczycieli – miejsca dyskusji i konsultacji z fizykami. Wykłady na sesjach plenarnych Zjazdu, wygłaszane przez wiodących polskich fizyków, będą prezentowały w bardzo przystępny sposób najnowsze osiągnięcia i postęp badań w różnych szybko rozwijających się dziedzinach fizyki.

Swój udział w Zjeździe potwierdzili wstępnie dwaj **laureaci Nagrody Nobla** z fizyki: Profesor J. Georg Bednorz z IBM Research GmbH, Zurich Research Laboratory (Szwajcaria) oraz Profesor Albert Fert z Unite Mixte de Physique CNRS/Thales (Francja).

Imprezy towarzyszące

- Wystawa aparatury badawczej, oprogramowania i pomocy naukowo-dydaktycznych – w trakcie trwania Zjazdu.
- Koncert Grzegorza Turnaua oraz Andrzeja Sikorowskiego i Mai Sikorowskiej w Auditorium Maximum UJ – 6 września.
- Wycieczka do Kopalni Soli w Wieliczce – 10 września.
- Bankiet w Folwarku Zalesie – 10 września.

Zapraszamy wszystkich **nauczycieli fizyki oraz przedmiotów przyrodniczych** do udziału w Zjeździe. Zapraszamy także gorąco do udziału w ogłoszonych z tej okazji **konkursach**: „Fizyka współczesna blisko nas” oraz „Zgadnij i uzasadnij”.



GIREP-EPEC International Conference
University of Leicester
17–21 August 2009
Physics Community and Cooperation



Konferencje GIREP-u to najważniejsze wydarzenia w dydaktyce fizyki. W tym roku konferencja odbędzie się w Anglii na uniwersytecie Leicester w Physics Innovations Centre for Excellence in Teaching and Learning (π CETL).

Nieco enigmatyczny tytuł *Community and Cooperation* ma wskazywać, że jednym z ważnych tematów będzie praca zespołowa uczniów, zarówno współpraca uczniów, jak i współpraca różnych instytucji, które partycypują w szeroko pojętym procesie edukacji.

Plenarne referaty wygłoszą znani specjaliści, a na warsztatach i w czasie trwania sekcji można będzie prezentować swoje wyniki i dyskutować z nauczycielami z różnych krajów.

Bilety lotnicze do Wielkiej Brytanii nie są drogie, zachęcam do udziału.

Komplet informacji znajduje się na stronie internetowej GIREP-u:
<http://physics.le.ac.uk/girep2009/index.shtml>

Przypominam, że w nie tak odległych czasach, Polacy stanowili jedną z liczniejszych grup uczestniczących w konferencjach GIREP-u.

Z.G-M



Konferencja Europejskiego Towarzystwa Fizycznego w Krakowie

O fundamentalnych problemach fizyki



The 2009 Europhysics Conference on High Energy Physics Kraków, Poland, July 16–22, 2009

Sesja dla nauczycieli, 21 lipca, 2009 – Audytorium Maximum, Kraków, ul. Krupnicza 33

Wykłady wygłaszane będą w języku polskim i angielskim

Komitet Organizacyjny Europejskiej Konferencji Fizyki Wysokich Energii (EPS-HEP 2009), która odbędzie się w Krakowie w dniach od 16 do 22 lipca, zaprasza nauczycieli fizyki na sesję naukową poświęconą podstawowym problemom oddziaływań cząstek elementarnych.

Uruchomienie w tym roku w CERN Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC) jest dobrą okazją, aby przedstawić oczekiwania związane z tym największym zbudowanym do tej pory urządzeniem badawczym. Wykłady, przedstawione w popularny sposób, będą omawiać ostatnie osiągnięcia w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, stan naszej obecnej wiedzy o oddziaływaniach podstawowych składników materii, spodziewane wyniki LHC, a także to, czego najprawdopodobniej nie dowiemy się jeszcze w najbliższym czasie. Poruszane także będą problemy nauki, jej zalet i zagrożeń oraz potrzeby finansowania ze środków publicznych. Korzystając z okazji, Komitet Organizacyjny zaprosił do wygłoszenia wykładów wybitnych specjalistów z Polski i Europy, biorących udział w Konferencji EPS-HEP 2009; w trakcie przerw uczestnicy sesji będą mogli nawiązać kontakty z innymi uczestnikami Konferencji.

Wykłady rozpoczną się w Audytorium Maximum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków ul. Krupnicza 33, 21 lipca 2009 o godz. 9.00 i z przerwami będą trwać do 18.10 według dołączonego planu. Udział w sesji naukowej, łącznie z kawą i herbatą w czasie przerw w obradach, jest bezpłatny. Niestety skromne fundusze konferencji nie pozwalają na pokrycie kosztów obiadu. Prosimy uczestników o dokonanie rejestracji. W tym celu należy wejść na stronę konferencji (<http://hep2009.ifj.edu.pl/nauczyciele.php>) i tam w części Teachers/Nauczyciele dokonać rejestracji on line.

POCZĄTEK (9.00)

- 1) Prof. Ann Green – *Non-accelerator searches for dark matter*¹ (35 min; 9.00–9.35).
- 2) Prof. Bob van Eijk – *Elementary Particles and the Higgs: The lightness of being*² (50 min; 9.45–10.35).

PRZERWA NA KAWĘ (10.45–11.15)

- 3) Prof. Jan Królikowski – *Pytania, na które LHC powinno udzielić odpowiedzi* (35 min; 11.25–12.00).
- 4) Prof. Agnieszka Zalewska – *Przyszłe eksperymenty neutrinowe i nadzieje z nimi związane* (30 min; 12.10–12.40).

OBIAD (12.50–14.50)

- 5) Prof. Maria Róžańska – *Symetrie i ich łamanie* (30 min; 14.50–15.20).
- 6) Prof. Jan Kalinowski – *Fundamentalne problemy fizyki do rozstrzygnięcia po LHC* (40 min; 15.30–16.10).

PRZERWA NA KAWĘ (16.20–16.50)

- 7) Prof. Erik Johansson – *Frontline physics for schools*³ (40 min; 16.50–17.30).
- 8) Prof. Wojciech Nawrocik – *Czy nauka jest potrzebna i powinna być finansowana ze środków publicznych?* (30 min; 17.40–18.10).

ZAKOŃCZENIE (18.10)

Komitet Organizacyjny HEP-EPS 2009

¹ Poszukiwanie ciemnej materii w eksperymentach nieakceleratorowych.

² Cząstki elementarne a cząstka Higgsa: „Tajemnica istnienia”.

³ Fizyka współczesna w szkołach.



Projekt Feniks

„Projekt Feniks” to ponadregionalny, długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania nauczania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów. Jest on realizowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Kapitał Ludzki, konkurs nr 1/POKL/3.3.4/08. Grupę docelową projektu stanowią uczniowie gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych z terenu województw: małopolskiego, świętokrzyskiego i podkarpackiego.

Nazwa projektu nawiązuje do sytuacji, w jakiej znalazło się nauczanie fizyki w szkołach oraz do sposobu odbioru fizyki przez (być może większość) uczniów i rodziców, i wyraża nadzieję na zmianę tego stanu rzeczy, czyli na „odrodzenie z popiołów”.

Feniks kierowany jest do wybranej konkursowo grupy 250 szkół. W każdej z nich, w ciągu roku, 10 uczniów bierze udział w zajęciach organizowanych w ramach Feniksa. Takie ograniczenie grupy „feniksowiczów” ma w szczególności zapewnić uczniom i nauczycielowi maksymalny komfort prowadzenia zajęć (zwłaszcza doświadczalnych) i skutkować jak najlepszymi efektami nauczania. W czasie planowanych trzech lat trwania projektu weźmie w nim udział ok. 5 tysięcy uczniów. Zajęcia dla uczniów rozpoczęły się 1 marca 2009.

W ramach projektu prowadzony jest spójny ciąg skoordynowanych działań dydaktycznych:

- zajęcia pozalekcyjne z uczniami prowadzone przez nauczycieli w szkołach;
- wizyty uczniów na uczelniach, podczas których – poza udziałem w wykładach i pokazach – przeprowadzają oni samodzielnie pomiary i obserwacje w uczelnianych pracowniach („fizyka w praktyce”, „fizyka pod ręką”) – warsztaty laboratoryjne;
- wyjazdy pracowników uczelni do szkół z atrakcyjnymi doświadczeniami pokazowymi wykonywanymi w oparciu o specjalne zestawy zakupione dla realizacji projektu („wizyty z fizyką”);
- konkursy projektów naukowych o tematyce fizycznej i astronomicznej;
- Internetowa Liga Fizyczna, oferująca do rozwiązania w regularnych odstępach czasu zadania teoretyczne i doświadczalne o różnym stopniu trudności;

- obozy naukowe dla laureatów konkursów projektów naukowych i Internetowej Ligi Fizycznej;
- wspomaganie periodyku dla uczniów „Neutrino”;
- prowadzenie fizycznego portalu edukacyjnego <http://feniks.ujk.kielce.pl>;
- zakupy przyrządów i pomocy dydaktycznych dla szkół i uczelni.

Zajęcia pozalekcyjne skorelowane są z ofertą uczelni poprzez ustalenie (wybór) pakietów tematycznych. Przykładowe pakiety realizowane z uczniami:

- Fizyka w domu.
- Energia i jej przemiany.
- Światło, dźwięk, powietrze, próżnia.
- Zimno, zimniej, najzimniej – od lodów do kriogeniki.
- Procesy falowe – od huśtawki do tsunami.
- Ładunki, prądy, magnesy.
- Droga do gwiazd – astronomia, astrofizyka, kosmologia.
- Fizyka w służbie człowieka.

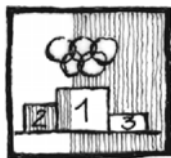
Naszkicowane powyżej działania projektu stanowią realizację programu dydaktycznego „Pięć kroków: od ucznia-nowicjusza do ucznia-eksperta”, którego podstawą są: zainteresowanie fizyką poprzez oglądanie i wykonywanie dużej liczby doświadczeń pokazowych, własnoręczne wykonywanie doświadczeń pokazowych i pomiarowych („na żywo” – nie na ekranie!), ich analiza jakościowa i ilościowa oraz prezentacja uzyskanych wyników (konkursy projektów naukowych, Liga Fizyczna, obozy naukowe).

Organizatorzy projektu wyrażają nadzieję, że wspólne działania pracowników uczelni i nauczycieli fizyki zostaną dobrze przyjęte przez uczniów i przyczynią się do rozbudzania i pogłębiania zainteresowania zjawiskami otaczającego świata – czyli do „odkrycia” przez nich fizyki – oraz do rozwoju kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych beneficjentów projektu. To z kolei da uczniom w przyszłości możliwość aktywnego i efektywnego funkcjonowania we współczesnym świecie i w gospodarce opartej na wiedzy oraz zwiększy ich szanse na rynku pracy.

Projekt Feniks jest realizowany przez konsorcjum: Uniwersytet Jagielloński (lider projektu), Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach i Uniwersytet Rzeszowski.

Osoby zarządzające Feniksem: prof. dr hab. Antoni Pędziwiatr (UJ – Kierownik Projektu), dr hab. Leszek Hadasz (Koordynator uczelniany UJ), prof. dr hab. Wojciech Broniowski (Koordynator uczelniany UJK) i dr hab. Krzysztof Golec-Biernat (Koordynator uczelniany URz). W pracach projektu przewidziane jest zaangażowanie ok. 100 pracowników trzech uczelni.

Biuro Projektu Feniks: Instytut Fizyki UJ, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 4, p. 608, tel. 012-663-27-03, <http://www.fais.uj.edu.pl/feniks>.



Konkurs „Fizyczne Ścieżki” rozstrzygnięty

IV edycja konkursu „Fizyczne Ścieżki” organizowanego przez Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana w Świerku oraz Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie została rozstrzygnięta.

Konkurs odbywał się w trzech kategoriach:

1. samodzielna praca naukowa (w języku polskim), spełniająca kryterium publikowalności w czasopiśmie o profilu naukowym lub dydaktycznym;
2. przygotowanie atrakcyjnego pokazu zjawiska fizycznego z jego wyjaśnieniem, a więc krótkiego wykładu, którego zasadniczym elementem jest publiczne przeprowadzenie doświadczenia fizycznego i wyjaśnienie zaobserwowanych zjawisk w możliwie atrakcyjny sposób;
3. esej, czyli praca o walorach literackich, ukazująca związki fizyki z filozofią, kulturą, sztuką lub historią cywilizacji.

W konkursie wzięli udział autorzy 7 prac naukowych, 36 esejów i 26 pokazów fizycznych.

Wśród laureatów konkursu, wymienionych poniżej, zwraca uwagę duża liczba dziewcząt zgarniających nagrody:

Prace naukowe

Miejsce	Tytuł	Autorzy
Wyróżnienie w finale	Zastosowanie metod fizyki do analizy zagadnień ruchu drogowego z wykorzystaniem komputera	Marasek Cezary Mańka Adrian
Wyróżnienie poza finałem	Aktywność promieniotwórcza Ra226 i K40 w glebach w okolicach miasta Słupska	Bugiel Szymon, Dasgupta Roma

Eseje

Miejsce	Tytuł	Autor
I	Wiara a/i fizyka	Synak Olga
I	Umysł, myślenie i wiedza fizyczna. Czy nasz umysł wyprzedza naszą wiedzę?	Krzysztofik Patrycja
II	Wpływ fizyki na rozwój medycyny	Jędrzejczyk Dominika
III	<i>Science-fiction</i> czyli fizyka z nanotechnologią w tle	Storman Monika
III	Szyfa wcielenie drugie	Trzeciak Aleksandra
Wyróżnienie w finale	Fizyka w gabinecie stomatologicznym	Jordanowska Agata
Wyróżnienie w finale	Oszukać czas i przeznaczenie	Bejger Ewelina Patrycja
Wyróżnienie poza finałem	Dzieci Uroborosa	Palińska Kinga

Wyróżnienie poza finałem	Fizyka a medycyna	Bohatkiewicz Adrian
Wyróżnienie poza finałem	Fizyka w hotelarstwie	Chołuj Paweł
Wyróżnienie poza finałem	Krocząc fizyczną ścieżką pustki, czyli dlaczego płatki śniegu (nie) spadają z szybkością 50 cm na sekundę	Tyrała Kinga Agata
Wyróżnienie poza finałem	Związek fizyki i filozofii	Lempart Anna
Wyróżnienie poza finałem	Bóg kompozytorem, fizyka dyrygentem, czyli związki muzyki z fizyką	Krakowski Jan
Wyróżnienie poza finałem	Wszystko	Zubkiewicz Michał
Wyróżnienie poza finałem	Z fizyką po alpejskich trasach	Górecka Klaudia

Pokazy zjawisk

Miejsce	Tytuł	Autorzy
I	Interesujące doświadczenie z prądem elektrycznym	Łojek Konrad
I	Wariacje na temat dźwięku – tuba Rubensa	Jasek Tomek Trzęsicki Paweł Luzarowski Wiktor
I	Wyznaczanie zera bezwzględnego	Duława Artur Hanus Dariusz
II	Figury Chladniego	Bereźniak Marlena Pająk Jakub
III	Materia w niskich temperaturach	Grześ Paweł Sak Paulina
III	Lampa Plazmowa	Bugiel Szymon Dasgupta Roma
Wyróżnienie w finale	Łódka o napędzie magnetohydrodynamicznym z przyszłością...	Storman Monika
Wyróżnienie w finale	Grające kieliszki	Ginc Jarosław
Wyróżnienie w finale	Zobaczyć niewidzialne	Nowicki Krystian Połomka Paweł
Wyróżnienie poza finałem	Generator Kelwina jako źródło wysokiego napięcia	Dębowski Agnieszka
Wyróżnienie poza finałem	Świetlne roboty	Nowicki Krystian
Wyróżnienie poza finałem	Laser azotowy	Zasadziński Michał
Wyróżnienie poza finałem	Ile wytrzyma balonik	Biskup Monika Talerzyk Monika Jakimowicz Michalina
Wyróżnienie poza finałem	bez tytułu: Doświadczenie pierwsze	Piekarz Marta Joniak Sylwia Nalikowska Marta
Wyróżnienie poza finałem	Coilgun – działo magnetyczne	Osowski Marcin

**13. Piknik Naukowy
Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik
30 maja 2009 Warszawa**



www.pikniknaukowy.pl

Jak zbadać fakturę powierzchni księżycy? Czy można stworzyć swoją własną chmurę? Co jest potrzebne do zrobienia bumerangu? Co to jest próżnia? Na te i inne pytania będzie można znaleźć odpowiedź podczas 13. Pikniku Naukowego Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik.

Ta największa w Europie impreza plenerowa popularyzująca naukę odbędzie się **30 maja 2009 roku, w godz. 11.00-20.00, na Rynku Nowego Miasta i Podzamczu w Warszawie**. Co roku, w ciągu jednego dnia, odwiedza ją blisko **120 tys. osób**. Podobnej liczby gości organizatorzy spodziewają się także w tym roku.

W nawiązaniu do ogłoszenia przez ONZ roku 2009 **Międzynarodowym Rokiem Astronomii**, hasłem tegorocznej imprezy jest: „**Nauka wśród gwiazd**”. Dlatego nie zabraknie pokazów i doświadczeń związanych z astronomią.

Na gości tegorocznego **Pikniku Naukowego** czeka wiele atrakcji. Będzie można zobaczyć niezwykle wynalazki, fascynujące eksperymenty, najnowsze osiągnięcia nauki oraz około **1000 fantastycznych pokazów i prezentacji** z całego świata, przybliżających zagadnienia naukowe w ciekawy i interaktywny sposób.

W **220 namiotach** zaprezentuje się ponad **200 instytucji z 20 krajów świata**, m.in. Polski, Chin, Danii, Finlandii, Francji, Irlandii, Litwy, Meksyku, Niemiec, Portugalii, Słowacji, Szwajcarii, Szwecji, Węgier i Włoch. Po raz pierwszy udział w **Pikniku Naukowym** wezmą Cypr, Hiszpania, Japonia i Norwegia, a **gościem specjalnym** w tym roku będą **Czechy**. Teren miasteczka namiotowego zajmie powierzchnię **40 000 m²**. Najbardziej spektakularne pokazy będzie można oglądać na scenie na Rynku Nowego Miasta.

Podział na specjalne **sektory tematyczne** umożliwi szybsze znalezienie interesującego tematu. Obok **Miasteczka Politechniki, Wioski Archeologicznej** oraz **Wioski Europejskiej**, nowością będzie **Aleja Kosmiczna, Uliczka Atomowa, Pawilon Biologiczno-Medyczny, Aleja Maszyn, Aleja Muzeów i Aleja Eksperymentów**.

W **Miasteczku Politechniki** organizatorzy zaprezentują m.in., jak fotowoltaikę (pozyskiwanie elektryczności z energii słonecznej) można wykorzystać

w urządzeniach domowych, np. w radiu czy wentylatorze. Atrakcją będą na pewno bezpilotowe statki latające, lewitująca kolejka magnetyczna oraz rekordowy pojazd Kropelka, który przejechał 409 kilometrów na jednym litrze paliwa.

W **Alei Kosmicznej** będzie można obejrzeć z bliska meteoryty – tajemnicze pozaziemskie kamienie, przyjrzeć się Słońcu i innym gwiazdom za pomocą licznych teleskopów i lunet, poszukać planet spoza Układu Słonecznego, a także zobaczyć, jak wyglądał pierwszy spacer po Księżycu załogi Apollo 11. Uczestników Pikniku przyciągną także zawsze popularne wyścigi i pokazy walk robotów.

Uczestnicy, którzy zajrzą na **Uliczkę Atomową** dowiedzą się, czym jest promieniowanie kosmiczne i jaki wpływ wywiera ono na naszą planetę. Będzie można obejrzeć łażki marsjańskie, a także... spróbować wytworzyć prąd z ziemniaka. W programie znajdzie się m.in. prezentacja studenckiego satelity PW SAT oraz projekt pierwszej elektrowni jądrowej, która powstanie w Polsce.

Wioska Europejska będzie skupiać zagranicznych gości Pikniku. Nowością jest stanowisko Unii Europejskiej. Organizatorzy pokażą, jak zbudować most z pudełek, który się nie zawali, obliczą, ile możemy ważyć na innych planetach, zaproszą w wirtualną podróż po wszechświecie w specjalnym planetarium oraz zaprezentują samochód hybrydowy „Hydrogen 7”.

Aleja Eksperymentów to miejsce, które przyciągnie gości m.in. niezwykle popularnym podczas każdego Pikniku Naukowego chemicznym wulkanem. Będzie można zobaczyć kolorowe fale chemiczne, zrobić zdjęcie aparatem bez obiektywu i wreszcie dowiedzieć się, dlaczego samolot lata? Wśród prezentacji znajdzie się także bioogniwo paliwowe, mnóstwo wybuchów i barwnych płomieni – efektowne, ale bezpieczne pokazy związane z magią fizyki i chemii.

Najciekawsze pokazy zostaną zaprezentowane w postaci *streamingu* na stronie internetowej: www.pikniknaukowy.pl w trakcie trwania **Pikniku**. Transmisję z przebiegu imprezy przeprowadzi **Polskie Radio Euro** (na antenie oraz jako streaming na www.polskieradioeuro.pl), a relacje będą nadawane w radiowych **Jedynce, Dwójce** oraz **Trójce**.

Zapraszamy w sobotę 30 maja w godz. 11.00–20.00 na Rynek Nowego Miasta i Podzamcze w Warszawie. Wstęp wolny.

Główny spektrometr Katrin



Foto: <http://www-ik.fzk.de/~katrin/index.html>



Foto: <http://borex.lngs.infn.it>

Wnętrze detektora Borexino