

h-6.63-10-J-S II-3.141593

NR 7 1974

POPULARNY MIESIĘCZNIK MATEMATYCZNO-FIZYCZNY

21A

debiut

SPIS TREŚCI

Z perspektywy XXX-lecia	str. 1
Nadprzewodnictwo i tunelowanie (Nagroda Nobla 1973) <i>Dr Andrzej Pindor</i>	str. 3
Czarne jamy <i>Doc. dr Marek Demiański</i>	str. 5
Nie siłą, a sposobem <i>Dr Marek Kordos</i>	str. 8
«Delta» z wizytą w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnie (ZSRR) cz. I	str. 10
Co znaczy „teoria rozstrzygalna” demonstruje na jednym przykładzie <i>doc. dr Lesław W. Szczerba</i>	str. 12
Laboratorium w domu <i>Dr Jan A. Gaj</i>	str. 14
Zadania	str. 15
Dlaczego Niemcy nie zdążyli wynaleźć bomby atomowej? (4)	str. 16

W następnym numerze:
Matematyka na Czarnym Łądzie
Korpuskularna teoria interferencji światła

W konkursie z 4 numeru nagrody otrzymali:
ZBIGNIEW BADURA, HALINA KORBUT,
ANDRZEJ MAZUR, TOMASZ NALKANIEC,
ANDRZEJ NOWAK.

W numerach poprzd. dnich z winy redakcji błędnie podano tytuł naukowy mgra T. B. Iwińskiego. Przepraszamy.

„Delta”
matematyczno-fizyczny miesięcznik popularny
Polskiego Towarzystwa Matematycznego i Polskiego Towarzystwa Fizycznego
wydawany przy poparciu Polskiej Akademii Nauk oraz Ministerstwa Oświaty i Wychowania
Komitet Redakcyjny
prof. dr G. Białkowski
doc. dr A. Blikle
prof. dr A. Hrynkiewicz
doc. dr B. Iwaszkiewicz
prof. dr J. Janik
doc. dr J. Jatzcak
prof. dr Leon Jeśmanowicz — przewodniczący
prof. dr Z. Krygowska
prof. dr K. Leibler
mgr W. Łuczniak
mgr A. Mąkowski
prof. dr A. Pelczyński
prof. dr Arkadiusz Piekara — wiceprzewodniczący
prof. dr J. Rayski
prof. dr W. Rubinowicz

prof. dr A. Schinzel
prof. dr Z. Semadeni
prof. dr M. Subotowicz
dr A. Wakulicz
doc. dr W. Zawadowski

Redaguje Kolegium w składzie:
mgr J. Bednarczuk — sekr. red.
T. Deskur — red. techn. graf.
doc. dr T. Hofmokl — z-ca red. nac.
dr M. Kordos — red. nac.
dr Z. Płochocki

opracowanie okładki
art. graf. K. Dobrowolski

Adres Redakcji
ul. Śniadeckich 8,
00-656 Warszawa, PTM

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo.
Wrocław, Oddział w Warszawie
Nakład 30000 egz. Objętość 2 ark. wyd.; 2,50 ark. druk.;
papier offsetowy III kl., 80g, 61 x 86
Wydrukowano w Drukarni im. Rewolucji Październikowej,
Warszawa, ul. Mińska 65.
Nr zam. 632/74 W-122

WARUNKI PRENUMERATY Cena prenumeraty rocznej zł 60,— cena prenumeraty półrocznej zł 30,—

Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły — mające siedzibę w miastach wojewódzkich i powiatowych, zamawiać mogą prenumeratę wyłącznie za pośrednictwem miejscowych oddziałów i delegatur RSW-Prasa-Książka-Ruch, w terminie do dnia 25 listopada na rok następny.

Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły — mające siedzibę na wsi lub miejscowościach, w których nie ma oddziałów RSW-Prasa-Książka-Ruch, winny opłacać prenumeratę w terenie właściwych urzędach pocztowych.

Prenumeratę krajową dla czytelników indywidualnych przyjmują urzędy pocztowe, listonosze i Centrala Kolportażu RSW-Prasa-Książka-Ruch, 00-958 Warszawa, ul. Towarowa 28, konto PKO 1-6-100020 w terminie do dnia 10 miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 40% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje Biuro Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych RSW-Prasa-Książka-Ruch, 00-840 Warszawa, ul. Wronia 23, konto PKO nr 1-6-100024.

Sprzedż numerów bieżących i uprzednich

Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły i czytelnicy indywidualni mogą nabywać „DELTE”:

w Księgarni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN.
Sprzedż gotówkowa i wysyłkowa, pojedynczych numerów i w kontynuacji; płatność gotówką, przelewem lub za zaliczeniem pocztowym.
Adres: ORPAN 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, konto PKO nr 1-6-100312

w Księgarni Ossolineum, Rynek 8, 50-106 Wrocław

w Głównej Księgarni Naukowej, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa

w Księgarni Naukowej, ul. Podwale 6, 31-118 Kraków

Cena 1 egzemplarza zł 5,— nr indeksu 35723

Z PERSPEKTYWY XXX-LECIA

Dorobek naszego kraju jest dorobkiem nas wszystkich, składa się z osiągnięć i radości wszystkich ludzi pracy, niezależnie od tego, czym się zajmują. Osiągnięcia Polski są wspólne i niepodzielne, ale najlepiej można je ocenić tam, gdzie samemu dołożyło się swoją cegiełkę do budowy wspólnego gmachu. Rocznicę nastroją do refleksji, nasuwają pytania.

Czy można odpowiedzieć na pytanie: co jest najważniejszym osiągnięciem Polski w dziedzinie fizyki w minionym trzydziestoleciu? Odpowiedź wydaje się bardzo trudna.

Można wyodrębnić trzy podstawowe zadania stojące przed fizyką polską: kształcenie kadr, prowadzenie w jak najszerszym zakresie badań naukowych, służenie gospodarce narodowej przez bezpośredni wkład w postaci nowych rozwiązań, jak i poprzez funkcje konsultacyjne. Trudno wymienić wszystkie osiągnięcia fizyki w realizacji tych zadań. Łamy naszego pisma są na to za szczupłe, a prawdziwą wagę wyników można ocenić dopiero po upływie wielu dziesiątków lat — lista osiągnięć byłaby więc niekompletna. Widać jednak wyraźnie już dzisiaj z perspektywy trzydziestolecia, że praca fizyka znalazła swoje trwałe miejsce w całokształcie rozwoju kraju i każdy pracujący w tej dziedzinie jest krajowi potrzebny.

Nie zawsze tak było. Poprosiliśmy o wypowiedź nestora fizyków polskich (22 lutego obchodzono uroczyste 85-lecie jego urodzin), członka rzeczywistego PAN, honorowego Prezesa Polskiego Towarzystwa Fizycznego, prof. dra Wojciecha Rubinowicza.

W rozmowie padło pytanie, dlaczego został fizykiem. Otrzymaliśmy zaskakującą odpowiedź:

„Ojciec nalegał, abym po zdaniu matury zapisał się na politechnikę. Byłem jednak słabego zdrowia i lekarze nie wróżyli mi długiego życia. Wybrałem więc fizykę z zamiłowania, bo przecież i tak nie mógłbym być pożyteczny jako inżynier”. Było to w 1908 roku. Nie rozumiano wówczas szerzej roli fizyki w rozwoju kultury i gospodarki narodowej, traktowano ją jako dyscyplinę oderwaną od życia. Sytuacja ta zmieniła się radykalnie dopiero po drugiej wojnie światowej, w wyniku burzliwego rozwoju wszystkich gałęzi fizyki.

W Polsce zmiana ta była jeszcze gwałtowniejsza niż w innych krajach. Powstały nowe instytuty i placówki naukowe. Ogromne rzesze młodzieży uzyskały dostęp do bezpłatnych studiów.

Wielokrotnie wzrosły nakłady na wyposażenie pracowni. Taka polityka stworzyła warunki do pracy naukowej, której wynikiem jest długa lista osiągnięć polskich fizyków, licząca się w skali światowej, oraz poczucie wniesienia znacznego wkładu do ogólnoludzkiego dorobku naukowego.

W każdym numerze «Deltę» staramy się przedstawić osiągnięcia polskich uczonych, omawiamy kulisy odkryć, proponujemy wycieczki do laboratoriów. Często zwiedzamy laboratoria leżące poza granicami kraju. Nasz dorobek wyraża się również uznaniem, jakim cieszy się polska fizyka w tych ośrodkach.

Dziś zwiedzimy laboratorium, w którym udział Polaków i Polski jest szczególnie duży — instytut, którego powstanie jest dowodem, jak duże znaczenie przywiązuje nasz kraj i kraje socjalistyczne do rozwoju badań fizycznych, a mianowicie — Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych w Dubnie.

O Instytucie Matematycznym PAN opowiada

prof. dr Kazimierz KURATOWSKI, członek rzeczywisty PAN

Projekt powołania do życia Instytutu Matematycznego jako placówki naukowo-badawczej oraz koordynującej i planującej rozwój matematyki w Polsce powstał w okresie międzywojennym. Nie było to dziełem przypadku. Potrzeba powołania tego rodzaju instytucji wynikała w logiczny sposób z ówczesnego stanu matematyki polskiej, z rozwoju polskiej szkoły matematycznej.

Mimo swych blasków ówczesna polska matematyka miała też swoje cienie, swoje minusy. Tym minusem była jednostronność, bezpośrednio wynikająca z koncentracji badań. Koncentracja, tak bardzo słuszna i potrzebna w okresie powstawania i ugruntowania szkoły matematycznej, była wynikiem braku kadry naukowej, wystarczającej do opanowania całości matematyki.

Świadomość ujemnych stron jednostronności matematyki stopniowo narastała. Znalazła ona swój wyraz w memoriale *O stanie i potrzebach matematyki polskiej*, opracowanym w 1936 r. dla władz państwowych przez Komitet Matematyczny.

W celu realizacji swoich postulatów proponował Komitet, obok otoczenia większą opieką wyższych uczelni, powołanie do życia Instytutu Matematycznego. Według ówczesnego projektu Instytut miał się składać z dwóch pionów: jednego — naukowo-badawczego z siedzibą w Warszawie, drugiego — nastawionego przede wszystkim na zastosowania matematyki, z siedzibą we Lwowie (o wyborze Lwowa decydowała osoba prof. Steinhausa, najbardziej w tym kierunku powołanego). Wybuch drugiej wojny światowej przekreślił realizację naszych zamierzeń.

Po wyzwoleniu stanął przed nami — przed całą nauką, przed całym narodem — postulat odbudowy kraju we wszystkich jego dziedzinach.

W dziedzinie matematyki koncepcje zawarte w memoriale Komitetu Matematycznego nie straciły na aktualności. Przeciwnie, odejście od jednostronności, objęcie naszą działalnością zastosowań matematyki, zwłaszcza związanych z odbudowującą się gospodarką narodową, i przyczynienie się w ten sposób, choćby pośrednio, do odbudowy kraju — stanęło przed nami z całą ostrością, stało się naszą ambicją i myślą przewodnią.

Odbudowa, a zarazem przebudowa matematyki polskiej, odzyskanie pozycji w nauce międzynarodowej, zachwianej wskutek olbrzymich strat wśród twórczo pracujących naukowców — było to zadanie wymagające ogromnego zbiorowego wysiłku. Zdawaliśmy sobie sprawę, że zadanie to przerasta możliwości poszczególnych wyższych uczelni, pochłoniętych tak ważnym problemem zasilenia kraju nową, młodą kadrą studentów, asystentów, inżynierów. Nieodzowny stał się centralny ośrodek dyspozycji, prowadzący badania naukowe w najważniejszych działach naszej nauki, koordynujący i planujący prace w aspekcie teoretycznym i stosowanym. Powróciliśmy do projektu powołania Instytutu Matematycznego, odpowiednio go aktualizując, stosownie do nowej rzeczywistości, do potrzeb Polski Ludowej.

Już 3 maja 1945 r. opracowano pierwszy projekt statutu tej instytucji. Opracowaniem zajęliśmy się we trójkę: prof. Borsuk, Knaster i ja, a starania o jego realizację podjęte zostały z wielką energią przez przywrócone do życia Polskie Towarzystwo Matematyczne. Polska Akademia Nauk, po ukonstytuowaniu się, przejęła już w kwietniu 1952 r. Instytut Matematyczny jako jedną z pierwszych swoich placówek.

Starania te spotkały się z nadzwyczaj przychylnym poparciem i pełnym zrozumieniem ze strony ówczesnego ministra oświaty, Stanisława Skrzyszewskiego i wiceministra, pani Eugenii Krassowskiej. Dzięki ich poparciu, za które winniśmy im głęboką wdzięczność, Rząd powołał do życia lat temu 26 Instytut Matematyczny.

Chciałbym teraz skoncentrować się na osiągnięciach Instytutu, które wydają mi się szczególnie godne uwagi.

Na pierwszym miejscu należałoby postawić odzyskanie pozycji matematyki polskiej w skali międzynarodowej; jesteśmy jednym z ośrodków matematycznych mających w niektórych dziedzinach szczególną rangę. To osiągnięcie nie byłoby możliwe bez dwóch z kolei osiągnięć, które pragnąłbym specjalnie zaakcentować.

Jedno — to wielki wzrost produkcji naukowej, trzykrotnie większej niż w latach przedwojennych. Większość prac jest dyskutowana na seminariach Instytutu. Około 50 seminariów, zbierających się co tydzień w różnych miastach Polski, to prawdziwa kuźnia matematyki, o której marzył Janiszewski, snując plany polskiej szkoły matematycznej.

Drugi czynnik, który warunkuje poziom polskiej matematyki, to wspólne osiągnięcie Instytutu, wyższych uczelni i Polskiego Towarzystwa Matematycznego, mianowicie bardzo wydatny przyrost młodej, doskonałej kadry naukowej, przyrost zabezpieczający pozycję matematyki polskiej w świecie i jej dalszy rozwój, odpowiadający potrzebom kraju i nauki polskiej.

30 habilitacji i taka sama liczba przewodów doktorskich w samym tylko Instytucie w latach 1961–1968 świadczą o tym dobitnie. Stawiany przez nas od dawna postulat, aby żaden talent matematyczny nie był zmarnowany i aby każdy zdolny matematyk mógł znaleźć zatrudnienie odpowiednie do swych kwalifikacji, jest nadal przez nas z powodzeniem realizowany. W tej mierze wiele mamy do zawdzięczenia życzliwemu ustosunkowaniu się władz Akademii do naszego Instytutu.

Wspomniane już przeze mnie odejście od jednostronności, wyrażające się w kultywowaniu obecnie niemal wszystkich głównych dyscyplin matematycznych, a zarazem znaczny rozwój działalności usługowej dla gospodarki narodowej, techniki, obronności kraju — to dalsze ważne osiągnięcia, w dużym stopniu związane z działalnością Instytutu Matematycznego.

Ograniczam się do tych tylko aspektów działalności Instytutu, nie analizując już ogromnej działalności wydawniczej, realizującej postulat: każda dobra praca matematyczna wykonana w Polsce zawsze znajdzie swe miejsce w naszych wydawnictwach. Ta działalność wydawnicza i związana z nią akcja wymiany wydawnictw przyczynia się w dużym stopniu do wzbogacania naszej biblioteki matematycznej, jednej z najlepszych w świecie.



Dr Andrzej PINDOR

Przyznana w ubiegłym roku Nagroda Nobla z fizyki wyróżniła trzech naukowców zajmujących się badaniami „zjawisk tunelowych”: Japończyka L. Esaki, Norwega I. Gieawera i Anglika B. D. Josephsona, przy czym dwaj ostatni prowadzili badania w dziedzinie nadprzewodnictwa. Termin „zjawiska tunelowe” nie mówi wiele niespecjalistom i wymaga oddzielnego omówienia, ale zdziwienie laika może także wzbudzić fakt, że drugi rok z rzędu uhonorowano Nagrodą Nobla badania z dziedziny nadprzewodnictwa. W roku 1972 Nagrodę Nobla z fizyki otrzymali, jak pamiętamy, trzej Amerykanie: J. Bardeen, L. N. Cooper i J. R. Schrieffer — za opracowanie mikroskopowej teorii nadprzewodnictwa. Przyznanie drugi rok z rzędu Nagrody Nobla za badania w dziedzinie nadprzewodnictwa jest odbiciem faktu, że ten dział fizyki odgrywa ogromną rolę i znajduje coraz bardziej istotne zastosowania.

Zjawisko nadprzewodnictwa zostało odkryte w 1911 r. przez H. Kamerlingh-Onnesa z Holandii. Ochładzając rtęć do bardzo niskich temperatur (kilku stopni powyżej absolutnego zera) stwierdził on, że poniżej pewnej temperatury opór próbki staje się tak mały, iż nie sposób go zmierzyć — praktycznie jest równy zeru. Stąd też zjawisko, które wykryto później dla szeregu innych metali, stopów i związków metalicznych, otrzymało nazwę „nadprzewodnictwo”.

Przez wiele lat zjawisko nadprzewodnictwa pozostawało niezrozumiałe. Ilościowego wyjaśnienia wspomnianej powyżej, jak i szeregu innych, bardziej szczegółowych własności nadprzewodników dostarczyła dopiero w 1957 r. teoria Bardeena, Coopera i Schrieffera (zwana w skrócie teorią BCS). Według tej teorii występowanie nadprzewodnictwa uwarunkowane jest istnieniem między elektronami metalu siły przyciągającej. Jak wiadomo elektrony, będąc naładowane ujemnie, w próżni odpychają się nawzajem siłą Coulomba. W metalu ujemnie naładowany elektron przyciąga dodatnio naładowane jony, co prowadzi do lokalnej, miejscowej deformacji sieci krystalicznej. Deformacja podąża śladem poruszającego się elektronu, a elektron ten niejako ciągnie ją za sobą. W obszarze deformacji gęstość dodatniego ładunku jonów jest większa od średniej, co może spowodować przyciągnięcie do tego obszaru innego elektronu. Przypomina to trochę sytuację na miękkiej kanapie, na której siadają dwie osoby blisko siebie. Każda z nich, deformując sprężyny kanapy (rys. 1), ściąga do wglębienia drugą osobę.

W pewnych warunkach takie wywołane pośrednictwem sieci oddziaływanie przyciągające między elektronami może okazać się silniejsze niż odpychanie kulombowskie. Takie metale są nadprzewodnikami w temperaturach, w których termiczne drgania sieci stają się mniejsze od deformacji sieci powodowanych przez elektrony.

W tym miejscu musimy zrobić dygresję i przypomnieć pewne wiadomości dotyczące mechaniki kwantowej. Jak wiadomo, fizyka klasyczna nie potrafi poprawnie opisać zachowania się obiektów mikroskopowych, takich jak atomy i elektrony. Zgodny z wynikami eksperymentów opis zjawisk zachodzących w mikroświecie daje dopiero mechanika kwantowa, która mówi, że zachowanie się obiektu fizycznego (takiego jak elektron) określone jest przez pewną funkcję na ogół o wartościach zespolonych, zależną od zmiennych przestrzennych i czasu. Nosi ona nazwę „funkcja falowa”. Funkcja ta jest rozwiązaniem tak zwanego równania Schrödingera, które w mechanice kwantowej spełnia taką samą rolę, jak równanie ruchu ($F = ma$) w mechanice klasycznej. Równanie Schrödingera jest bardzo podobne do równania fali w ośrodku sprężystym (i faktycznie po raz pierwszy zostało napisane przez analogię z równaniem dla fali), dlatego jego rozwiązanie nosi nazwę funkcji falowej. Funkcja falowa cząstki swobodnej o określonym pędzie jest zresztą niemal identyczna z funkcją opisującą falę płaską. Kwadrat modułu wartości funkcji falowej w jakimś punkcie przestrzeni ma interpretację gęstości prawdopodobieństwa, że cząstka znajduje się w tym punkcie. Podstawową cechą mechaniki kwantowej jest to, że nie możemy powiedzieć, gdzie cząstka się znajduje (o ile wiemy coś o jej pędzie); możemy tylko powiedzieć, jakie jest prawdopodobieństwo, że cząstka znajduje się w tym punkcie, a jakie, że w innym.

Wspomniane na początku zjawisko tunelowe jest typowym zjawiskiem kwantowym, tzn. do jego wyjaśnienia konieczne jest przyjęcie, że zachowaniem się atomów i elektronów rządzi prawa mechaniki kwantowej.

Wyobraźmy sobie, że w przestrzeni mamy elektron o jakiejś energii kinetycznej — klasycznie $E = mv^2/2$ (dla prostoty będziemy rozważać przestrzeń jednowymiarową).

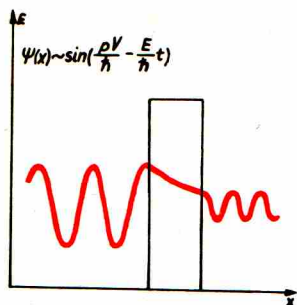


Rys. 1

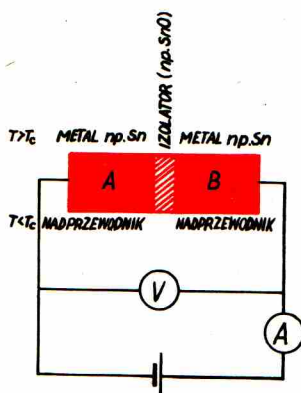


Rozwiązanie zadania M20

Zauważmy, że sześcián liczby naturalnej przy dzieleniu przez 7 daje resztę 0, 1 lub 6, mamy bowiem $(7k+r)^3 = 7^3k^3 + 3 \cdot 7^2 \cdot k^2r + 3 \cdot 7 \cdot kr^2 + r^3$, a więc sześcián liczby naturalnej daje przy dzieleniu przez 7 taką samą resztę, jak sześcián reszty z dzielenia tej liczby przez 7. Wystarczy więc stwierdzić, jakie reszty z dzielenia przez 7 dają liczby $0^3, 1^3, 2^3, 3^3, 4^3, 5^3, 6^3$. Zauważmy ponadto, że liczby 2^n przy dzieleniu przez 7 dają resztę 1, 2 lub 4, bowiem n jest jednej z postaci: $3r, 3r+1, 3r+2$, a liczby $2^{3r-1}, 2^{3r+1}-2 = 2(2^{3r}-1)$ i $2^{3r+2}-4 = 4(2^{3r}-1)$ są podzielne przez 7, gdyż $2^{3r}-1 = (2^3-1)(2^{3(r-1)}+2^{3(r-2)}+\dots+1)$. Gdyby więc istniały liczby naturalne m, n, l dla których zachodziłaby równość $m^3+13 = 2^n$, to reszty z dzielenia liczb m^3+13 i 2^n przez 7 byłyby równe. Jednakże m^3+13 daje resztę 6, 0 lub 5, zaś 2^n — 1, 2 lub 4; reszty nie są więc nigdy równe. Otrzymana sprzeczność kończy rozwiązanie zadania.



Rys. 2



Rys. 3



Dyskusja problemu a) F7.

a) przypadek różnych wartości mas i promieni kul

Zastosowanie zasad zachowania pędu i energii prowadzi do związków:

$$v_{1p} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0 \sin \alpha,$$

$$v_{2p} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0 \sin \alpha,$$

gdzie

$$\cos \alpha = \frac{b}{R_1 + R_2}.$$

Jeżeli $m_1 > m_2$, to składowa prostopadła pędu kuli toczącej się zmniejsza swą wartość, ale nie zmienia znaku, natomiast w przypadku $m_2 > m_1$ — zmienia również znak.

Kąt rozproszenia θ jest skomplikowaną — ale możliwą do obliczenia (zachęcamy!) — funkcją parametru zderzenia b . Dla przypadku $m_2 > m_1$ funkcja ta dana jest wzorem:

$\operatorname{tg} \theta =$

$$= \frac{2m_1 b \sqrt{(R_1 + R_2)^2 - b^2}}{b^2(m_1 + m_2) + (m_2 - m_1)[(R_1 + R_2)^2 - b^2]}.$$

Po obliczeniu funkcji $\theta(b)$ poszukiwany rozkład znajdujemy z następującego ogólnego wzoru (skąd on wynika?):

$$\frac{dN}{d\theta} = \frac{dN}{db} \left(\frac{d\theta}{db} \right)^{-1} = c \left(\frac{d\theta}{db} \right)^{-1}.$$

W danym przypadku:

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{db} &= \frac{d \operatorname{tg} \theta}{db} \cdot \left(\frac{d \operatorname{tg} \theta}{d\theta} \right)^{-1} = \\ &= \cos^2 \theta \frac{d \operatorname{tg} \theta}{db}. \end{aligned}$$

Niech teraz gdzieś w przestrzeni istnieje obszar dużego ujemnego potencjału elektrycznego V . W obszarze tym elektron miałby energię potencjalną eV (dodatnią). Jeżeli $eV > E$, to z klasycznego punktu widzenia elektron nie może znaleźć się w tym obszarze i dobiegając do jego krawędzi ulega odbiciu. W ramach mechaniki kwantowej zachowanie się elektronu opisuje funkcja falowa, którą wyznacza się z równania Schrödingera. Rys. 2 pokazuje postać rzeczywistej części funkcji falowej dla rozważanego przypadku. Widzimy, że również poza obszarem wysokiego potencjału (zwanym barierą) funkcja falowa nie jest równa zero, co oznacza, że istnieje różna od zera prawdopodobieństwo znalezienia tam elektronu. Takie przejście cząstki przez nieprzenikalną z klasycznego punktu widzenia barierę nazywamy właśnie tunelowaniem. W konkretnych fizycznych eksperymentach sytuacja taka powstaje na przykład w przypadku dwóch kawałków metalu rozdzielonych izolatorem (patrz rys. 3). Klasycznie układ ten (zwany złączem tunelowym) nie będzie przewodził prądu elektrycznego — dopiero tunelowanie elektronów przez warstwę izolatora może dać pewien prąd, zwany prądem tunelowym. Aby prąd ten był mierzalny (co najmniej rzędu μA), grubość warstwy izolatora nie może przekraczać kilkudziesięciu Å ($1 \text{Å} = 10^{-10} \text{m}$). Wróćmy teraz do nadprzewodnictwa. Przyciągające oddziaływanie między elektronami prowadzi, po pierwsze, do wiązania elektronów w pary, które w pewnym sensie zachowują się jak cząstki o ładunku $2e$, a po drugie — do silnej współzależności ruchu wszystkich par. W języku mechaniki kwantowej mówimy, że funkcje falowe wszystkich par traktowanych jako oddzielne cząstki są identyczne — charakteryzują się nie tylko taką samą długością fali, ale również wszędzie mają taką samą fazę, co odpowiada najmniejszej energii układu elektronów. Faza funkcji falowej zależy od położenia i czasu, ale dla wszystkich par jest taka sama w każdej chwili i w każdym punkcie.

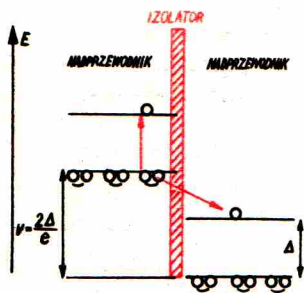
Mówi się czasem, że zjawisko nadprzewodnictwa jest demonstracją mechaniczno-quantowego zachowania się elektronów na skalę makroskopową. Szczególnie dobrze ilustruje to omówione poniżej zjawisko, przewidziane w 1962 r. przez Josephsona. Wyobraźmy sobie dwa kawałki nadprzewodnika rozdzielone cienką warstwą izolatora (rys. 3). Jeżeli warstewka jest dostatecznie cienka, rzędu 10Å , mogą przez nią tunelować pary elektronowe. Fazy wszystkich par w nadprzewodniku A są równe, fazy wszystkich par w nadprzewodniku B też są równe, ale między fazą par w A i fazą par w B może istnieć różnica. Ponadto faza pary zależy od jej ruchu, para tunelująca przez obszar izolatora zmienia więc swoją fazę o ustaloną wielkość, bez względu na to, czy tuneluje z A do B czy z B do A . Niech wielkość ta wynosi δ , i niech faza par w B będzie akurat o tyle większa od fazy par w A . Wtedy pary z A mogą swobodnie tunelować do B , bo gdy znajdują się tam, ich faza dokładnie pasuje do fazy innych par w B . Z drugiej strony para, która przetunelowała z B do A , ma większą fazę o 2δ od fazy par w A (będąc w B miała fazę większą o δ i tunelując przez izolator zwiększyła jeszcze swoją fazę o δ). Jeżeli 2δ jest wielokrotnością 2π (np. 0), para taka również pasuje dobrze do par w A i nic nie stoi na przeszkodzie tunelowaniu z B do A . W tej sytuacji natężenie wypadkowego prądu przez izolator jest równe

zeru. Jeżeli $2\delta = \frac{\pi}{2}$, to para tunelująca z B nie pasuje zbyt dobrze do par w A

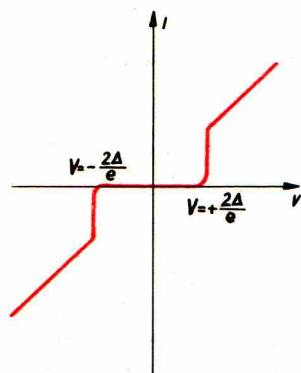
i prąd tunelowy z B do A jest mniejszy niż z A do B , co daje wypadkowy prąd z A do B . Prąd ten jest maksymalny, gdy $2\delta = \pi$; wtedy tunelowanie z B do A w ogóle nie może zachodzić, bo para, która przetunelowałaby z B do A , miałaby dokładnie przeciwną fazę do par w A . W rezultacie w odpowiednich warunkach przez warstwę izolatora może płynąć prąd bez różnicy potencjałów, jakbyśmy mieli do czynienia z jednym kawałkiem nadprzewodnika. Jak wspomnieliśmy, zjawisko to zostało przewidziane teoretycznie w 1962 r. przez B. D. Josephsona i potwierdzone eksperymentalnie w 1963 r. Nosi ono nazwę stałoprądowego zjawiska Josephsona.

W pewnych warunkach na warstwie izolatora może powstać różnica potencjałów V . Wtedy różnica faz między dwoma nadprzewodnikami będzie zmieniać się w czasie, co pociągnie za sobą zmienny w czasie wypadkowy prąd tunelowy przez izolator, bo prąd ten zależy przecież od różnicy faz. Prąd tunelowy będzie oscylował z częstością $\nu = 2eV/\hbar$ (okres będzie równy czasowi T , po jakim faza zmieni się o 2π ; więc $\frac{E}{\hbar} T = \frac{2eV}{\hbar} T = 2\pi$; $\hbar = h/2\pi$).

Złącze tunelowe będzie więc źródłem promieniowania elektromagnetycznego, którego częstości okazują się być rzędu setek gigaherców. Zjawisko to, również przewidziane przez Josephsona, nosi nazwę zmiennoprądowego zjawiska Josephsona.



Rys. 4



Rys. 5

Zjawisko Josephsona znalazło szereg zastosowań, od bardzo dokładnego pomiaru e/h , do budowy detektorów mikrofalowego promieniowania elektromagnetycznego, wytwarzanych obecnie na skalę przemysłową. Dokładne omówienie wszystkich zastosowań wymagałoby oddzielnego artykułu.

Jeżeli warstwa izolatora jest trochę grubsza (20–30 Å), tunelowanie par staje się bardzo mało prawdopodobne, ale dosyć prawdopodobne może być jeszcze tunelowanie pojedynczych elektronów. Takich elektronów w nadprzewodniku może jednak nie być; jeżeli bowiem temperatura nadprzewodnika jest dużo niższa od temperatury przejścia w stan nadprzewodnictwa (a więc naprawdę bardzo niska), to można uważać, że wszystkie elektrony tworzą pary. Aby parę elektronową rozbić na dwa pojedyncze elektrony, trzeba dostarczyć im pewną energię, zwaną energią wiązania pary i oznaczaną 2Δ (na każdy elektron trzeba dostarczyć energię Δ). Przykładowo, dla cyny wartość tej energii wynosi $2\Delta \approx 1 \text{ meV} = 10^{-3} \text{ eV}$. Zatem, jeżeli do tunelowego złącza nadprzewodzącego, o barierze zbyt grubej, aby mogły tunelować pary, przyłożymy napięcie $V < 2\Delta/e$, to prąd nie będzie płynął, bo nie ma elektronów, które mogłyby tunelować. Z chwilą, gdy napięcie polaryzacji złącza wyniesie $2\Delta/e$, może następować rozrywanie par dzięki energii dostarczanej przez pole elektryczne tunelującemu składnikowi pary. Pokazuje to rys. 4. Na rysunku tym za zero energii przyjęto energię elektronów związanych w parach po prawej stronie złącza. Pojedynczy elektron może tu mieć najmniejszą energię $E = \Delta$ i na ten poziom przechodzi tunelujący elektron z rozbitej pary po lewej stronie złącza. Zależność prądu tunelowego od przyłożonego napięcia dla takiego złącza pokazuje rys. 5. Z powyższych rozważań jest jasne, że eksperyment tego typu pozwala na bezpośredni pomiar bardzo ważnego mikroskopowego parametru nadprzewodnika — energii wiązania par elektronowych.

Pomysł i wykonanie tego eksperymentu jest dziełem I. Giaevera. Eksperymenty z tunelowaniem jednoelektronowym zostały następnie rozszerzone i bardzo udoskonalone i stały się jednym z najważniejszych narzędzi badania nadprzewodników. Umożliwiły one również weryfikację wielu założeń teorii BCS oraz szczegółowe badanie odstępstw od tej teorii. W chwili obecnej jednoelektronowe złącza tunelowe stosowane są również jako narzędzie badania w innych dziedzinach fizyki ciała stałego, np. w fizyce półprzewodników. Podsumowując możemy powiedzieć, że badania tunelowe pozwoliły lepiej zrozumieć zjawisko nadprzewodnictwa i stanowią obecnie jedno z podstawowych narzędzi jego badania, stosowanych w licznych laboratoriach na świecie, między innymi w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Czarne jamy

Doc. dr hab. Marek DEMIAŃSKI

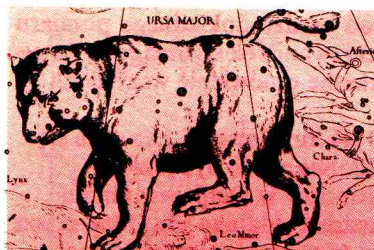
Kiedy w pogodną noc obserwujemy niebo, widzimy setki świecących punkcików — gwiazd. Wszystkie one wydają się podobne jedne do drugich i co najwyżej możemy stwierdzić, że jedne świecą światłem białym, inne zaś są pomarańczowe. Dopiero potężne teleskopy anten radiowych, a ostatnio i detektory promieniowania X pozwalają w tej pozornej monotonii dostrzec ogromną różnorodność.

Większość tych widzialnych gołym okiem punkcików to faktycznie takie gwiazdy, jak najbliższe nam Słońce. Niektóre jednak, oglądane przez silne teleskopy, okazują się złożonymi układami dziesiątków milionów gwiazd — galaktykami. Jeszcze inne, które na kliszach fotograficznych wyglądają jak gwiazdy, są złożonymi, zagadkowymi obiektami promieniującymi bardzo duże ilości energii. To kwazary. Niektóre gwiazdy „mrugają” do nas — niestety tak szybko, że nie jesteśmy w stanie zauważyć tego gołym okiem; stosując jednak specjalne urządzenia do pomiaru szybko po sobie następujących sygnałów, możemy to „mruganie” zaobserwować. I tu rzecz bardzo dziwna; taki duży układ jak gwiazda mruga z niespotykaną dotąd regularnością, niemal jak zegar atomowy. Te mrugające gwiazdy są w istocie bardzo gęste, tak gęste, jak na przykład jądra uranu lub żelaza; i jak na gwiazdy — są bardzo małe, bo ich promienie mają zaledwie kilkanaście kilometrów. Zarówno kwazary, jak i pulsary zostały najpierw zaobserwowane, a później dopiero próbowano opisać teoretycznie ich własności.



Rozwiązanie zadania M21

Zauważmy, że sześcián liczby całkowitej m daje przy dzieleniu przez 9 resztę 0, 1 lub 8. Jeżeli bowiem m jest podzielne przez 3, to m^3 daje resztę 0; jeżeli $m = 3r + 1$, to $m^3 = 27r^3 + 27r^2 + 9r + 1$; jeżeli zaś $m = 3r + 2$, to $m^3 = 27r^3 + 54r^2 + 36r + 8$. Gdyby więc dla pewnych liczb całkowitych x, y, z było $13 = x^3 + y^3 + z^3$, to reszta z dzielenia liczby $x^3 + y^3 + z^3$ przez 9 byłaby równa 4, co, jak łatwo sprawdzić, jest niemożliwe.



Od niedawna poważnie traktuje się możliwość dodania do listy tych „egzotycznych” obiektów jeszcze jednego, którego istnienie zostało przewidziane drogą teorii, a jak się obecnie wydaje, jego istnienie potwierdzają również obserwacje. Tym nowym obiektem jest czarna jama.

Zanim przejdziemy do omówienia własności czarnych jam, rozważmy następujący prosty eksperyment myślowy. Jak wiadomo, po to, aby ciało wyrzucone z powierzchni Ziemi oddaliło się dowolnie daleko, musi być wyrzucone z prędkością $v = \sqrt{2gR}$ (tak zwana druga prędkość kosmiczna), gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, a R promieniem Ziemi. Przyspieszenie ziemskie jest

związane z masą Ziemi i jej promieniem przez prostą zależność $g = \frac{GM}{R^2}$; tutaj G oznacza stałą grawitacyjną. Podstawiając tę wartość do wyrażenia na drugą

prędkość kosmiczną, otrzymujemy $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Jeżeli teraz, nie zmieniając całkowitej masy Ziemi M , będziemy ją ściskali coraz bardziej, czyli zmniejszali jej promień, to wartość drugiej prędkości kosmicznej będzie rosła. Obliczymy, dla jakiej wartości promienia druga prędkość kosmiczna będzie równa prędkości

światła. Prosty rachunek prowadzi do zależności (proszę sprawdzić) $R = \frac{2GM}{c^2}$,

a podstawiając tu dane liczbowe $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$, gdzie $M = 6 \cdot 10^{27} \text{ g}$, $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm}$, otrzymujemy $R = 0,89 \text{ cm}$.

W tym miejscu każdy wykrzyknie: Ależ to jakiś nonsens! Trudno sobie przecież wyobrazić Ziemię w postaci kulki o promieniu mniejszym od jednego centymetra, a więc mniejszej od piłeczki ping-pongowej! Taka zapewne była reakcja każdego, kto po raz pierwszy przeprowadzał takie obliczenia.

Gdybyśmy obliczyli tę krytyczną wartość promienia dla Słońca, to okazałoby się, że wynosi ona trzy kilometry. To już nie jest takie przerażające, tym bardziej że, jak wspominaliśmy, promienie pulsarów są tylko kilka razy większe od tej krytycznej wartości.

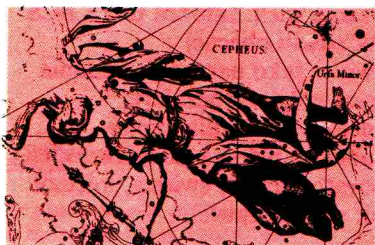
Zostawmy już te rozważania dotyczące krytycznej wartości promienia i zastanówmy się raczej nad wynikiem, do którego doszliśmy. Otóż jeżeliby gwiazdę (ograniczmy dalej nasze rozważania do gwiazd i obiektów o większych masach) dostatecznie skurczyć, to w celu wyrzucenia z jej powierzchni jakiegos ciała trzeba by mu nadać prędkość światła. Jak wiemy, prędkość światła w próżni jest maksymalną prędkością, z jaką można przekazywać informacje. Powierzchnia kuli o promieniu

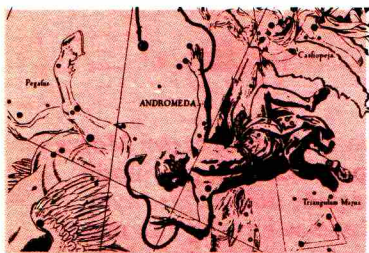
$R = \frac{2GM}{c^2}$, którą dalej nazywać będziemy „horyzontem grawitacyjnym”,

powinna zatem odgrywać szczególną rolę. Dokładniejsza analiza prowadzi do wniosku, że z powierzchni horyzontu nie można wysłać żadnej cząstki ani też żadnego sygnału (na przykład świetlnego lub radiowego) do obserwatora znajdującego się gdzieś na zewnątrz tej powierzchni. Przez powierzchnię horyzontu można tylko przenikać do wnętrza. Gwiazdę, która „schowała się” pod swoim horyzontem grawitacyjnym, nazywać będziemy „czarną jamą”.

Czy czarne jamy mogą istnieć? Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba się dokładniej przyjrzeć historii gwiazd. Powstają one w wyniku kondensacji obłoków gazu i w początkowym okresie świecą dzięki zamianie energii grawitacyjnej na energię cieplną. W skali czasu życia gwiazdy jest to okres bardzo krótki.

Podczas powolnego kurczenia się temperatura w środkowych częściach rośnie i w końcu osiąga taką wartość, że zaczynają zachodzić reakcje jądrowe. Ten okres ewolucji trwa najdłużej. Po wypaleniu paliwa jądrowego, w centralnych częściach gwiazdy znajdują się będą najtrwalsze jądra z grupy żelaza. W wyniku grawitacyjnego oddziaływania gwiazda zacznie się kurczyć, a temperatura w jej środku zacznie wzrastać. Atomy żelaza rozpadają się w końcu i następuje silny wybuch. Zewnętrzne części gwiazdy zostają wyrzucone, a wewnętrzne jądro kurczy się dalej. Los tego kurczącego się jądra zależy od jego masy. Jeżeli nie jest ono zbyt masywne, proces kurczenia się zostanie zahamowany i może ono ostygając stać się pulsarem. Gdy jego całkowita masa przewyższa masę Słońca, proces kurczenia odbywać się będzie nieograniczenie. W tym wypadku gwiazda stanie się właśnie czarną jamą. Warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną szczególną cechę tego





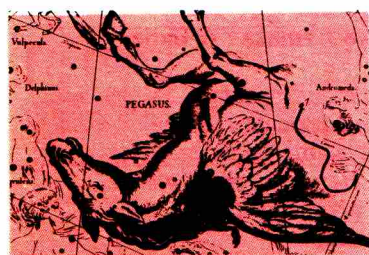
procesu. Przypuśćmy, że możemy śledzić te ostatnie fazy ewolucji znajdując się na powierzchni tego gęstego kurczącego się obłoku. Z naszego punktu widzenia obserwować będziemy stopniowe zmniejszanie się promienia. Siły grawitacyjne, jakie będą na nas działać, będą coraz to większe, ale nic szczególnego nie zauważymy w momencie przenikania przez horyzont grawitacyjny. Naszą jednak ciekawość będziemy musieli przyplacić życiem, po upływie bowiem skończonego czasu zostaniemy zmiążdżeni przez bardzo silne siły grawitacyjne. Cała masa zostanie ściśnięta do punktu. Ewolucja obłoku doprowadzi do stanu o nieskończonej gęstości.

Postąpiliśmy tu dość nierozważnie, wybierając się na taką eskapadę i nie przygotowawszy sobie możliwości ratunku. Będziemy więc bardziej roztropni i teraz, powtarzając podobny eksperyment, zaopatrzymy się w rakietę z silnikiem o bardzo dużej mocy. Zaraz po przekroczeniu horyzontu grawitacyjnego włączymy silnik rakiety. Niestety, niezależnie od tego, jak dużą moc mieć będzie silnik rakiety, zauważymy, że wcale nie oddaliśmy się od centrum. Wręcz przeciwnie, zbliżamy się doń, choć teraz wolniej niż powierzchnia obłoku. Tym razem jednak znowu, niezależnie od mocy silnika, czas naszego życia jest policzony i w końcu potężne siły grawitacyjne nas zmiążdżą. Co gorsza, informacji o tym niebezpieczeństwie nie będziemy mogli przekazać nikomu, kto znajduje się na zewnątrz horyzontu. Obszar wewnątrz horyzontu nie dopuszcza stanu spoczynku. Wszystko, cokolwiek tu się znajdzie, po upływie skończonego czasu musi osiągnąć centrum.

Zupełnie inaczej widzieć będzie obraz kurczenia ktoś znajdujący się na zewnątrz horyzontu. Jemu nie grozi żadne niebezpieczeństwo. Z jego punktu widzenia, w miarę zbliżania się do horyzontu prędkość kurczenia będzie maleć i dopiero po nieskończonym czasie powierzchnia obłoku osiągnie powierzchnię horyzontu. Zapytacie: Jak to jest możliwe? Na to pytanie trudno odpowiedzieć, nie zagłębiwszy się w dokładniejsze rozważania. Z grubsza można powiedzieć, że w pobliżu grawitacyjnego horyzontu geometria przestrzeni jest inna niż ta euklidesowa, do której jesteśmy przyzwyczajeni, zachodzi tu bowiem grawitacyjne zwolnienie biegu zegarów, podobnie jak wówczas, gdy porównujemy wskazania zegara spoczywającego w pewnym układzie, który porusza się względem całego ciągu zegarów w innym układzie, poruszającym się ruchem jednostajnym. Czym zatem jest czarna jama z punktu widzenia dalekich obserwatorów? To prawda, że proces kurczenia się, gdy powierzchnia gwiazdy jest blisko horyzontu, przebiega bardzo powoli, tym niemniej na samym początku kurczenia się jest bardzo szybki. Z dobrym przybliżeniem można powiedzieć, że cząstki znajdujące się na powierzchni spadają swobodnie, przyciągane przez kurczącą się gwiazdę. W tym procesie szybkiego kurczenia zanika też pozorna jasność gwiazdy i i praktycznie już po kilku sekundach gwiazda przestaje „świecić”. Taką „zastygłą” z naszego punktu widzenia gwiazdę, której powierzchnia jest już bardzo bliska powierzchni horyzontu, traktować będziemy jak czarną jamę.

Jak można zaobserwować czarną jamę, skoro ona sama nie świeci? Faktycznie problem jest niezmiernie złożony, jedynym bowiem wskaźnikiem jej istnienia jest pole grawitacyjne, które wokół siebie wytwarza. Izolowanej czarnej jamy, pozostawionej w zupełnej pustce, wykryć nie sposób. Jeżeli jednak czarną jamę otaczać będzie obłok gazu, to sytuacja będzie znacznie lepsza. Przyciągać ona będzie cząstki gazu, a te, rozpędzając się, będą promieniować. Nie jest to metoda najefektywniejsza. Od dawna przypuszczano, że czarną jamę najłatwiej można zaobserwować pośrednio, gdy w jej bliskim sąsiedztwie znajduje się zwykła gwiazda, z którą czarna jama tworzy parę. Ta normalna gwiazda służyć będzie za źródło gazu, który sphywa na czarną jamę. Podobnie jak w poprzednim przypadku, będzie on się rozpędzał i promieniował głównie promieniem X. Zwykła gwiazda okresowo będzie przesłaniać czarną jamę i wówczas promieniowanie X będzie zanikać.

Takie pulsujące zmienne źródła promieniowania X udało się ostatnio zaobserwować. Jedno z nich zidentyfikowano z taką dziwną parą, w której optycznie widać tylko jeden składnik. Wiele własności tej pary można wyjaśnić przyjmując, że w jej skład wchodzi czarna jama. Czy tak jest istotnie, odpowiedzą dokładniejsze obserwacje.



Dr Marek KORDOS

Mniej więcej przed trzema tysiącami lat na wybrzeżach wschodniej części Morza Śródziemnego pojawił się nowy lud — Dorowie. Ich pojawienie się przyniosło długoletnie wojny, a w ich konsekwencji, całkowitą zagładę dotychczasowym mieszkańcom tego regionu. Legły w gruzach pałace Knossos i cyklopowe mury Myken, tak jak znikła z powierzchni ziemi symbolizująca owe walki w mitologii Dorów, Troja. I tak rozpoczęła się kształtować cywilizacja, w kręgu której się znajdujemy. Taki jest początek pojęcia (i nazwy zresztą też) „Europa”. Nowy lud przyniósł ze sobą swoich bogów, którzy (jak i ich wyznawcy) skrzyżowali się „starannie” z miejscowymi, ale przyniósł też zupełnie już własnych mitycznych bohaterów, których zwał herosami. Niektórzy z nich dostąpili tego zaszczytu, że po śmierci zostali (mówiąc nowszym językiem) kanonizowani, to znaczy powiększyli liczbę bogów. Z owych boskich herosów greckich (bo tak dziś nazywamy plemiona doryckie) powszechnie znany jest Herakles; mniej popularna jest informacja, że dostąpił tego zaszczytu również mój wybitny kolega po fachu — Tales.

JAK DALIŚMY RADE?

W połowie XIX wieku Europejczycy, cywilizacyjni dziedzice Dorów, władali całym światem. I dziś, gdy sytuacja ta staje się w coraz bardziej oczywisty sposób przeszłością, możemy zauważyć, że było w tym coś dziwnego, bardzo dziwnego. Jak to się stało, że nikłe liczebnie ekspedycje wojskowo-handlowe potrafiły bez większego w sumie wysiłku narzucić swoją władzę i potworne wręcz jarzmo wyzysku wielomilionowym narodom Ameryki, Azji, Afryki? Czy nie wydają się wręcz cudowne sukcesy Pizarra, który wraz z kilkudziesięcioma zabijakami gromił „jak chciał” armie Azteków? Albo podbój Syberii przez niewiele liczniejszą wyprawę Jermaka? A Indie, a Chiny?

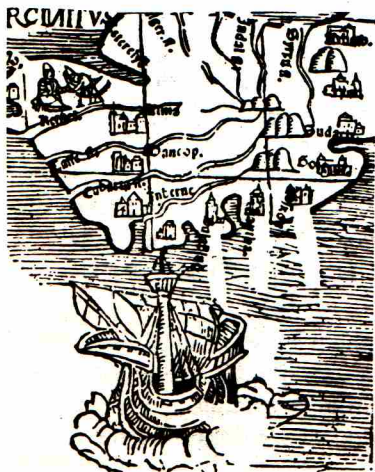
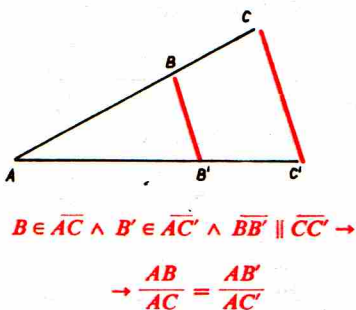
Ludzie trzeźwo myślący odrzucają oczywiście sugestie o cudowności, ale tym samym stają przed kłopotliwą koniecznością znalezienia racjonalnego wyjaśnienia tych faktów. I nie zda się tu na nic odwoływanie się do tradycji Heraklesa, już bowiem Rzymianie zauważyli, że „*nec Hercules contra plures*”. Nie twierdząc, iż był to czynnik jedyny, chciałbym tu przedstawić rolę, jaką w naszych sukcesach odegrała światła myśl Talesa.

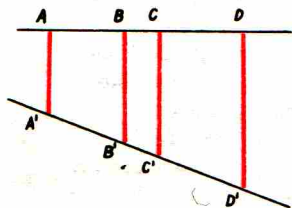
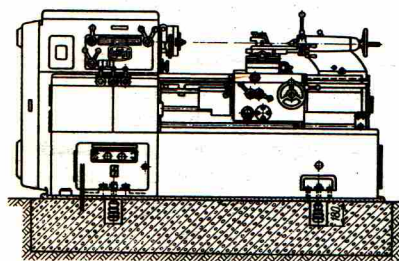
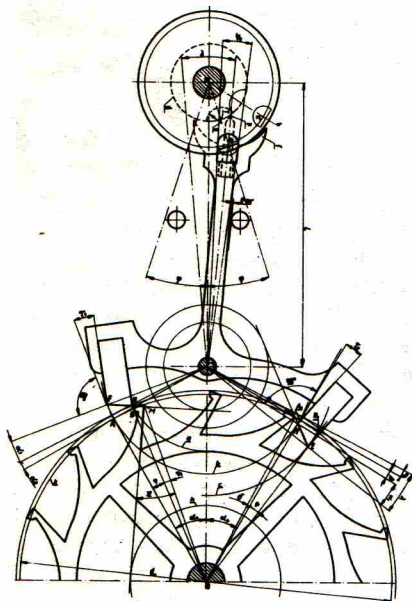
CO ZNACZY „TAKIE SAMO”?

Nikt nie sądzi, że takie abstrakcyjne pojęcia geometrii, jak punkt, prosta, płaszczyzna, kąt itp., były zawsze ludziom znane. Odnosi się dziś ich konkretne nazwanie i określenie mniej więcej do V wieku p.n.e., ale jeszcze Euklides w roku 300 p.n.e. uważał za stosowne poprzedzić dotyczące ich rozważania starannymi definicjami wyjaśniającymi, co właściwie ma na myśli. W czasach, w których hipotetycznie żył Tales (są rozbieżności: od IX do VI w. p.n.e.), pojęcia te były w stadium zalążkowym, co nie przeszkadzało zresztą ówczesnym uczonym precyzyjnie myśleć o otaczającym ich świecie. Nie można jednak sądzić, że Tales sformułował swoje twierdzenie, do dziś wpajane w szkołach, w języku równoległości i proporcji. Cóż więc mógł on postulować (pierwsze teksty greckie dotyczące matematyki pochodzą z IV w. p.n.e.)?

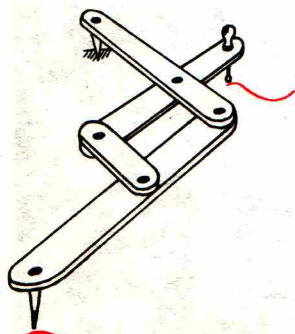
I tu stoimy przed dość typową dla badań historycznych koniecznością dokonania ekstrapolacji wstecz. Ze skutków sądzić będziemy o przyczynie. Zastanówmy się, dlaczego, gdy nauczyciel narysuje na tablicy trójkąt równoboczny, a uczniowie przerysują go w zeszytach, stwierdzamy, że i on, i oni narysowali „taką samą” figurę. Przecież rysunek nauczyciela jest wiele razy większy! Czy duże i małe może być „takie samo”? Może. I to wyrażało sformułowane przez Talesa twierdzenie. Skąd można o tym wiedzieć?

Zastanówmy się najpierw, gdzie wykorzystujemy to założenie. Od razu nasuwają się przykłady: mapy, rysunki techniczne. I w tym miejscu możemy potwierdzić nasze domniemanie. Mapa, plan miejscowości czy budowli, rysunek (w skali) urządzenia technicznego — to właśnie są środki, którymi starożytni Grecy, a po nich inne narody europejskie, posługiwali się (i posługują) w swej ekspansji cywilizacyjnej, technicznej, terytorialnej. I to posługiwali się powszechnie. Aby wykraść komuś „patent” na takie czy inne urządzenie poza Europą, trzeba było wykraść to urządzenie. W Europie wystarczyło sporządzić mały (łatwy do ukrycia), ale precyzyjny w ustalonej skali szkic. Aby dotrzeć do odległej miejscowości, nie





$$\frac{AB}{CD} = \frac{A'B'}{C'D'}$$



Pantograf

musieli Europejczycy wyposażać każdego oddziału w przewodnika — szpieg sporządził (powtórzoną później w wielu egzemplarzach) mapę. Dla porównania: Aztekowie musieli nawet oddziały własnych wojsk wyposażać w przewodników po własnym terytorium; Chińczycy, mając kilka wieków przed Europejczykami kompas, nie mogli z braku map rozwinąć żeglugi na poziomie europejskim.

JESZCZE DWA PRZYKŁADY

Labirynty. Ten znany z mitu o Tezeuszu w Knossos i ten znany z *Faraona* w Hawara (oaza Fajum) wybudowano w II tysiącleciu p.n.e. Oba służyły faktycznie jako skarbcce, przy czym ten na Krecie był również jedyną fortyfikacją — tam ukrywali się mieszkańcy pałacu w wypadku obcej inwazji. Metoda Tezeusza była bowiem skuteczna, gdy chodziło o wyjście z labiryntu, ale jak trafić do środka? Użytkownicy-właściciele poruszali się po nich za pomocą wiersza. Był to mocno skomplikowany wiersz, a umieszczone na ścianach labiryntu rysunki ilustrowały go. Ten, kto znał wiersz, szedł „wzdłuż ilustracji”. Mała niedokładność, fałszywy zakręt i... koniec. Od momentu wynalezienia planu ten typ budowli zarzucono. Później formowano dla celów „romantycznych” małe labirynty ogrodowe z żywopłotów. Muzyka. Europejska muzyka dysponuje 2×12 tonacjami, przy czym dowolną melodię, dajmy na to durową, można przetransponować do pozostałych 11 tonacji. Bierze to się z faktu, iż dźwięki w skali europejskiej rozmieszczone są tak, że każdy następny może być uzyskany z poprzedniego przez skrócenie wydającej go struny stale w tym samym stosunku (z dobrym przybliżeniem o $1/18$). Każdy, kto widział gitarę, mógł to naocznie stwierdzić, obserwując sposób wbicia w jej gryf tzw. progów. Pozaeuropejska muzyka nie ma tej własności. Mogli to zaobserwować np. widzowie filmu *Help*, słuchając bezowocnych wysiłków Beatlesów usiłujących grać swoje przeboje na instrumentach indyjskich. Bo przyjęcie założeń Talesa wywarło swój wpływ na całokształt kultury. Nawet na muzykę. Długa i krótka struna jest „taka sama”.

A GEOMETRIA?

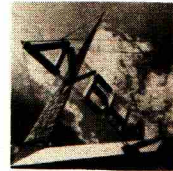
Stwierdzenie, że duże i małe może być takie samo, ma charakter zbyt ogólnikowy, by nie zachęcało do uszczegółowienia. Uszczegółowienia były geometryczne, bo w opinii Greków geometria była ukoronowaniem wiedzy o świecie. Tu już dysponujemy dokumentami pisanymi, choć nie bezpośrednimi. Znamy z późniejszych kopii prace Eudoksosa (IV w. p.n.e.), który wskazał już geometryczną wersję twierdzenia Talesa: rzut równoległy miary jest miarą. Dokładniej: stosunek długości odcinków leżących na jednej prostej nie zmienia się przy rzutowaniu równoległym. Już Euklides w kilkadziesiąt lat później wiedział, że to stwierdzenie jest równoważne zdaniu, które dziś nazywamy twierdzeniem Talesa.

Okolo 300 r. p.n.e. uczyony z aleksandryjskiego ośrodka naukowego, Euklides, napisał najdonioślejszą dotychczas pracę naukową *Elementy* (piszę „najdonioślejszą”, bo jest to księga o największej liczbie wydań i przez 2200 lat była monografią niezastąpioną, czego o żadnej innej pracy nie można powiedzieć). Zawarł tam między innymi wykład geometrii greckiej zwanej dziś euklidesową. Jednym z twierdzeń tej geometrii jest twierdzenie Talesa. Pozostawiając do innej okazji omówienie tych spraw, pragnę przypomnieć, że dziś dysponujemy również innymi geometriami (na przykład Bolyai — Łobaczewskiego). Geometrie te są logicznie równoprawne z euklidesową. Nie dysponujemy też jeszcze umiejętnością sprawdzenia, która z tych geometrii lepiej opisuje otaczający nas świat. Wiemy natomiast, że tylko w geometrii Euklidesa prawdziwe jest twierdzenie Talesa. Tak więc przyjmując to twierdzenie decydujemy się zarazem na wybór jednej (i tylko jednej) z możliwych geometrii. W ten sposób Tales zdecydował również o tym, czego uczymy się w szkole.

O ZASTOSOWANIACH

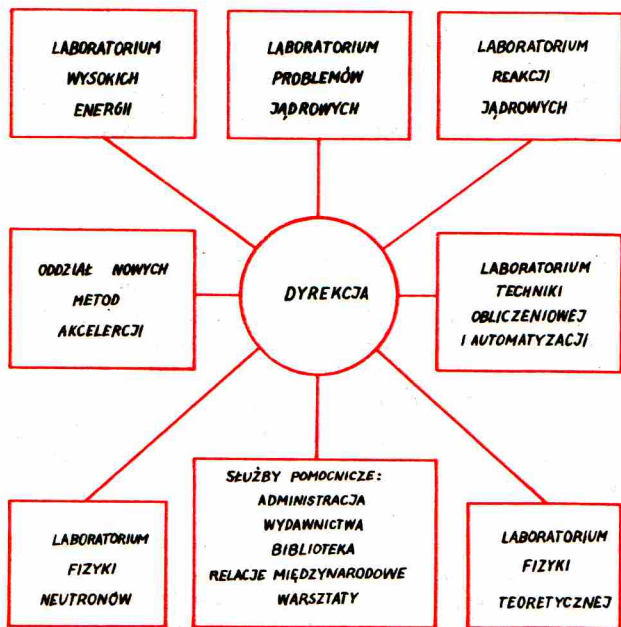
Dużo się ostatnio mówi o stosowaniu w praktyce rezultatów badań teoretycznych. Spójrzmy z tego punktu widzenia na rezultat Talesa. Chyba nie można narzekać na brak zastosowań. Ale szukając zastosowań bezpośrednich, na przykład w technice, moglibyśmy wskazać tylko pantograf — urządzenie do mechanicznego powiększania (bądź zmniejszania) rysunków. I cóż, czy mamy powiedzieć: „kiepsko, panie Tales — po 3000 lat tylko jeden patent”? Wskazuje to na konieczność dostrzeżenia w badaniach podstawowych nie tylko bezpośredniego wsparcia techniki, lecz przede wszystkim decydującego czynnika kulturotwórczego (patrz: Kopernik, Darwin). Może biorąc za przykład nie Heraklesa, lecz Talesa i w tej sprawie powinniśmy powiedzieć: nie siłą, a sposobem.

«Delta» z wizytą w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnie (ZSRR). Cz. I



Na północ od Moskwy, po kilku godzinach jazdy wzdłuż kanału im. Moskwy przez brzozowe lasy, dojeżdżamy do międzynarodowego miasta fizyków — do Dubny. Leży ona właściwie na wyspie, otoczona wodami kanału, Wołgi, rzeki Dubny oraz jej małego dopływu. Mieści się tutaj Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych, powstały w wyniku porozumienia międzynarodowego zawartego w Moskwie 26 marca 1956 r. Członkami ZIBJ są obecnie: Bułgaria, Czechosłowacja, Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna, Mongolia, Niemiecka Republika Demokratyczna, Polska, Rumunia, Węgry, Demokratyczna Republika Wietnamu, ZSRR. O celach i zadaniach Instytutu czytamy w jego konstytucji: „[...] umożliwienie wspólnego prowadzenia badań teoretycznych i doświadczalnych w dziedzinie fizyki jądrowej przez uczonych krajów członkowskich [...] rozwijanie twórczych możliwości kadr naukowo-badawczych krajów członkowskich [...] wykorzystanie energii jądrowej tylko do celów pokojowych dla dobra całej ludzkości”.

Jesteśmy więc w Dubnie — mieście, w którym wspólnie żyją i pracują przedstawiciele wielu państw i liczni goście z całego świata, w mieście, które całe bez wyjątku żyje fizyką. Co więcej, w tym samym stopniu jest polskie, w jakim jest mongolskie, węgierskie czy radzieckie. Żyje tu i pracuje około setki Polaków, a w parkach, szkołach i przedszkolach uczą się i bawią dzieci wszystkich prawie narodów państw socjalistycznych. Praca i osiągnięcia naukowe są bardzo ważne, ale nie mniej ważna jest atmosfera międzynarodowej społeczności, ożywiona duchem wspólnej pracy. Naszej wizyty nie zakończymy dlatego dzisiaj. W następnym numerze «Deltę» będziemy kontynuowali zwiedzanie, starając się pokazać nie tylko naukową stronę Dubny i jej urządzenia badawcze, ale również życie mieszkańców i atmosferę międzynarodowego miasta. Na obszarze miasta rozrzucone są liczne laboratoria. Nie licząc służb pomocniczych, jest ich siedem.

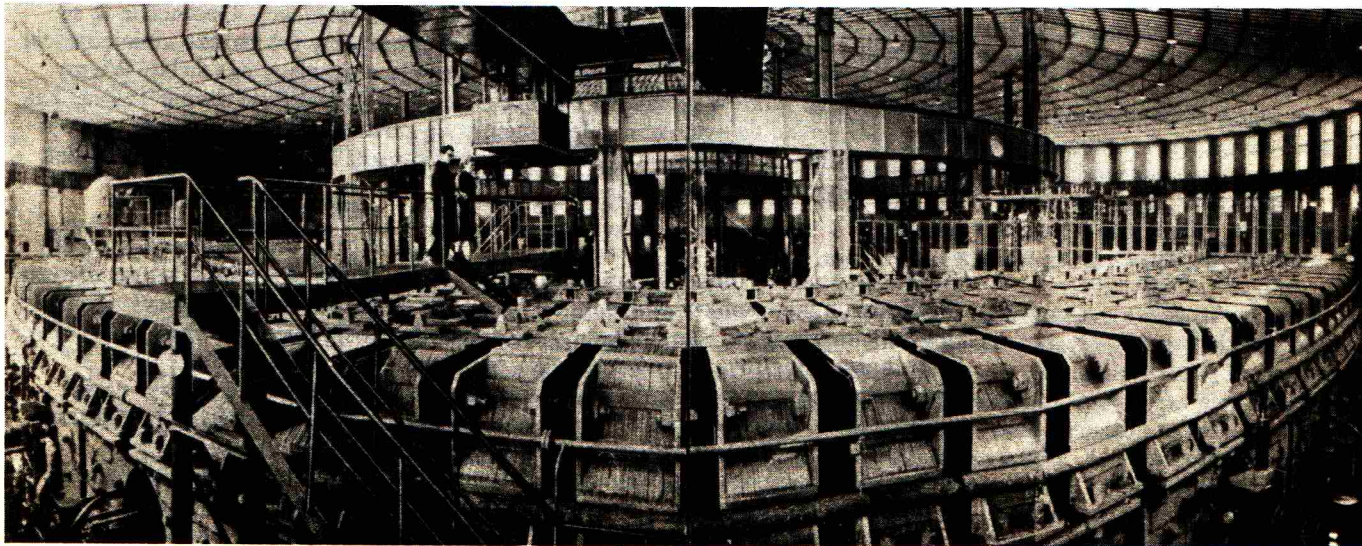


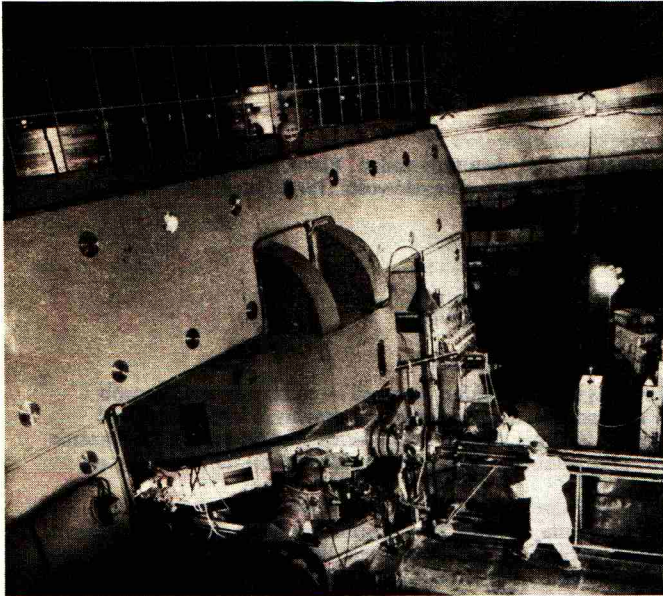
Spójrzmy na schemat organizacyjny i przyjrzymy się największym urządzeniom, których instalacja w poszczególnych krajach członkowskich byłaby ze względów ekonomicznych bardzo trudna.

Kilka lat temu w ZIBJ zaproponowano nową metodę kolektywnego przyspieszania cząstek, polegającą w wielkim uproszczeniu na przyspieszaniu wirującej chmury elektronów, która z kolei ciągnie za sobą ciężką cząstkę, na przykład proton. Obliczenia wskazują, że nowa metoda pozwoli na przyspieszanie protonów do energii 1000 i więcej GeV przy nieporównanie niższych kosztach niż metodami tradycyjnymi, umożliwi ona również przyspieszanie jąder właściwie dowolnych atomów. W 1968 r. powstał Oddział Nowych Metod Akceleracji. Zdjęcie na pierwszej stronie okładki pokazuje eksperymentalny układ do kolektywnego przyspieszania cząstek, zbudowany pod kierunkiem prof. Władysława Sarancewa.

Laboratorium wysokich energii dysponuje synchrofazotronem przyspieszającym protony do energii 10 GeV, zbudowanym w 1957 r. Był to na owe czasy największy akcelerator świata. Dzięki niemu dokonano wielu odkryć m. in. znaleziono nową cząstkę elementarną: hiperon antysigma minus. Konstrukcja akceleratora jest już dziś przestarzała, ponieważ opiera się o zasadę słabego ogniskowania, które wymaga dużych wymiarów komory próżniowej, a co z tym się wiąże, potężnych elektromagnesów wytwarzających pole o dużej indukcji w całym obszarze komory. Pokazany na zdjęciu pierścień elektromagnesów ma średnicę 60 m i masę 36 tys. ton.

Fot. J. Tumanow





Fot. J. Tumanow



Fot. J. Tumanow

W 1970 r. akcelerator adaptowano do przyspieszania ciężkich jąder — stał się on tym samym pierwszym relatywistycznym akceleratorem jąder. Na czwartej stronie okładki u góry zamieszczamy ogólny widok budynku akceleratora.

W laboratorium Reakcji Jądrowych podstawowym urządzeniem są cyklotrony ciężkich jonów U 200 (cyklotron taki buduje się obecnie również w Warszawie) oraz U 300. Zdjęcia pokazują widok ogólny elektromagnesu U 300 oraz duanty cyklotronu w trakcie montażu. Jony krążą po spirali między duantami cyklotronu i przy każdym przejściu z jednego duantu do drugiego napotykają potencjał przyspieszający, który zmienia znak, gdy jony znajdują się wewnątrz duantu.

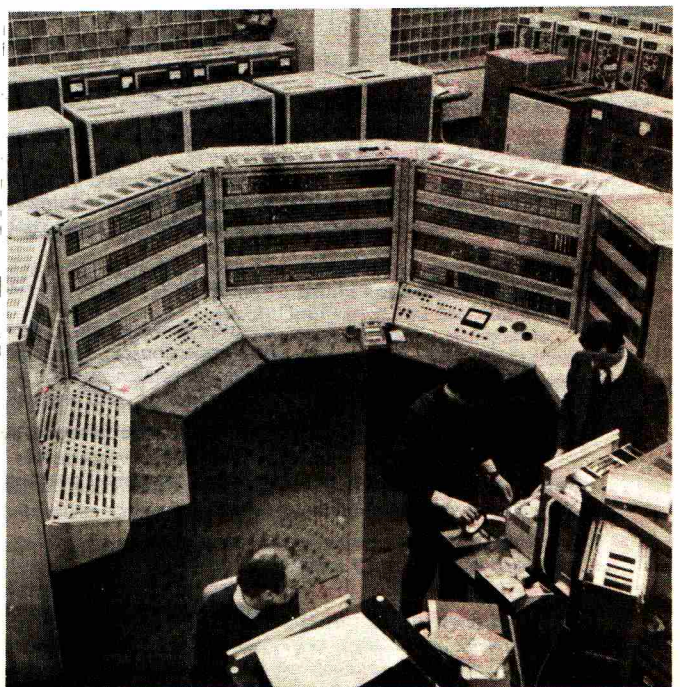
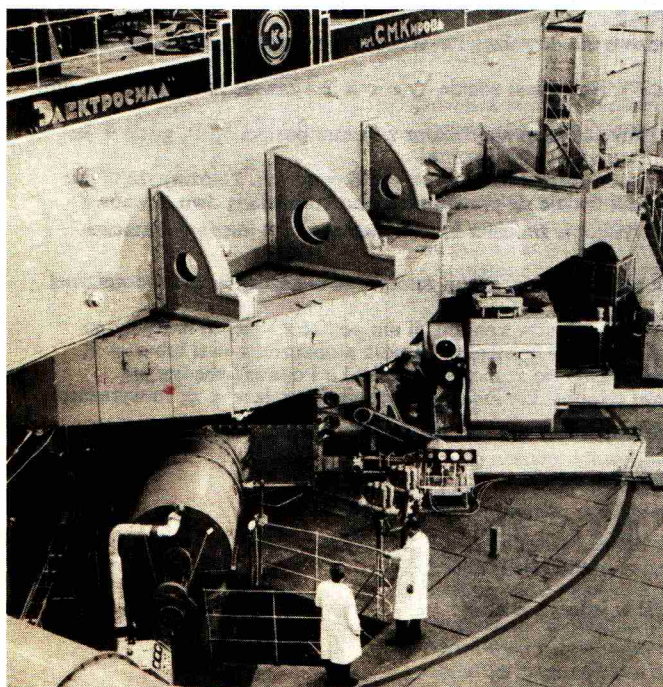
Laboratorium Problemów Jądrowych zajmuje się głównie fizyką jądrową niskich energii. Dysponuje ono najstarszym dubniańskim urządzeniem, zbudowanym w 1949 r. przed powstaniem ZIBJ — synchrociklotronem protonów na energię 680 MeV.

W r. 1960 zbudowano w Laboratorium Fizyki Neutronów reaktor impulsowy, udoskonalony następnie w 1969 r. Dolne zdjęcie na 4 stronie okładki przedstawia nowy reaktor impulsowy IBR 30. Dostarcza on szybkich neutronów w impulsach o krótkim czasie trwania 50 mikrosekund i o gigantycznej mocy 150 MW.

Prowadzenie eksperymentów przy pomocy tak złożonej i różnorodnej aparatury, której tylko część możemy pokazać, wymaga ogromnej ilości pomiarów i obliczeń numerycznych. Czuwa nad tym Laboratorium Techniki Obliczeniowej i Automatyzacji, które dysponuje całym zestawem komputerów i urządzeń pomiarowych. Na zdjęciu — sala komputera BESM 6. Wizyta jeszcze nie skończona, w przyszłym numerze — ciąg dalszy.

Fot. J. Tumanow

Fot. J. Tumanow



Co znaczy „teoria rozstrzygalna“

demonstruje na jednym przykładzie *doc. dr hab. Lesław W. SZCZERBA*



W praktyce szkolnej występują, ogólnie biorąc, dwa typy zadań. Pierwszy z nich wymaga sprawności rachunkowej, a drugi — pewnej jeszcze pomysłowości. Przykładem pierwszego typu zadań jest następujące polecenie:
Oblicz sumę

$$\begin{array}{r} 119\ 210 \\ 24\ 443 \\ 8\ 129 \\ + 5\ 195\ 215 \\ \hline \end{array}$$

Takie „słupki” nie wymagają od rozwiązującego żadnej inwencji — wystarczy znać sposób postępowania i nie pomylić się w rachunkach, a wynik będzie poprawny. Liczby mogą być większe, może też być ich dużo więcej. Zadanie stałoby się wówczas żmudniejsze, a rozwiązanie go zajęłoby więcej czasu i papieru; nikt jednakże (poza pierwszoklasistami) nie nazwałby go trudnym.

Są jednak i takie zadania, których w pierwszej chwili nie potrafimy rozwiązać. Zdarza się, że zadanie, pomimo prostego sformułowania, sprawia rozwiązującemu spore trudności. Czasem, pomimo wielu wysiłków, nie udaje się takiego zadania rozwiązać. Bywa, że ktoś potem podsunie nam jakiś pomysł i ku naszemu niezmiernemu wstydy rozwiązanie okaże się zdumiewająco proste. Najistotniejszy jest więc tu pomysł. Zadania te zaczynają się często od słów „udowodnić, że”, „sprawdzić, czy” itp. Krótko mówiąc, znamy metodę rozwiązywania zadań „na dodawanie”, a metody rozwiązywania wielu innych typów zadań nie znamy. Nie znaczy to jednak, że nie ma standardowej metody rozwiązywania pewnych typów zadań zaczynających się od słów „sprawdzić, czy”.

Weźmy dla przykładu zadania typu: „Sprawdzić, czy istnieje liczba rzeczywista większa od a i mniejsza od b ”.

Odpowiedź na to pytanie jest twierdząca, gdy $a < b$, zaś przecząca, gdy $b \leq a$. Gdybyśmy chcieli powiedzieć to bardziej formalnie, moglibyśmy stwierdzić, że wyrażenie

$$(*) \quad \bigvee_x (a < x \wedge x < b)$$

jest równoważne wyrażeniu $a < b$.

Zatem i dla tego typu zadań istnieje mechaniczna metoda rozwiązywania. Metoda ta polega na eliminacji z wyrażenia (*) kwantyfikatora.

Taka eliminacja kwantyfikatora możliwa jest dla dużo ogólniejszej klasy wyrażen, a mianowicie wszystkich wyrażen postaci

$$(**) \quad \bigvee_x \Phi,$$

gdzie w formule Φ orzekającej coś o uporządkowaniu liczb rzeczywistych nie występuje już ani jeden kwantyfikator. Jeśli zmienna x w ogóle nie występuje w formule Φ , to kwantyfikator nie jest potrzebny i formuła $\bigvee_x \Phi$ jest równoważna formule Φ . Możemy zatem założyć, że zmienna x

w formule Φ występuje. Rozpatrując różne formuły Φ , wypada zacząć od najprostszych. Mogą to być formuły $x = a$, $a = x$, $a < x$, $x < a$, (gdzie a jest zmienną różną od x), $x = x$ oraz $x < x$. Formuły takie nazywają się atomycznymi. Wyrażenia $\bigvee_x x = a$, $\bigvee_x a = x$, $\bigvee_x a < x$,

$\bigvee_x x < a$ oraz $\bigvee_x x = x$ są prawdziwe dla dowolnego a . Wobec tego każdą z tych formuł możemy

zastąpić po prostu P (od „Prawda”). Natomiast zdanie $\bigvee_x x < x$ jest zawsze fałszywe. Zastąpimy

je F (od „Fałsz”). Wyliminowaliśmy zatem kwantyfikator z formuł postaci $\bigvee_x \Phi$, gdzie Φ jest

formułą atomyczną. Przejdźmy teraz do formuł bardziej skomplikowanych. Załóżmy, że Φ jest koniunkcją formuł atomicznych. Jeśli Φ daje się przedstawić jako koniunkcja dwu członów:

$\Phi \equiv \Psi \wedge \mathcal{E}$, przy czym w Ψ nie występuje zmienna x , to wyrażenie $\bigvee_x \Phi$ jest równoznaczne

wyrażeniu $\Psi \wedge \bigvee_x \mathcal{E}$. W dalszym ciągu możemy zatem założyć, że w każdej formule atomicznej

formuły Φ występuje x . Jeżeli któryś z członów koniunkcji ma postać $x = x$, to możemy go bezkarnie opuścić. Jeśli z kolei w formule Φ występuje formuła atomiczna $x = a$ lub $a = x$, to we wszystkich miejscach, gdzie pojawia się x , możemy napisać a i opuścić zbędny już kwantyfikator. Jeśli wreszcie wśród członów koniunkcji występuje formuła $x < x$, to wyrażenie

$\bigvee_x \Phi$ jest zawsze fałszywe. Jeśli natomiast nie ma tam ani formuły $x < x$, ani też żadnej równości,

to dzięki łączności i przemienności koniunkcji

$$[(p \wedge q) \wedge r] \equiv [p \wedge (q \wedge r)],$$

$$(p \wedge q) \equiv (q \wedge p)$$

możemy formułę $\bigvee_x \Phi$ przedstawić w jednej z postaci:

$$\bigvee_x a_0 < x \wedge \dots \wedge a_m < x,$$



Rozwiązanie zadania M19

Zauważmy, że liczby $n = k = 1$ i $n = k = 3$ spełniają równość (a), zaś liczby $n = 2$ i $n = 4$ nie spełniają (a) przy żadnym naturalnym k . Przypuśćmy, że liczba $n > 5$ spełnia (a) przy pewnym k naturalnym. Liczby $5!$, $6!$, ..., $n!$ są podzielne przez 5, a więc liczba $1! + 2! + 3! + 4! + 5! + \dots + n! = 1 + 2 + 6 + 24 + 5! + \dots + n! = 33 + 5! + \dots + n!$ daje przy dzieleniu przez 5 resztę 3.

Kwadrat liczby naturalnej przy dzieleniu przez 5 daje resztę 0, 1 lub 4, co wynika z faktu, że każda liczba naturalna jest postaci $5m$, $5m + 1$, $5m + 2$, $5m + 3$ lub $5m + 4$ (m — liczba całkowita) oraz $(5m)^2 = 5 \cdot 5m^2 + 0$, $(5m + 1)^2 = 5(5m^2 + 2m) + 1$, $(5m + 2)^2 = 5(5m^2 + 4m) + 4$, $(5m + 3)^2 = 5(5m^2 + 6m + 1) + 4$, $(5m + 4)^2 = 5(5m^2 + 8m + 3) + 1$.

Gdyby więc przy pewnym naturalnym k i $n > 5$ zachodziła równość (a), to lewa strona dawałaby przy dzieleniu przez 5 resztę 3, prawa zaś — 0, 1 lub 4. Otrzymana sprzeczność wraz z początkowymi uwagami wykazuje, że tylko liczby $n = k = 1$ i $n = k = 3$ spełniają równość (a), a oczywiście spełniają one równość (b).



Dyskusja problemu b) F7

b) Przypadek identycznych kul toczących się ku sobie z jednakowymi szybkościami. Zderzające się kule wymieniają się składowymi pędami, prostopadłymi do płaszczyzny styku. Stąd wynika związek:

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{b}{2R}, \quad 0 < \theta < \pi,$$

$$\frac{dN}{d\theta} = \frac{dN}{db} R \sin \frac{\theta}{2} = R c \sin \frac{\theta}{2}.$$

albo:

$$\frac{dN}{d\frac{\theta}{2}} = 2Rc \sin \frac{\theta}{2}.$$

Przypadek b) jest zatem równoważny pierwszemu przypadkowi rozważanemu w układzie środka masy układu zderzających się kul. Dla identycznych kul kąt rozproszenia w ich układzie środka masy jest dwukrotnie większy niż w układzie, w którym jedna z kul spoczywa.

Przykład 1

$$\begin{aligned} & \bigvee_x \sim (x < 0 \rightarrow x < \pi) \equiv \\ & \equiv \bigvee_x \sim (\sim x < 0 \vee x < \pi) \equiv \\ & \equiv \bigvee_x (\sim \sim x < 0 \wedge \sim x < \pi) \equiv \\ & \equiv \bigvee_x [x < 0 \wedge (x = \pi \vee \pi < x)] \equiv \\ & \equiv \bigvee_x [(x < 0 \wedge x = \pi) \vee (x < 0 \wedge \pi < x)] \equiv \\ & \equiv [\bigvee_x (x = \pi \wedge x < 0)] \vee [\bigvee_x (\pi < x \wedge \\ & \quad \wedge x < 0)] \equiv \\ & \equiv \pi < 0 \vee \pi < 0 \equiv \\ & \equiv F \vee F \equiv F \end{aligned}$$

Przykład 2

$$\begin{aligned} & \bigwedge_x \{ \{ \bigvee_y x < y \wedge y < 0 \} \rightarrow x < \pi \} \equiv \\ & \equiv \bigwedge_x (x < 0 \rightarrow x < \pi) \equiv \\ & \equiv \sim \bigvee_x \sim (x < 0 \rightarrow x < \pi) \equiv \\ & \equiv \sim (\pi < 0 \vee \pi < 0) \equiv \\ & \equiv \sim F \equiv P \end{aligned}$$

0. $\bigvee_{xy} x \neq y,$

1. $\bigwedge_x x < x,$

2. $\bigwedge_{xy} x < y \vee x = y \vee y < x,$

3. $\bigwedge_{xyz} x < y \wedge y < z \rightarrow x < y,$

4. $\bigwedge_y \bigvee_{xz} x < y \wedge y < z,$

5. $\bigwedge_{xz} \bigvee_y x < z \rightarrow x < y \wedge y < z.$

$$\bigvee_x x < b_0 \wedge \dots \wedge x < b_n,$$

$$\bigvee_x a_0 < x \wedge \dots \wedge a_m < x \wedge x < b_0 \wedge \dots \wedge x < b_n.$$

W dwu pierwszych przypadkach formuła jest zawsze prawdziwa, a w trzecim jest równoważna formule

$$a_0 < b_0 \wedge \dots \wedge a_0 < b_n \wedge \dots \wedge a_m < b_0 \wedge \dots \wedge a_m < b_n.$$

Ten przypadek eliminacji kwantyfikatora jest o tyle ważny, że wszystkie pozostałe można do niego sprowadzić.

Weźmy zupełnie dowolną formułę Φ (w której nie występują kwantyfikatory). Pierwszy krok eliminacji kwantyfikatora z formuły $\bigvee_x \Phi$ polega na usunięciu implikacji i równoważności za

pomocą wzorów

$$(p \leftrightarrow q) \equiv [(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)],$$

$$(p \rightarrow q) \equiv (\sim p \vee q).$$

Z kolei przy pomocy praw de Morgana ($\sim(p \vee q) \equiv \sim p \wedge \sim q$ oraz $\sim(p \wedge q) \equiv \sim p \vee \sim q$) wprowadzamy negację możliwie najgłębiej, a więc tak, aby negacja mogła stać tylko przed formułą atomiczną. Następnie eliminujemy negację zupełnie za pomocą wzorów

$$\sim \sim p \equiv p,$$

$$[\sim(a = b)] \equiv [(a < b) \vee (b < a)],$$

$$[\sim(a < b)] \equiv [(a = b) \vee (b < a)].$$

Teraz, korzystając z prawa rozdzielności alternatywy

$$[(p \vee q) \wedge r] \equiv [(p \wedge r) \vee (q \wedge r)],$$

sprowadzamy otrzymaną formułę do alternatywy członów Φ_0, \dots, Φ_n , z których każdy jest koniunkcją formuł atomicznych. Mamy zatem równoważność

$$\bigvee_x \Phi \equiv [(\bigvee_x \Phi_0) \vee \dots \vee (\bigvee_x \Phi_n)].$$

Z każdej formuły $\bigvee_x \Phi_i$ z osobna potrafimy wyeliminować kwantyfikator i wskazać

bezkwasyfikatorową formułę Φ'_i równoważną formule $\bigvee_x \Phi_i$. Wówczas

$$\bigvee_x \Phi \equiv \Phi'_0 \vee \dots \vee \Phi'_n.$$

Ostatecznie więc dla dowolnej formuły bezkwasyfikatorowej Φ potrafimy wskazać formułę bezkwasyfikatorową Φ' taką, że

$$\bigvee_x \Phi \equiv \Phi'.$$

Można wyeliminować nie tylko kwantyfikator egzystencjalny, ale również ogólny. W tym celu należy posłużyć się prawem

$$\bigwedge_x \Phi \equiv \sim \bigvee_x \sim \Phi,$$

również zwanym prawem de Morgana. Jeżeli Φ jest formułą bezkwasyfikatorową, to i $\sim \Phi$ jest formułą bezkwasyfikatorową, a zatem potrafimy podać formułę Φ' , również

bezkwasyfikatorową, taką, że $\bigvee_x \sim \Phi \equiv \Phi'$. Wobec tego $\bigwedge_x \Phi \equiv \sim \Phi'$. Można poza tym

eliminować więcej niż jeden kwantyfikator. Należy to po prostu robić po kolei, zaczynając od kwantyfikatorów «najbardziej wewnętrznych», to znaczy takich, że w ich zakresie nie ma innych kwantyfikatorów.

Ostatecznie więc dla dowolnej formuły potrafimy wskazać równoważną jej formułę bezkwasyfikatorową; innymi słowy — potrafimy podać warunki konieczne i dostateczne na to,

by wyjściowa formuła zachodziła dla liczb rzeczywistych. Jeśli wyjściowa formuła nie ma zmiennych wolnych (nie związanych kwantyfikatorami), to i równoważna jej formuła bezkwasyfikatorowa nie będzie miała zmiennych wolnych, będzie się zatem składać z formuł atomicznych postaci $a < b$ i $a = b$, gdzie a i b są nazwami konkretnych liczb rzeczywistych.

W takim przypadku nietrudno obliczyć wartość logiczną, a więc udowodnić lub obalić zdanie (to znaczy formułę bez zmiennych wolnych), które mieliśmy na początku.

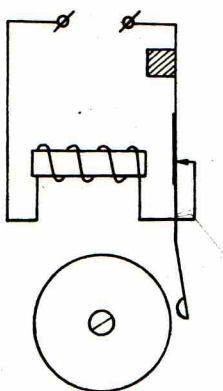
To, co zostało udowodnione, matematycy ujmują w zdaniu:

Teoria porządku liczb rzeczywistych jest rozstrzygalna, bo istnieje (wskazaliśmy ją) metoda rozstrzygnięcia, czy dowolnie wskazane zdanie jest twierdzeniem tej teorii, czy też nie jest.

Warto zauważyć, że do dowodu poprawności opisaną wyżej metody (dowodu, którego nie przeprowadziłem tu w szczegółach, pozostawiając go z lenistwa Czytelnikowi) potrzebne są tylko podane obok własności porządku liczb rzeczywistych.

Oznacza to, że każde zdanie orzekające o uporządkowaniu liczb rzeczywistych możemy udowodnić w oparciu o aksjomaty 0.—5. (o ile oczywiście jest prawdziwe). Dowodu takiego dostarczy nam opisana powyżej metoda. Możemy zatem powiedzieć, że zdania 0.—5. stanowią aksjomatykę teorii uporządkowania liczb rzeczywistych.

O SAMOINDUKCJI, ŁADOWANIU KONDENSATORA I NEONÓWCE, CZYLI O WYSOKIM NAPIĘCIU W DZWONKU I O GENERATORZE DRGAŃ RELAKSACYJNYCH



Rys. 1

Dla ścisłości wyjaśnię od razu, że mam na myśli dzwonek starszego typu, taki z przerywaczem. Posługując się nim oraz zwykłą baterijką do latarki kieszonkowej otrzymamy napięcie rzędu 200 V, czyli zbudujemy najprostszą przetwornicę — urządzenie do podwyższania napięcia stałego.

SKĄD SIĘ BIERZE TO NAPIĘCIE?

Oczywiście powstaje na zasadzie samoindukcji. W gruncie rzeczy powstaje ono zawsze, kiedy działa dzwonek; niczego więc nie trzeba budować, wystarczy dołączyć baterijkę do zacisków dzwonka i — gotowe. Niestety jednak ma ono, jak się za chwilę przekonamy, formę krótkich impulsów i w tej postaci trudno je odpowiednio zademonstrować. Wróćmy jednak do odpowiedzi na nasze pytanie. W czasie działania dzwonka (schemat na rys. 1) prąd płynący przez uzwojenie jego elektromagnesu jest okresowo przerywany. Uzwojenie to posiada pewien współczynnik indukcji własnej L . Jak wiemy, zmiana natężenia prądu o wartość Δi w czasie Δt wywoła powstanie siły elektromotorycznej samoindukcji

$$E = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

albo, ściślej, w zapisie różniczkowym

$$E = -L \frac{di}{dt}$$

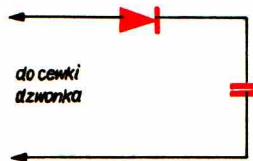
Przy przerywaniu prąd zmienia się w bardzo krótkim czasie od początkowej wartości do zera, a zatem pojawia się na uzwojeniu duże napięcie (rzędu setek woltów) — oczywiście tylko w tym krótkim momencie zmniejszania się natężenia prądu. Na wykresie wygląda to mniej więcej jak na rys. 2.



Rys. 2

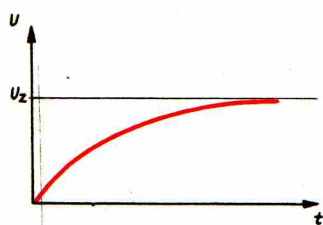
ZAPRZĘGAMY NAPIĘCIE DO ROBOTY

Impulsy przedstawione na rys. 2 trwają bardzo krótko, a więc posiadają małą energię. Żeby mieć z nich jakiś pożytek, trzeba tę energię zmagazynować. Można to zrobić przy pomocy diody i kondensatora (rys. 3). Każdy impuls będzie ładował kondensator przez diodę. Dzięki włączeniu diody, kondensator nie będzie rozładowywał się w okresach między impulsami, lecz każdy kolejny impuls będzie nieco powiększał jego napięcie, które będzie dążyło do napięcia szczytowego impulsów (rys. 4).

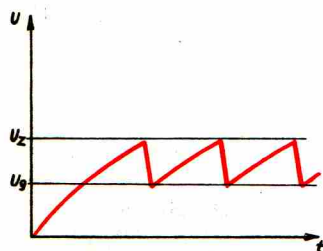


Rys. 3

Jak dotychczas, energia naszych impulsów zgromadzona w kondensatorze oddaje się lenistwu i możemy jedynie wierzyć, że się tam znajduje. Aby się doświadczalnie przekonać, że kondensator został naładowany, możemy zewrzeć jego bieguny — powstanie iskra. Możemy jednak zrobić rzecz ciekawszą, dołączając do kondensatora równolegle neonówkę. Każda neonówka charakteryzuje się tak zwanym napięciem zapłonu U_z potrzebnym do tego, aby w gazie między jej elektrodami mogła się rozpocząć jonizacja lawinowa, a zatem i przepływ prądu. Po zapaleniu się neonówki napięcie na niej może być niższe, nie mniejsze jednak, niż napięcie gaśnięcia U_g , przy którym neonówka przestaje świecić. Teraz już widzicie, co się będzie działo: kiedy napięcie ładującego się kondensatora dojdzie do wartości napięcia zapłonu U_z , neonówka zapali się, prąd zacznie płynąć, kondensator rozładowuje się aż do napięcia U_g , przy którym neonówka zgaśnie, przestanie kraść prąd kondensatorowi i napięcie znowu wzrośnie. Ten proces powtarza się, neonówka błyska okresowo, a to, co zbudowaliśmy, nazywa się generatorem drgań relaksacyjnych. Wykres napięcia na kondensatorze będzie teraz wyglądał jak na rys. 5.



Rys. 4



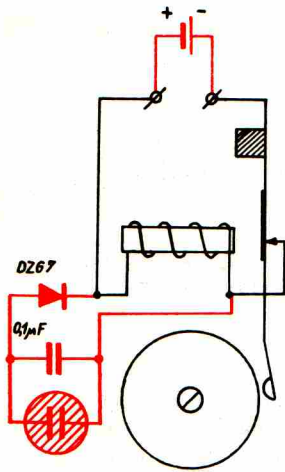
Rys. 5

A TERAZ DO RZECZY

Jeżeli rzeczywiście, a nie tylko w teorii, chcemy wykonać opisane doświadczenie, musimy zaopatrzyć się w następujące materiały:

- 1) Dzwonek starego typu (z przerywaczem). Może być brzytzyk. Szukać go należy raczej wśród starych rupieci, niż w sklepie.
- 2) Dioda DZG 7.

Dowolna dioda prostownicza krzemowa jest jeszcze lepsza, tylko o wiele droższa.



Rys. 6

3) Kondensator o pojemności rzędu $0,1\mu\text{F}$.

Przy tej pojemności neonówka będzie błyskała mniej więcej raz na sekundę. Można dać pojemność parokrotnie większą lub mniejszą.

4) Neonówka.

Neonówki przeznaczone do włączania do sieci mają wbudowany duży opór, co może zmienić przebieg eksperymentu (jak, dlaczego?). Próby usunięcia oporu zazwyczaj kończą się zniszczeniem neonówki. W sklepach z częściami radiowymi bywają małe neonówki bez oporu. Niedrogi.

5) Bateria (na przykład płaska 4,5 V).

Macie wszystko? No to łączymy obwód jak na rys. 6. Nie pomylicie biegunów baterii i kierunku włączenia diody, bo możecie ją uszkodzić, gdyby impulsy napięcia były wyższe, niż dioda znosi w kierunku zaporowym. Działa? Pochwalcie się w listach — adres redakcji na wewnętrznej stronie okładki. Nie działa?

Sprawdźcie połączenia. Może się też zdarzyć (wyjątkowo), że dioda (germanowa) ma nietypowo duży prąd zaporowy i kondensator rozładowuje się przez nią nie powodując zapalenia neonówki. Możecie jeszcze spróbować wyregulować przerywacz dzwonka odpowiednią śrubką — powinno pomóc. Oczekuję Waszych listów. Przypominam, że możecie nadsyłać opisy innych doświadczeń, które wykonaliście. Najciekawsze będziemy uwzględniać w naszej rubryce.



Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

Zadania matematyczne w niniejszym numerze (inaczej niż dotychczas) są związane tematycznie i rozwiązuje się je tą samą metodą.

M19. Symbolem $n!$ oznaczamy iloczyn liczb naturalnych od 1 do n (a więc np. $4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$). Udowodnić, że jeśli

(a) $1! + 2! + \dots + n! = k^2$ (k — liczba naturalna),

to

(b) $1! + 2! + \dots + k! = n^2$.

Rozwiązanie na str. 12

M20. Udowodnić, że nie istnieją liczby naturalne m, n spełniające równość $m^3 + 13 = 2^n$.

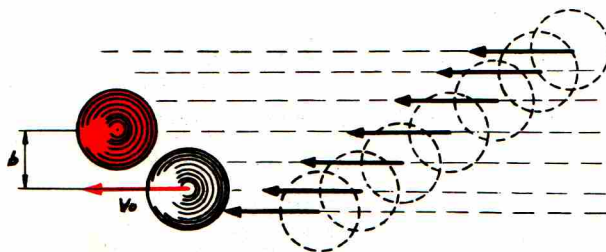
Rozwiązanie na str. 3

M21. Udowodnić, że liczba 13 nie jest sumą trzech sześcianów liczb całkowitych.

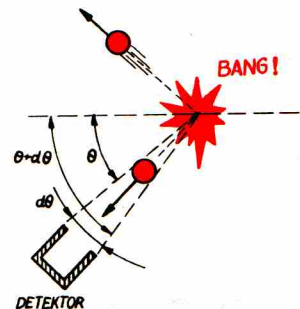
Rozwiązanie na str. 5

Redaguje dr Andrzej ZIEMIŃSKI

F7. Na gładkim stole spoczywa kula bilardowa o masie m i promieniu R . Kierujemy w jej stronę identyczną kulę, nadając jej prędkość V_0 . Kule zderzają się sprężysto. Doświadczenie powtarzamy wielokrotnie, nie celując jednak w kulę spoczywającą, a puszczając kule jedynie tak, by zawsze miały tę samą prędkość początkową i by przed zderzeniem toru wszystkich kul były równoległe. W tych warunkach parametr b zderzenia, czyli odległość prostej, wzdłuż której porusza się środek masy kuli nadbiegającej, od środka masy kuli spoczywającej (rys. 1), przyjmuje różne wartości, ale każdą z takim samym (danym) prawdopodobieństwem.



Rys. 1



Rys. 2

Jaka — średnio — liczba kul będzie rozproszona pod kątem θ , a dokładniej, pod kątem zawartym między θ a $\theta + d\theta$ (rys. 2)? Przedyskutować następujące przypadki ogólniejsze: a) masa i promień kul spoczywającej i nadbiegającej mają różne wartości; b) kula uderzana nie spoczywa, lecz porusza się w przeciwnym kierunku niż kula nadbiegająca, ale z taką samą szybkością.

Rozwiązanie na str. 17

Zadanie to jest prostym modelem bardzo częstych sytuacji, jakie wytwarzają fizycy badając własności obiektów mikroświata na podstawie rozproszenia kierowanych na nie cząstek przyspieszonych w akceleratorze. Tego typu zadania musiał rozwiązać Ernest Rutherford, aby zinterpretować wyniki swych doświadczeń nad rozpraszaniem cząstek alfa na jądrze atomowym (nb. właśnie interpretacja tych doświadczeń pozwoliła mu odkryć jądro atomowe).

Dlaczego Niemcy nie zdążyli wynaleźć bomby atomowej? (4)

— Profesor czeka już na pana!

Sekretarka wprowadziła doktora Ericha Baggego do gabinetu profesora Schumanna, dyrektora naukowego Urzędu Uzbrojenia Armii Ministerstwa Wojny Rzeszy.

— Heil Hitler — zameldował się Bagge.

— Wezwałem pana w dość pilnym trybie, gdyż trzeba podjąć decyzję w sprawie pańskiego projektu śluzy izotopowej. Czekają już na pana doktor Basche i doktor Diebner. Proszę z nimi przekonsultować sprawę.

— Rany boskie — rozmyślał Bagge. — Co za kołomyjka!

Siedział w pokoju przylegającym do gabinetu Diebnera i czekał, aż będzie przyjęty. Był już zmęczony podróżami. W listopadzie 1940 roku, pracując jeszcze w Lipsku, napisał pracę, w której przedstawił projekt urządzenia do wzbogacania naturalnego uranu w rozszczepialny izotop, uran 235; nazwał je śluzą izotopową. Zasada działania śluzy była bardzo oryginalna. Wiązka molekuł substancji parującej ze specjalnego pieca miała być kierowana przez dwie wirujące przesłony z otworami. Molekuły lżejsze poruszają się w gazie średnio szybciej niż cięższe. Dobierając odpowiednio prędkości ruchu wirowego przesłon, można oczekiwać, że druga przesłona przepuści więcej molekuł lżejszych niż cięższych i dzięki temu substancja zebrana w zbiorniku za drugą przesłoną będzie bogatsza w molekuły lżejsze.

Prawie pół roku praca przeleżała w szufladach Urzędu Uzbrojenia Armii. Dopiero w kwietniu 1941 roku wezwał Diebner Baggego do Berlina. Projekt śluzy izotopowej, jak stwierdził, jest interesujący, ale na razie nie ma jeszcze szans na jego realizację.

— Musisz być cierpliwy. A póki co, przeniosę cię do Instytutu Fizyki im. Cesarza Wilhelma w Dahlem — (Diebner pełnił obowiązki dyrektora Instytutu) — abyś był blisko i włączył się tu do pracy.

Pierwszym zadaniem służbowym Baggego w nowym miejscu pracy był wyjazd do Paryża, do ośrodka badań jądrowych „odziedziczonego” przez Niemców po profesorze F. Joliot po podboju Francji. Stamtąd został rychło wezwany przez doktora Baschego, który przekazał pracę Baggego profesorowi Paulowi Harteckowi, i na podstawie jego opinii zdecydował, iż rzecz wymaga rozważenia. Sierpień upłynął Baggemu na ciągłych konsultacjach z różnymi specjalistami. I oto znowu — pomyślał — będę musiał po raz nie wiadomo który z rzędu tłumaczyć to samo. Zmęczony zaczął mimo woli słuchać coraz gorętszej wymiany zdań między Diebnerem a jego bezpośrednim zwierzchnikiem, doktorem Basche, dochodzącej go zza nie domkniętych drzwi.

...Nie rozumiem — już dość głośno mówił Basche — jak można trwonić pieniądze i tyle wysiłku na rozdzielanie izotopów, skoro istnieje możliwość budowy reaktora jądrowego na naturalny uran z ciężką wodą jako moderatorem? Po co forsuje pan te prace, zamiast skoncentrować się na budowie reaktora?

— Rzeczywiście pan tego nie rozumie — odparł nieco zirytowanym i pełnym rezygnacji tonem Diebner. Reaktor można rzeczywiście zbudować używając uranu naturalnego, niewzbogaconego, ale perspektywnie problemu rozdzielania izotopów i wzbogacania uranu ominąć się nie da, jeśli mamy poważnie myśleć o bombie atomowej. A tej nie można zrobić z uranu naturalnego; konieczny jest uran znacznie wzbogacony w izotop 235.

Bagge nie słyszał dalszego ciągu dyskusji. Był zaszokowany, gdyż po raz pierwszy usłyszał, że perspektywnym celem niemieckiego programu badań jądrowych, zwanego w skrócie programem U, była bomba. Dotychczas mylnie sądził, że chodzi jedynie o budowę reaktora dla celów badawczych i energetycznych.

Z zadumy wyrwał go Diebner. Rozmowa jednak i tym razem nic nie dała, Bagge znów wyjechał do Paryża. Wrócił do Berlina dopiero pod koniec listopada, by przed gronem ekspertów znowu zreferować projekt swej śluzy izotopowej. Tym razem powzięto wreszcie decyzję, by do realizacji pomysłu przystąpić bez dalszego zwlekania. Bagge sądził, że wreszcie udało mu się przekonać ekspertów i Diebnera o celowości budowy śluzy.

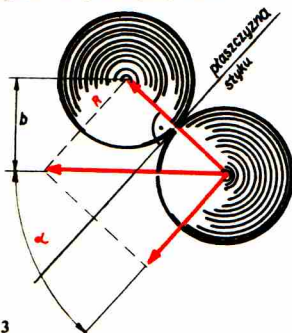
Był jednak w błędzie. Nie wiedział bowiem, że w kwestii wzbogacania uranu jego pomysł był jednym z wielu. Niemcy, definitywnie odrzuciwszy grafit jako moderator, całe swe nadzieje skupili na ciężkiej wodzie.

Gdyby mieli dostateczną ilość ciężkiej wody, mogliby zbudować reaktor z naturalnym uranem (z tym nie mieli większych kłopotów). Mieli jej jednak za mało, więc problem wzbogacania uranu był bardzo ważny. O ile na początku 1941 roku prowadzili próby jedną metodą, o tyle rok później mieli





Rozwiązanie zadania E7.
Przy zderzeniu kul obowiązuje zasada zachowania pędu i energii (zderzenie jest sprężyste, więc zostanie zachowana energia kinetyczna).
Pęd toczącej się kuli rozkładamy na składową równoległą i prostopadłą do płaszczyzny styku kul (rys. 3). Składowa równoległa nie ulega zmianie przy zderzeniu, gdyż siły wzajemnego oddziaływania kul są prostopadłe do płaszczyzny styku.



Rys. 3

Z zasady zachowania pędu dla składowej prostopadłej wynika, że

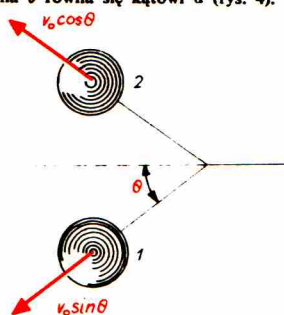
$$mV_0 \sin \alpha = mV_{1p} + mV_{2p}$$

gdzie V_{1p} i V_{2p} są prostopadłymi składowymi prędkości kul po zderzeniu.

Z zasady zachowania energii wynika, że

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + \frac{mV_{1p}^2}{2} + \frac{mV_{2p}^2}{2}$$

Z rozwiązania układu równań wynika, że $V_{1p} = 0$; $V_{2p} = V_0 \sin \alpha$, czyli w przypadku zderzenia identycznych kul, tocząca się kula przekazuje drugiej kuli cały swój pęd w kierunku prostopadłym do płaszczyzny styku. W tym przypadku poszukiwany kąt rozproszenia θ równa się kątowi α (rys. 4).



Rys. 4

Z rys. 3 wynika następujący związek między θ i b :

$$\cos \theta = \frac{b}{2R}, \quad 0 \leq b \leq 2R;$$

kąt θ jest więc zawarty w przedziale $\langle 0, \frac{\pi}{2} \rangle$.

Jednakowe prawdopodobieństwo różnych wartości b praktycznie oznacza, że przy wielokrotnym powtarzaniu doświadczeń dla każdego przedziału wartości b o nieskończenie małej szerokości db zaobserwuje się średnio taką samą liczbę zderzeń. Inaczej:

$$\frac{dN}{db} = c = \text{const (c jest dane)}$$

Ponieważ $\cos \theta$ jest proporcjonalny do b , więc również prawdopodobieństwa wystąpienia różnych wartości $\cos \theta$ zawartych w przedziale $\langle \cos \theta, \cos \theta - d \cos \theta \rangle$ (dlaczego jest tu znak minus?) są jednakowe, czyli:

$$\frac{dN}{-d \cos \theta} = 2Rc = \text{const}$$

(taki rozkład nazywa się rozkładem izotropowym).
Stosunek średniej liczby kul dN rozproszonych w kącie zawartym między θ a $\theta + d\theta$ do szerokości przedziału $d\theta$ jest zatem równy:

$$\frac{dN}{d\theta} = \frac{dN}{d \cos \theta} \cdot \frac{d \cos \theta}{d\theta} = 2Rc \sin \theta,$$

skąd $dN = 2Rc \sin \theta d\theta$.
Dyskusję problemów znaleźć można na str. 4 i str. 13

„na warsztacie“ aż siedem różnych metod, w tym metodę śluzy izotopowej Baggego, a także metodę separacji izotopów za pomocą ultrawirówki, opracowaną przez Grotha. Rzecz ciekawa, nie wzięli pod uwagę metody dyfuzji gazowej sześciofluorku uranu przez porowatą przegrodę, która stanowiła podstawową metodę wzbogacania uranu, zastosowaną w Stanach Zjednoczonych. O ile jednak Angiosasi systematycznie badali jedną metodę po drugiej, o tyle Niemcy zajmowali się wszystkimi siedmioma jednocześnie, żadnej z nich nie doprowadzając do końca. Każdy zespół pracujący nad swoją metodą borykał się z wieloma trudnościami, żaden nie był w stanie dać definitywnej odpowiedzi, czy jego metoda będzie skuteczna, czy nie.

Oprócz takiego rozdrobnienia sił i środków, nie bez znaczenia była pod tym względem sytuacja gospodarcza Niemiec. Gospodarka niemiecka, nastawiona na wojnę błyskawiczną, w warunkach przeciągającej się wojny, i to bez żadnych widoków na jej szybkie zakończenie, nie mogła wytrzymać żadnych perspektywicznych, dużych obciążeń. Dekret Hitlera nakładał wielkie ograniczenia na wszelkie poczynania nie mające natychmiastowego znaczenia dla potencjału wojennego Trzeciej Rzeszy. I tak na przykład Groth nie otrzymał odpowiednich stopów na wirniki do swej ultrawirówki, a wirniki wykonane z gorszych stopów rozpadły się jeden po drugim, zanim osiągnęły żadaną szybkość ruchu obrotowego. Dodatkowym czynnikiem powodującym dalsze rozproszenie i tak szczupłych środków była możliwość zastosowania plutonu, którą wcześniej wysunął von Weizsäcker i podniósł Fritz von Houtermans, zaangażowany przez barona von Ardenne w jego na pół prywatnym laboratorium w Lichterfelde, subwencjonowanym przez Ministerstwo Poczty Rzeszy. Sam Houtermans był w znacznym stopniu niezależny od opinii naukowców niemieckich uczestniczących w programie U. Jako pierwsze swe zadanie otrzymał analizę stanu badań jądrowych i możliwości budowy reaktora jądrowego. Analiza Houtermansa, przedstawiona pod koniec 1941 roku, mogłaby odegrać bardzo pozytywną rolę w dalszym rozwoju badań, gdyby została należycie oceniona przez naukowców niemieckich. Wolny od ich uprzedzeń i ambicji Houtermans położył główny nacisk na pluton powstający z uranu 238 wskutek pochłaniania neutronów. Rozumował mniej więcej tak: skoro w uranie naturalnym izotop 238 stanowi ponad 99% składu i skoro pod wpływem neutronów przekształca się on w rozszczepialny pluton, to zamiast skomplikowanych metod wzbogacania uranu w izotop 235 należy raczej opracować technologię produkcji plutonu w uranie naturalnym, z którego można pluton stosunkowo znacznie łatwiej wydzielić niż uran 235. Pluton bowiem to inny pierwiastek chemiczny, więc wydzielić go można metodami chemicznymi.

Wprawdzie Niemcy nigdy nie podjęli poważnych badań nad otrzymywaniem plutonu, ale sama świadomość takiej możliwości sprawiła, że wzbogacanie uranu przestało być traktowane jako jedyna droga do celu. Zwolennicy wzbogacania uranu stracili monopolistyczną pozycję, co jeszcze bardziej zwiększyło animozje między uczonymi.

W tym rozgardiaszu zaczęły też nękać uczonych niemieckich wątpliwości moralne. W październiku 1941 roku Heisenberg wybrał się potajemnie do Nielsa Bohra z niecodzienną propozycją, by uczeni anglosascy zrezygnowali z prac nad bombą atomową, a wtedy uczeni niemieccy również podejmą odpowiednie zobowiązania. Bohr nie czuł się na siłach, by być poręczycielem takiej li tylko dżentelmeńskiej umowy między samymi naukowcami. Negocjacje Heisenberga spaliły na panewce. Fizycy niemieccy musieli kontynuować program U.

z.d.n.

Oprac. Z.P.
wg książki D. Irwinga
The Virus House

«Delta» odpowiada

K. CHODKOWSKI — Maków Mazowiecki. Dział «Laboratorium w domu» traktujemy jako stały. Artykuł o pompowaniu optycznym wkrótce zamieścimy. Dziękujemy za uwagi o ewaporografii.

W. SKIBA — Wrocław. Jak Pan zauważył, realizujemy w miarę możliwości Pańskie propozycje. Artykuł o czarnych dziurach już się ukazał. Brak miejsca nie pozwala na stały dział poświęcony kosmogonii.

P. KICIŃSKI — Sandomierz. Miał Pan rację, nakład «Deltę» jest rzeczywiście za mały. Radzimy zaprenumerować. Propozycje dotyczące Olimpiady Fizycznej przekazaliśmy Komitetowi Głównemu.

Z. KACZMAREK — Wieluń. Na efekty handlowe nie narzekamy. Format A4 uwarunkowany jest większymi możliwościami zamieszczania zdjęć. Nie traktujemy «Deltę» jako przedłużenia podręczników: rolę tę spełnia szereg czasopism specjalistycznych, np. «Matematyka».

J. KOŁODZIEJSKI — Warszawa. Stałe działy w piśmie tak szczupłym muszą być niestety nieliczne. Z tego też względu cykle tematyczne kontynuujemy z przerwami.

74-63

