delta

SPIS TREŚCI

W następnym numerze

Urojony sprzymierzeniec
Żywy komputer

„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. Jatczak
prof. dr Leon Jeśmanowicz — przewodniczący
prof. dr Z. Krygowska
prof. dr K. Leibler
mgr W. Łucznik
mgr A. Mąkowski
prof. dr A. Pełczyński
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.
doc. dr T. Hofmokl — z-ca red. nacz.
dr M. Kordos — red. nacz.
dr Z. Płochocki
opracowanie graficzne
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 ofsetowy III kl., 80g, 61×86
Wydrukowano w Drukarni im. Rewolucji Październikowej, Warszawa, ul. Mińska 65.
Nr zam. 1669/73 W-121

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 terenowo 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.

Sprzedaż numerów bieżących i uprzednich

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

w Księgarni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN
Sprzedaż gotówkowa i wysyłkowa, pojedyńczych 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

Delta z wizytą w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN

Urządzenia badawcze, z których korzysta się we współczesnej fizyce, stają się z każdym rokiem coraz większe, coraz bardziej złożone, a przede wszystkim coraz kosztowniejsze. Niezbędne nakłady na prowadzenie badań podstawowych w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych przekraczają możliwości budżetowe właściwie wszystkich państw świata (z wyjątkiem Stanów Zjednoczonych i Związku Radzieckiego), współpraca międzynarodowa staje się więc warunkiem koniecznym rozwoju naszej wiedzy. W latach pięćdziesiątych powstały w Europie dwie międzynarodowe organizacje zajmujące się badaniami w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych: Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych z siedzibą w Dubnej w okręgu moskiewskim (ZSRR) i Europejska Organizacja Badań Jądrowych zlokalizowana w pobliżu Genewy w Szwajcarii. Polska jest pełnoprawnym członkiem pierwszej i członkiem obserwatorem drugiej organizacji. Wydatki na prace badawcze pokrywane są ze stałych corocznych składek państw członkowskich organizacji.

Cern istnieje oficjalnie od 1954 r, jego laboratoria zlokalizowane są w Szwajcarii przy samej granicy francuskiej, w niewielkiej odległości od małego prowincjonalnego miasteczka Meyrin. Na zdjęciu lotniczym wykonanym z wysokości 4000 *m* naniesiono linią przerywaną zarys granicy państwowej pomiędzy Francją a Szwajcarią. Pros a, dobrze widoczna na zdjęciu droga łączy francuskie miasteczko St. Genis (u dołu zdjęcia), Meyrin i Genewę leżącą nad jeziorem, któremu dała nazwę. Po prawej stronie drogi, zaraz za granicą, już na terytorium szwajcarskim, leży obszar zajmowany początkowo przez laboratoria. Znajduje się tam ledwie widoczny na zdjęciu (bowiem wał ziemny porośnięty jest trawą) pierścień synchrocyklotronu o średnicy 200 *m*, przyśpieszającego protony do energii 28 *GeV*.

W roku 1965 teren laboratorium powiększono o część leżącą po stronie francuskiej, budując tam urządzenie do zderzania cząstek biegnących naprzeciwko siebie (dobrze widoczny na zdjęciu pierścień o średnicy 300 *m*). W roku 1971 rozpoczęto budowę wielkiego podziemnego akceleratora o średnicy 2200 *m*, którego położenie oznacza na zdjęciu przerywany okrąg. Urządzenie to będzie przyśpieszało protony do energii około 500 *GeV*. W oddali, już znowu po stronie francuskiej (granica z drugiej strony nie jest zaznaczona), bieleją ośnieżone Alpy z najwyższym szczytem Mont Blanc (4810 *m* n.p.m) pośrodku.

PHOTO SWISSAIR

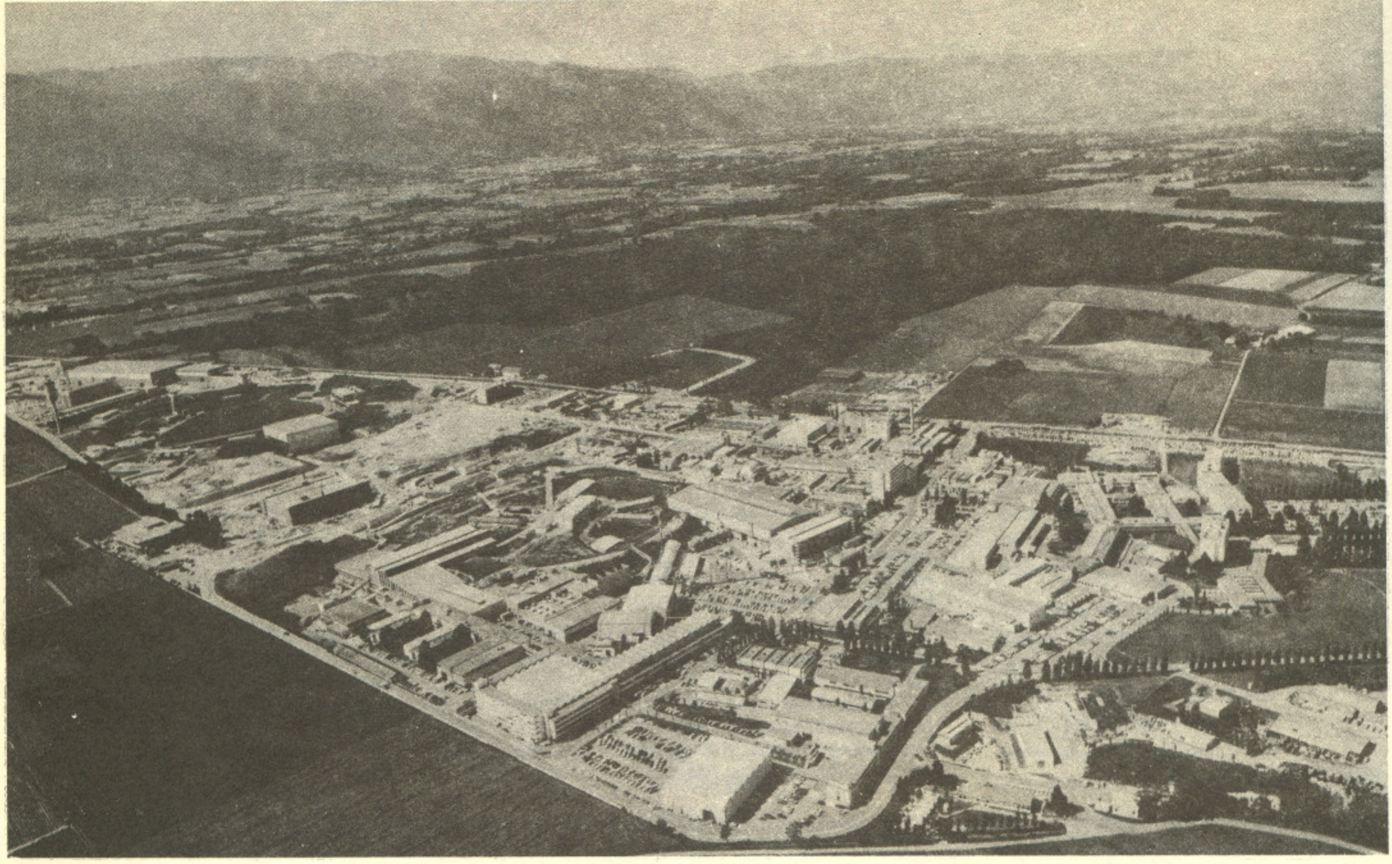


PHOTO CERN

Przyjrzyjmy się z bliska terytorium Cernu. Na następnym zdjęciu widać dwa pierścienie. Ten na pierwszym planie to akcelerator protonowy. Przyśpieszone cząstki kierowane są następnie do dwóch nałożonych i przecinających się ze sobą pierścieni, które je magazynują i umożliwiają jednocześnie czołowe zderzenia w miejscach przecięcia. Oba pierścienie magazynujące znajdują się w jednym tunelu widocznym na drugim planie. Cząstki w tych pierścieniach krążą w przeciwnych kierunkach. Widoczne na zdjęciach lotniczych pierścienie są tunelami, w których ustawiono elektromagnesy. Pole magnetyczne utrzymuie krążące protony dokładnie wewnątrz próżniowej rury w kształcie gigantycznego okręgu.

Protony o dużej energii kieruje się na nieruchomą tarczę, albo przesyła do pierścieni magazynujących i obserwuje ich zderzenia w locie. Zderzenie czołowe dwóch protonów o energii 27 *GeV* każdy, jest równoważne zderzeniu protonu o energii około 1500 *GeV* z protonem nieruchomym. Urządzenie wiązek przeciwbieżnych umożliwia badanie procesów zachodzacych przy nadzwyczaj wysokich energiach.

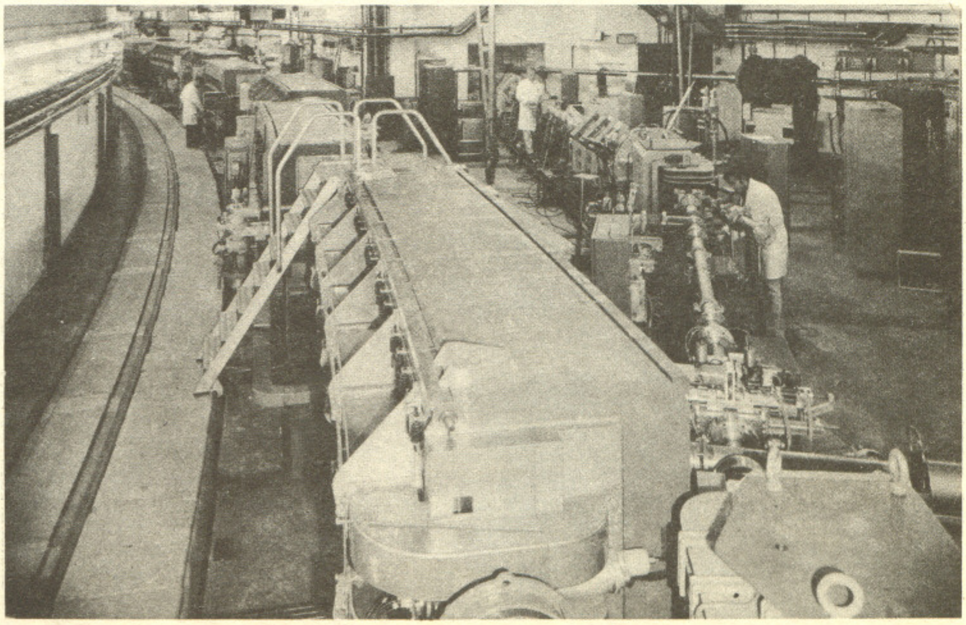


PHOTO CERN

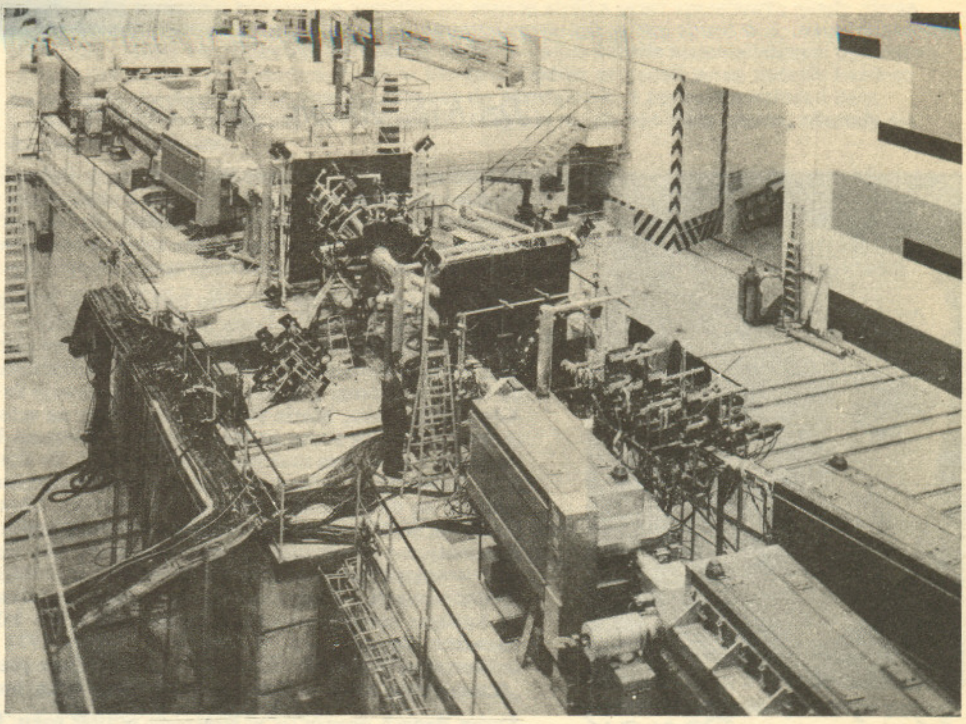


PHOTO CERN

Na dwóch następnych zdjęciach pokazano fragment pierścienia synchrocyklotronu oraz obszar przecięcia się wiązek przeciwbieżnych.
Wytworzenie, nadanie odpowiedniej energii wiązkom cząstek oraz wywołanie odpowiedniego zderzenia jest tylko pierwszą częścią eksperymentu. Pozostaje równie trudne, chociaż nieco mniej kosztowne, zarejestrowanie przebiegu oddziaływania, identyfikacja wtórnie powstałych cząstek oraz część najważniejsza eksperymentu — interpretacja wyników.

Kolejne zdjęcie pokazuje budowę wielkiego urządzenia detekcyjnego opartego o system komór iskrowych, tak zwanego detektora Omega. Sam magnes tego urządzenia waży 1400 *ton* a jego cewki utrzymane są w stanie nadprzewodnictwa w temperaturze 4,5 *K*, płynie przez nie prąd o natężeniu 5000 *A*. Obrazuje to skalę trudności technicznych, jakie trzeba pokonać przy planowaniu eksperymentów z cząstkami o dużych energiach.

W Cernie pracują fizycy prawie ze wszystkich stron świata. Przyjeżdżają tu na krótszy lub dłuższy pobyt. Nie brak tu również fizyków polskich — przyjeżdżają na rok lub dłużej dla wykonania pełnego eksperymentu, częściej jednak korzystają z zebranego materiału doświadczalnego (naświetlone emulsje jądrowe, zdjęcia z komór śladowych, taśmy magnetyczne z rezultatami pomiarów), który analizują w Polsce. Analiza taka jest przeważnie dziełem dużego zespołu ludzi, niejednokrotnie kilku zespołów z różnych krajów. W Polsce Kraków i Warszawa posiadają laboratoria fizyczne przystosowane do analizy materiałów otrzymywanych z Cernu, w tych też laboratoriach prowadzi się prace mające na celu poznanie struktury materii przy wykorzystaniu najwyższych energii wytworzonych przez człowieka.

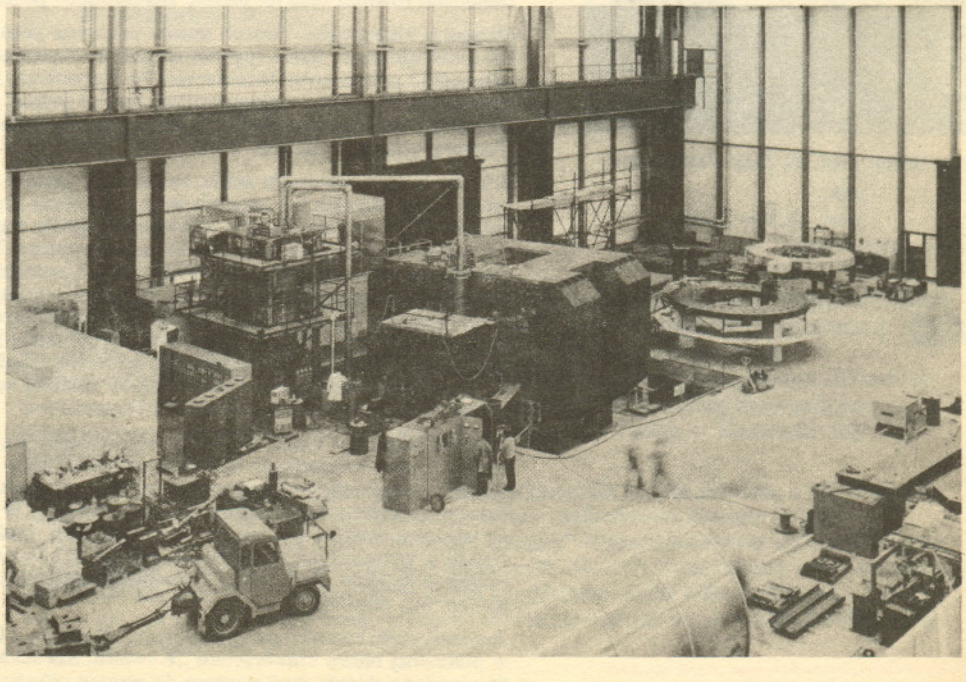


PHOTO CERN

Dr hab. Antoni WIWEGER

Stefan Banach

Archiwum PAN

Od lewej: prof. dr Stanisław Mazur,
gęś,
prof. dr Per Enflö

Foto — Danuta Rago

W 1972 roku przedstawiciele Akademii Nauk Bułgarii, Czechosłowacji, NRD, Polski, Rumunii, Węgier i ZSRR podpisali porozumienie o utworzeniu w Warszawie Międzynarodowego Centrum Matematycznego imienia Stefana Banacha. Nieprzypadkowo nowa międzynarodowa instytucja matematyczna, stawiająca sobie za cel podwyższanie kwalifikacji kadr naukowych i rozwijanie współpracy naukowej, nosi imię polskiego uczonego i ma swoją siedzibę w Warszawie.

Stefan Banach uważany jest przez cały świat za jednego z największych matematyków naszego stulecia. Choć przeciętny Polak spotyka się czasem z jego nazwiskiem (na przykład nazwisko Banacha umieszczone jest na warszawskich tramwajach mających końcowy przystanek przy ulicy Stefana Banacha), to jednak mało kto zdaje sobie sprawę, jak wielki był wkład Banacha do nauki światowej. „Naród polski podarowawszy światu takich ludzi, jak Fryderyk Chopin, Adam Mickiewicz, Maria Skłodowska, którzy na zawsze weszli do historii kultury ogólnoludzkiej, słusznie chlubi się swym godnym synem — Stefanem Banachem, którego imię będzie trwale związane z rozwojem matematyki wieku XX". Te słowa znakomitego uczonego radzieckiego S. Ł. Sobolewa są jednym z wielu przykładów ogromnego uznania, z jakim uczeni całego świata odnoszą się do osiągnięć polskiego matematyka. Chociaż od śmierci Stefana Banacha minęło już 28 lat, jego dorobek jest wciąż aktualny. W całym świecie ustawicznie publikowane są prace matematyczne nawiązujące do jego koncepcji. Aby się o tym przekonać, wystarczy np. wziąć do ręki dowolny zeszyt miesięcznika „Mathematical Reviews", wydawanego w Stanach Zjednoczonych i zamieszczającego recenzje publikacji matematycznych z całego świata. W każdym zeszycie napotkać można kilka lub kilkanaście prac które już w tytule zawierają nazwisko Banacha (np. w zeszycie 3 z roku 1973 znajdujemy prace zatytułowane „Przykład uniwersalnej przestrzeni Banacha", „Pewna klasa płaskich modułów Banacha i jej zastosowania", „Rzeczywiste algebry Banacha", i jeszcze kilka innych z nazwiskiem Banacha w tytule).

Stefan Banach urodził się w Krakowie w 1892 roku. Miał bardzo ciężkie dzieciństwo i od piętnastego roku życia musiał utrzymywać się z korepetycji. Był właściwie samoukiem i nie ukończył żadnych studiów. Przez krótki czas uczęszczał na wykłady matematyki na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie; jego studia na Politechnice Lwowskiej przerwał wybuch pierwszej wojny światowej w 1914 roku. Przełomową chwilą w życiu Stefana Banacha był pewien letni wieczór 1916 roku. Wtedy właśnie młody doktor matematyki, Hugo Steinhaus, przechadzając się po krakowskich Plantach, usłyszał, że dwóch młodzieńców dyskutuje na tematy matematyczne. Jednym z rozmówców był Stefan Banach. Znajomość Banacha ze Steinhausem zawarta w takich przypadkowych okolicznościach okazała się brzemienna w skutki. Profesor Hugo Steinhaus, zmarły przed dwoma laty wybitny matematyk polski, często potem lubił powtarzać, że za swoje największe odkrycie matematyczne uważa „odkrycie" Stefana Banacha.

Wkrótce Banach rozpoczął błyskotliwą karierę naukową. W ciągu kilku lat opublikował szereg prac tworzących podstawy nowej gałęzi matematyki, tzw. analizy funkcjonalnej; dokonał również ważnych odkryć w innych dziedzinach matematyki. Bez ukończenia studiów uzyskał doktorat, a mając 30 lat habilitował się i został profesorem Uniwersytetu we Lwowie. Wokół Banacha i Steinhausa zgromadziło się grono wybitnych matematyków, którzy utworzyli tzw. „lwowską szkołę matematyczną", będącą w latach międzywojennych czołowym ośrodkiem analizy funkcjonalnej na świecie. W roku 1929 Banach i Steinhaus rozpoczęli wydawanie czasopisma „Studia Mathematica", ukazującego się do dziś, poświęconego publikowaniu nowych prac, przede wszystkim z analizy funkcjonalnej. W roku 1932 ukazała się książka Banacha „Théorie des opérations linéaires", jedno z najważniejszych dzieł matematycznych XX wieku. Banach znajdował również czas na pisanie znakomitych podręczników szkolnych.

Okupacja hitlerowska. Banach musiał pracować jako karmiciel wszy w instytucie bakteriologicznym. Kilka tygodni spędził w więzieniu. Nie przestał pracować — zdołał i tam udowodnić pewne nowe twierdzenie. Po wyzwoleniu Lwowa przez Armię Radziecką podjął znowu swe obowiązki uniwersyteckie, był już jednak wtedy śmiertelnie chory na raka płuc i umarł 31 sierpnia 1945 roku, na krótko przed zaplanowanym objęciem katedry na Uniwersytecie w Krakowie.

Większość ludzi wyobraża sobie, że genialny uczony musi być skupionym ascetą, lubiącym ciszę i samotność. Banach był zupełnie inny. Ci, którzy go znali, wspominają że był towarzyski, pełen humoru, lubił przesiadywać w kawiarniach, gdzie chętnie wybierał stoliki bliskie orkiestry i w zgiełku rozwiązywał zagadnienia matematyczne. Profesor Steinhaus pisze: „Banach został profesorem zwyczajnym w roku 1927, ale ani przedtem, ani potem nie był profesorem w uroczystym znaczeniu tego słowa. Nie dbał o doskonałość formy werbalnej, wszelki polor humanistyczny był mu obcy i przez całe życie zachował pewne cechy krakowskiego andrusa w sposobie bycia i w mowie". Banach nie był fanatykiem. Zdawał sobie sprawę, że matematyka jest nauką trudną, nie dla wszystkich dostępną. Kiedyś powiedział do Steinhausa: „Wisz bracie, co ci powiem? Humanistyka jest w szkole średniej ważniejsza od matematyki — matematyka to jest za ostry instrument, to nie dla dzieci..."

Profesor Stanisław Ulam, który współpracował z Banachem, a później zasłynął w Ameryce ze swych prac w dziedzinie badań atomowych, pisze o Banachu: „Był wysoki, o włosach blond, oczach niebieskich, postawy raczej ciężkiej... W wyrazie jego twarzy odbijał się zazwyczaj dobry humor, połączony z pewną postawą sceptyczną... W dyskusjach matematycznych, w które dawał się wciągnąć bardzo chętnie, a nawet z zapałem, czuło się natychmiast potęgę jego umysłu. Czy to w gabinecie uniwersyteckim, czy też w kawiarni można było przesiadywać z Banachem całymi godzinami, dyskutując o problemie matematycznym. Popijał kawę i palił papierosy niemal bez przerwy".

Znaczna część rozmów matematycznych Banacha z jego współpracownikami toczyła się w położonej blisko uniwersytetu „Kawiarni Szkockiej". Płyty marmurowe pokrywające stoły kawiarniane służyły dyskutantom do pisania ołówkiem wzorów matematycznych. Było to

Rozwiązanie zadania **M5**

Niech liczby dodatnie x i y spełniają dany układ. Z (2) mamy

$$x = y^{(x+y)/3},$$

Z (1)

(3) $\quad y^{(x+y)^2/3} = y^{12},$

Jeżeli $y = 1$, to z (2) wynika, że $x^3 = 1$, czyli $x = 1$. Rzeczywiście para (1, 1) spełnia układ. Jeżeli $y \neq 1$, to z (3) mamy $(x+y)^2 = 36$ i ponieważ $x, y > 0$, więc

(4) $\quad x+y = 6,$

Z (2) mamy $y^2 = x$ i (4) przybiera postać $y^2+y-6 = 0$. Jedyną liczbą dodatnią spełniającą to równanie jest 2. Para (4, 2) spełnia dany układ. Tak więc układ ma dwa rozwiązania w liczbach dodatnich.

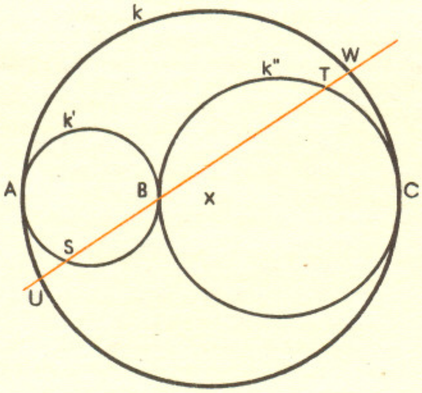
uciążliwe dla personelu kawiarni, a ponadto po zmyciu stolika przez sprzątaczkę ginęły nieraz ważne dowody matematyczne. Dlatego po pewnym czasie zakupiony został duży zeszyt o twardych okładkach; zeszyt ten, który stał się później głośny w całym świecie matematycznym pod nazwą „Księgi Szkockiej", był przechowywany w kawiarni i kelner przynosił go na żądanie każdego matematyka. W zeszycie zapisywano problemy do rozwiązania, z podaniem autora i daty, a czasem i z obietnicą nagrody za rozwiązanie. Nagrodą mogła być mała czarna, zdarzały się też nagrody cenniejsze.

Na przykład w roku 1936 bliski współpracownik Banacha, profesor Stanisław Mazur wpisał do „Księgi Szkockiej" problem dotyczący pozytywnego lub negatywnego rozwiązania zagadnienia bazy w przestrzeniach Banacha, obiecując jako nagrodę żywą gęś. Przez 36 lat wielu najwybitniejszych matematyków świata bez powodzenia usiłowało rozwiązać ten problem, aż dopiero w roku 1972 młody matematyk szwedzki Per Enflö znalazł rozwiązanie (negatywne) i podczas pobytu w Warszawie otrzymał z rąk profesora Mazura gęś.
Czytelnik, dowiadując się o wielkich zasługach Banacha dla matematyki jest zapewne ciekawy, na czym te zasługi polegają i co to w ogóle jest analiza funkcjonalna. Powrócimy do tych zagadnień w osobnym artykule.

Zadania

Redaguje mgr Andrzej MĄKOWSKI

M 4. Środki okręgów K, K_1, K_2 leżą na jednej prostej. Okręgi K_1 i K_2 są styczne zewnętrznie, K jest natomiast styczny wewnętrznie do K_1 i K_2. Przez punkt styczności okręgów K_1 i K_2 poprowadzono cięciwę okręgu K. Udowodnić, że odcinki tej cięciwy, leżące na zewnątrz K_1 i K_2 są równe.
Rozwiązanie na str. 9



M 5. Znaleźć wszystkie rozwiązania w liczbach dodatnich x, y układu równań

(1) $x^{x+y} = y^{12}$

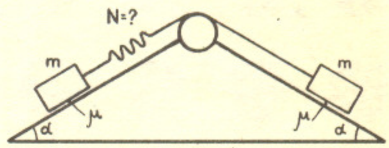
(2) $y^{x+y} = x^3$

Rozwiązanie na str. 4

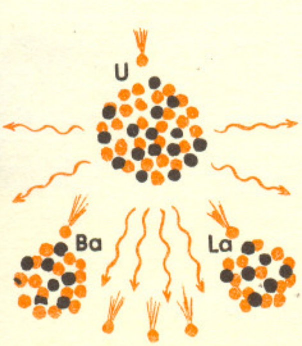
M 6. Każdą z dowolnie obranych stu kolejnych liczb naturalnych podniesiono do ósmej potęgi. Jakie będą dwie ostatnie cyfry sumy tych potęg?
Rozwiązanie na str. 17

Redaguje dr Jędrzej JĘDRZEJEWSKI

F 2. Na dwustronnej równi pochyłej, nachylonej pod kątem α do poziomu (rys. 1), umieszczono dwa identyczne klocki połączone elastyczną linką z dynamometrem, przedstawionym na rysunku w postaci sprężyny. Obliczyć siłę naciągu N wskazywaną przez dynamometr oraz siłę tarcia T, jeżeli masa każdego klocka wynosi m, a współczynnik tarcia klocka o równię μ.
Przyjąć, że masy klocków są znacznie większe od masy linki z dynamometrem, a siła tarcia linki o bloczek równa jest zeru.
Rozwiązanie na str. 14



Dlaczego Niemcy nie zdążyli wynaleźć bomby atomowej?



Major Rittner spojrzał machinalnie na kalendarz — był 6 sierpnia 1945 roku. Wojna w Europie była już przeszłością, ale Japończycy jeszcze nie złożyli broni. Dochodziła godzina szósta po południu, za chwilę radio BBC nada wiadomości. Major włączył odbiornik.
Pierwsza wiadomość była zaskakująca. Oto, jak mówił spiker, na japońskie miasto Hiroszimę zrzucona została bomba atomowa, której siła niszczycielska odpowiadała dwu tysiącom dziesięciotonowych bomb używanych przez RAF (Royal Air Forces — Królewskie Siły Powietrzne).

Major nie wiedział jeszcze, że była to już druga amerykańska bomba jądrowa, o przewrotnej nazwie Little Boy (Mały Chłopiec), pierwsza, próbna, eksplodowała bowiem 16 lipca na poligonie w Almagordo w USA. Ten „mały chłopiec" w ułamku sekundy uśmiercił 78 tysięcy ludzi i zrównał z ziemią fragment miasta o obszarze ok. 12 km^2. Przez tumany pyłu unoszące się nad Hiroszimą samoloty zwiadowcze nie mogły nic dostrzec jeszcze kilka godzin po wybuchu. Nikt z 300 tysięcy mieszkańców tego pięknego miasta nie wyszedł bez szwanku. Do dziś Little Boy zbiera jeszcze swe ofiary.

Major Rittner znalazł się w niezbyt zręcznej sytuacji.
Z ramienia wywiadu brytyjskiego sprawował pieczę nad dziesięcioma internowanymi w Farm Hall (koło Huntingdon w Anglii) niemieckimi fizykami jądrowymi, którzy jeszcze przed wybuchem drugiej wojny światowej rozpoczęli prace nad bombą jądrową. Z jednej więc strony przypadła mu rola zakomunikowania im o sukcesie aliantów, ale, z drugiej strony, był to sukces o dwuznacznej wymowie moralnej. Major nie wahał się jednak długo. Rozkazał wezwać do siebie niemieckiego chemika Otto Hahna, który w 1938 roku odkrył ze swymi współpracownikami rozszczepienie jądra atomowego uranu i przewidział reakcję łańcuchową rozszczepienia, z wydzieleniem olbrzymich ilości energii. Stary chemik był wstrząśnięty.

— Niech pan się napije, profesorze. I Rittner podał uczonemu kieliszek koniaku. — Wie pan — zdławionym głosem przemówił doń stary Niemiec — kiedy 6 lat temu odkryłem tę możliwość, miałem nadzieję, że nigdy do tego nie dojdzie.

Jednak doszło. Rychło musiał sam to powtórzyć swoim kolegom, z którymi prowadził przecież intensywne badania właśnie w tym kierunku. Początkowo nie chcieli wierzyć, że Amerykanie zbudowali bombę, której oni sami stworzyć nie zdołali. Werner Heisenberg twierdził wprost, że to bluff. Jednakże następny, szczegółowy już komunikat nadany o 9 wieczorem, oraz oficjalne oświadczenie rządowe nie pozostawiały żadnej wątpliwości: Amerykanie zrealizowali to, ku czemu oni sami zmierzali, niestety (dla reszty narodów — na szczęście), bez rezultatu.

Nauka niemiecka w czasie ostatniej wojny światowej była bowiem wcale nie tak daleka od wynalezienia bomby jądrowej. Korzenie historii tego wynalazku sięgają do roku 1934. Wtedy właśnie włoski fizyk Enrico Fermi wystąpił z hipotezą, że bombardując uran neutronami można się spodziewać wytworzenia w ten sposób sztucznych pierwiastków cięższych od uranu, które nazwał pierwiastkami transuranowymi. Pierwsze jego doświadczenia nie przyniosły spodziewanych sukcesów, ale w pośredni sposób wskazywały na wiarygodność tej hipotezy (odkryto szereg nowych izotopów najcięższych znanych wtedy pierwiastków). Problem zainteresował wielu uczonych w różnych krajach. Wtedy właśnie Liza Meitner, fizyk austriacki pochodzenia szwedzkiego, zdołała namówić profesora Otto Hahna, aby zajął się wraz z nią tym zagadnieniem. We trójkę, wraz z młodym asystentem Hahna, w jego laboratorium w Instytucie Chemii im. Cesarza Wilhelma w Dahlem pod Berlinem, Fritzem Strassmannem — rozpoczęli badania. Po czterech latach uzyskali nowe rezultaty. Niestety Liza Meitner musiała wtedy opuścić Niemcy, gdyż po zajęciu Austrii, paszport austriacki nie chronił jej już przed prześladowaniami rasowymi (jej miejsce zajął potem profesor Josef Mattauch).
Dwaj chemicy pozostali więc sami z wynikami, których w żaden sposób nie można było wyjaśnić za pomocą dotychczasowych koncepcji. Oto wśród izotopów w próbce uranu bombardowanej neutronami pojawił się jeden, który nie sposób było uznać za izotop jednego z najcięższych pierwiastków. Szczegółowe badania nie pozostawiały jednak żadnych wątpliwości. W próbkach uranu bombardowanych neutronami powstawał izotop baru, a więc pierwiastka mającego masę atomową około dwukrotnie mniejszą niż uran. 22 grudnia uczeni nie mieli już żadnych wątpliwości — pod wpływem neutronów jądra atomów uranu po prostu pękają, dzieląc się na dwa mniejsze. Jednym z produktów jest więc bar. Jaki jest drugi produkt? Pomiary wykazały trafność przewidywań. Tym drugim produktem był izotop lantanu, a więc pierwiastka mającego masę atomową także około dwukrotnie mniejszą niż uran.

Komunikat o odkryciu Hahna i Strassmanna ukazał się 6 stycznia 1939 roku. Jednak Hahn jeszcze przed świętami Bożego Narodzenia listownie zawiadomił Lizę Meitner o wynikach badań, prosząc ją jednocześnie, aby znalazła jakieś wyjaśnienie. Po otrzymaniu listu Hahna, Liza Meitner wraz ze swym bratankiem Ottonem Frischem, także fizykiem, z Instytutu Fizyki w Kopenhadze (kierowanym przez Nielsa Bohra), z którym spędzała święta w Sztokholmie — rozszyfrowała to zjawisko w dość prosty sposób. Jądro atomu uranu ma dość duży ładunek dodatni i wskutek odpychania między protonami jest niezbyt stabilne. Traktując je jako kroplę, łatwo można sobie wyobrazić, że wskutek pochłonięcia dodatkowego neutronu kropla taka traci swą stabilność i rozszczepia się na dwie, mniej więcej dwa razy mniejsze. Produkty mają ładunki dodatnie, więc silnie się odpychają. Oszacowania wykazały, że w jednym akcie rozszczepienia powinno wyzwolić się ok. 200 *MeV* (megaelektronowoltów) energii.

Wiadomości te bardzo szybko rozeszły się po świecie. Po świętach Otton Frisch opuścił ciotkę i wrócił do Kopenhagi. Tam spotkał się z Nielsem Bohrem, któremu zdał dokładną relację. Bohr wybierał się właśnie do USA na zjazd fizyków amerykańskich w Waszyngtonie. 26 stycznia 1939 roku o odkryciu Hahna i jego interpretacji dowiedzieli się fizycy za oceanem.
Pod koniec stycznia fizycy amerykańscy zdołali już sprawdzić podstawowe fakty. Jednocześnie sam Frisch potwierdził metodami fizycznymi to, co odkryli Hahn i Strassmann metodami chemicznymi (niezależnie od niego potwierdzenie takie ogłosili dwaj fizycy niemieccy S. Flügge i von Droste).

Rozwiązania — gry. Góry: Bankowcy pomyślą zapewne o Szlaku I — stworzyłby on możliwość uroczego biwaku na wysokości tylko 1300 *m*. Zadanie 1: Wystarczy zastąpić wypłatę wynoszącą *2* dowolnąwypłatą niedodatnią, wtedy para (A_2, B_1) daje każdemu dokładnie to, czego oczekiwał, i jest w równowadze. Zadanie 2: Mamy 24 różne macierze (6 zawierających jedynkę w lewym górnym rogu, itd.) ale opisują one tylko 6 różnych gier (na przykład: macierze $\begin{pmatrix}1 & 2\\ 3 & 4\end{pmatrix}$ i $\begin{pmatrix}2 & 1\\ 4 & 3\end{pmatrix}$ opisują tę samą grę, bo różnią się tylko kolejnością kolumn — numeracją strategii gracza *B*). Dwie spośród tych 6 gier nie mają rozwiązania.

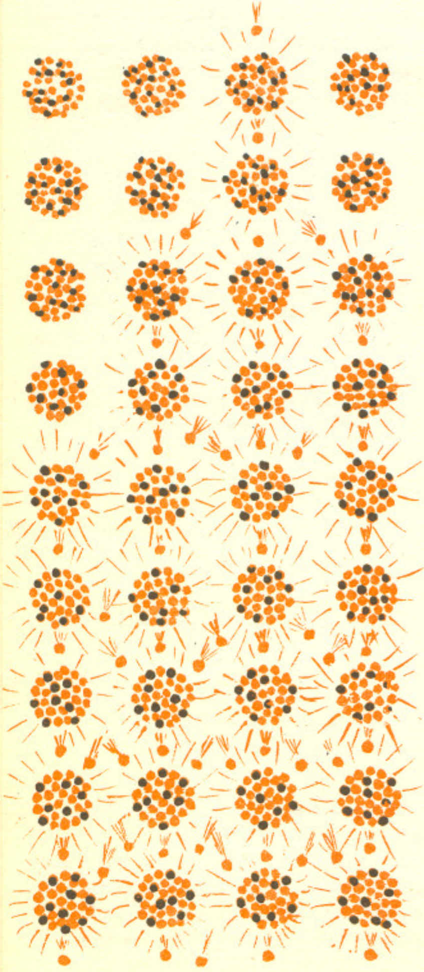
W poprzednim rozwiązaniu błędnie obliczono siłę tarcia T. Wartość $T = \mu F n$ jest maksymalną możliwą wartością siły tarcia. W przypadku nieruchomego ciała może ona być mniejsza, gdyż równoważy tylko wypadkową wszystkich innych sił działających na ciało. Aby obliczyć siłę tarcia klocka, należy rozpatrzyć dwa przypadki:

a) siła tarcia jest w stanie utrzymać klocek w równowadze na równi tzn. $F_t \leqslant T_{max}$, a więc po podstawieniu:

$mg\sin\alpha \leqslant \mu mg\cos\alpha$, a więc $\operatorname{tg}\alpha \leqslant \mu$.

Wówczas napięcie linki i wskazanie dynamometru równe jest zeru, $N = 0$, a z warunku równowagi (2) otrzymujemy

$T = mg\sin\alpha$;
b) siła tarcia nie jest w stanie utrzymać klocka w równowadze tzn. $\operatorname{tg}\alpha \geqslant \mu$.
W tym wypadku siła tarcia osiąga swą maksymalną możliwą wartość $T = \mu mg\cos\alpha$, a napięcie linki uzupełnia siłę tarcia tak, aby ciało pozostawało w równowadze.
Po podstawieniu T do warunku równowagi (2) otrzymujemy, podobnie jak w pierwszym rozwiązaniu, wartość siły wskazywanej przez dynamometr $N = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$.
Rozwiązanie jest błędne, patrz strona 11



Odkrycie Hahna i Strassmanna było sensacją naukową i niemal natychmiast dotarło do wszystkich ośrodków naukowych. Na tym jednak się nie skończyło. Bo oto analizując proces rozszczepienia uranu nie w kategoriach masy, lecz w kategoriach liczby masowej (tzn. liczby protonów i neutronów w jądrze), Hahn i Strassmann doszli 28 stycznia do wniosku, że w wyniku rozszczepienia każdego jądra atomu uranu powinny wyzwalać się dodatkowo swobodne neutrony. Te, biegnąc dalej przez próbkę, mogą wywoływać następne akty rozszczepienia i tak dalej. W ten sposób narodziła się idea łańcuchowej reakcji rozszczepienia. To był dopiero właściwy klucz do jądrowego sezamu. Wystarcza bowiem od tego momentu pilnie zważać na daty, aby dostrzec niemal błyskawiczne tempo dalszego rozwoju sytuacji.

22 kwietnia Fryderyk Joliot ze swymi współpracownikami (Halbanem i Kowarskim) potwierdzili hipotezę Hahna i Strassmanna dochodząc w wyniku pomiarów do wniosków, że w pojedynczym akcie rozszczepienia wyzwala się średnio 3,5 neutronu (obecnie przyjmuje się 2,5). Kilka dni później na konwersatorium fizyki na uniwersytecie w Getyndze, Wilhelm Hanle wygłosił referat o wykorzystaniu rozszczepienia uranu do wytwarzania energii w wielkich ilościach. Jego zwierzchnik, lojalny wobec władz niemieckich, profesor Georg Joos stwierdził, że takich wiadomości fizycy nie mogą zatrzymać dla siebie. I natychmiast wystosował list do ministerstwa oświaty Rzeszy. Ministerstwo poleciło od razu profesorowi Abrahamowi Esau, gorącemu zwolennikowi nazizmu, który kierował sekcją fizyki Rady Badań Naukowych Rzeszy, aby w możliwie najpilniejszym terminie zwołał tajną konferencję na ten temat.

Konferencja odbyła się już 29 kwietnia (tydzień po ogłoszeniu wyników badań francuskich). Postanowiono uczynić wszystko co można, aby zabezpieczyć cały niemiecki zapas uranu, zorganizować wszystkich fizyków jądrowych Niemiec w jeden zespół i natychmiast podjąć pracę nad palnikiem uranowym (tak wtedy nazwano reaktor jądrowy). Sam Esau zabrał się energicznie do dzieła. Wynikiem jego starań było całkowite embargo nałożone na eksport związków uranu z Niemiec, oraz pozytywnie zakończone próby dostaw uranu z terenów niedawno zajętej Czechosłowacji. Nie wiedział jednak, że inicjatywa wkrótce zostanie mu odebrana.

Oto bowiem dwa dni po ogłoszeniu wyników badań francuskich, podobny list jak Joos, wystosowali dwaj fizykochemicy — profesor Paul Harteck i jego asystent Wilhelm Groth, ale od razu do ministerstwa wojny Rzeszy. Na list nigdy nie dostali odpowiedzi, ale ministerstwo nie wrzuciło go do kosza. Powędrował on do Urzędu Uzbrojenia Armii, którym kierował profesor Erich Schumann. Ten skierował go do rzeczoznawcy Wehrmachtu w dziedzinie materiałów wybuchowych i fizyki jądrowej, doktora Kurta Diebnera. Diebner był fizykiem i wciąż domagał się od Schumanna zadań w dziedzinie fizyki jądrowej, zamiast z zakresu materiałów wybuchowych. I teraz dostał wreszcie takie zadanie, zabrał się więc od razu do pracy.

Sytuacja była dla Diebnera bardzo pomyślna. Szereg artykułów w prasie niemieckiej i zagranicznej, oraz wysiłki Esau z konkurencyjnego ministerstwa oświaty były znakomitym dopingiem dla ministerstwa wojny. Latem 1939 roku utworzono (w ramach Urzędu Uzbrojenia Armii) samodzielny referat badań jądrowych (z odpowiednim budżetem), na czele którego stanął Diebner, oraz zbudowano specjalne do takich badań laboratorium w Gottow.

A jak się do tych kwestii zabrali wtedy Alianci? No cóż, nie zabrali się wcale, mimo iż wywiad angielski dostarczył swemu rządowi konkretnych danych o poczynaniach rządu niemieckiego. Rząd amerykański w ogóle nie interesował się tą sprawą, rząd angielski zlekceważył znaczenie badań jądrowych. Na dowód warto przytoczyć argumentację Winstona Churchilla, który przekonany przez swych doradców naukowych, tak pisał do dowódcy lotnictwa brytyjskiego: „Reakcja łańcuchowa może mieć miejsce tylko wówczas, kiedy uran jest skupiony w wielkiej masie. Skoro tylko energia zacznie się wyzwalać, nastąpi łagodny (!) wybuch, który rozproszy uran, zanim dojdzie do jakichś rzeczywiście gwałtownych efektów".

Przed wojną tylko fizycy niemieccy zdołali zainteresować i przekonać władze na tyle, na ile to było konieczne, by mogli rozpocząć badania. Niemcy, przystępując do wojny, miały jako jedyne państwo na świecie specjalny urząd wojskowy mający się zająć wykorzystaniem energii jądrowej do celów militarnych (był to referat Diebnera w Urzędzie Uzbrojenia Armii); także tylko w Niemczech powstał zalążek programu rządowego do wykorzystania energii jądrowej (był to program Esau w ramach ministerstwa oświaty Rzeszy). W dziedzinie organizacji badań jądrowych znacznie więc wówczas wyprzedzali aliantów, choć w ich strukturze organizacyjnej już wtedy można się było dopatrzeć pierwszej rysy — braku współdziałania między obydwoma zainteresowanymi sprawą ministerstwami.

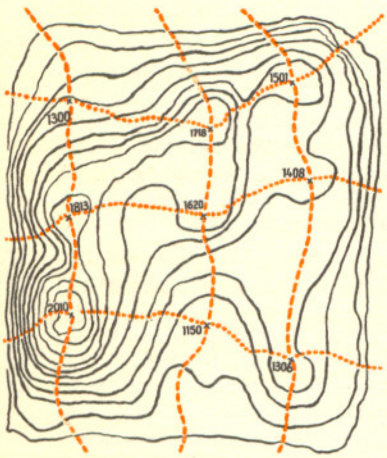
Z.P. (cd. w następnym numerze)

(opracowano na podst. książki D. Irvinga „The virus house").

Sztuka wygrywania

dr Tadeusz B. IWIŃSKI

Gry: „kółko i krzyżyk" (zwana wdzięcznie szubienicą) i składanie zeznań w śledztwie, brydż i działania wojenne, warcaby i podejmowanie decyzji gospodarczych. W każdej z tych sytuacji występują dwie co najmniej strony, których interesy niekoniecznie są zbieżne. Zawsze obowiązują mniej lub bardziej sprecyzowane reguły działania każdej ze stron, zawsze strony mają pewną swobodę dodatkowego wyboru własnych zasad postępowania i każda z nich może dokonać takiego wyboru niezależnie od drugiej.



$$\begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \mathrm{I} & \mathrm{II} & \mathrm{III} \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1300 & 1718 & 1408 \\ 1813 & 1620 & 1501 \\ 2010 & 1150 & 1306 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \\ \end{array}\begin{array}{c} \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 0 & 1 \\ 2 & -4 \end{pmatrix} \\ \begin{array}{cc} 2 & 3 \end{array} \end{array}\begin{array}{c} -1 \\ 0 \\ -4 \\ \\ \end{array}$$

Takie dodatkowe zasady nazywa się strategiami. Bywają strategie mądre i głupie, racjonalne i nieracjonalne. W grze „kółko i krzyżyk" strategia drugiego gracza polegająca na stawianiu swego krzyżyka zawsze obok kółka pierwszego gracza jest głupia, bo niechybnie prowadzi do przegranej — o ile pierwszy gracz zastosuje mądrą (jaką?) strategię. Ale: ta sama strategia jest jednak mądra, jeśli celem drugiego gracza jest sprawienie pierwszemu przyjemności — radości z wygranej.

Problem: „Co jest racjonalne?" nie zawsze jest łatwy do rozstrzygnięcia. Czasem jednak interesy stron są dokładnie przeciwstawne, gra jest ściśle antagonistyczna. W takich sytuacjach niewątpliwie racjonalne jest to, co pozwala możliwie dużo wygrać lub stracić możliwie najmniej.

Znani z zamiłowań do rajdów Bankowcy i podzielający te zainteresowania Drzewiarze wybierają się w Góry. W Górach są trzy Szlaki N-S i trzy Trasy E-W. Dyrektor Gór zezwolił Bankowcom wybrać jeden ze Szlaków, natomiast Drzewiarzom chętnie przydzieli jedną z Tras — pod warunkiem jednak, że obie grupy zorganizują wspólny biwak na przecięciu wybranych dróg. Zarysowuje się atoli konflikt interesów: Bankowcy chcą nocować możliwie nisko, Drzewiarze — jak najwyżej (wysokości npm. wszystkich możliwych biwaków podane są obok).

Drzewiarze są z natury umiarkowanymi pesymistami, nie liczą ani na szczęśliwy traf, ani na ustępstwa ze strony Bankowców.
Wybór Trasy 1 może doprowadzić do nocowania na wysokości 1300 *m* (o ile Bankowcy wybiorą Szlak I), lub wyżej. Wybór Trasy 2 wiąże się z noclegiem na wysokości co najmniej 1501 *m* natomiast przy wyborze Trasy 3 może się nawet przydarzyć nocleg na wysokości tylko 1150 *m*. Wybór Trasy 2 jest więc najmniejszym złem.

Bankowcy są również pogodzeni z życiem. Wybierają więc Szlak III, bowiem zapewnia on im nocleg na wysokości 1501 *m*, a wybór każdego innego wiąże się z ryzykiem nocowania znacznie wyżej.

Wybrane przez obie strony strategie poruszania się po Górach nazywają się minimaksowymi: minimalizują maksymalną krzywdę, jaka mogłaby ich spotkać przy wyborze poszczególnych dróg. Para wybranych przez Drzewiarzy i Bankowców strategii minimaksowych okazała się rozwiązaniem: zapewnia ona każdej ze stron uzyskanie dokładnie tego, na co liczyła (noclegu na wysokości 1501 *m*).
Zauważmy przy tym, że żadnej ze stron nie opłaca się odstąpić od swojej strategii — jeśli druga strona będzie się trzymała swojej strategii, to pierwsza może na tym jedynie stracić. O parach strategii posiadających tę własność mówi się, że są w równowadze.

Gdyby ukształtowanie terenu było nieco inne, wysokość skrzyżowania Trasy 1 ze Szlakiem III wynosiłaby 1600 *m* (a pozostałe byłyby takie same), to minimaksową strategią Drzewiarzy byłaby Trasa 2, a Bankowców — Szlak III, tak jak poprzednio. Jednakże teraz Bankowcy liczą się z możliwością noclegu na wysokości 1600 *m*, a Drzewiarze o tym wiedzą. Wstępuje w nich duch sportowy i wybierają Trasę 1. Bankowcy też wiedzą, że Drzewiarze wiedzą (co zrobią?). Drzewiarze z kolei też... I tak dalej.

Mała modyfikacja — radykalna zmiana sytuacji: para strategii minimaksowych nie jest rozwiązaniem i strategie te nie są w równowadze. Pozostaje odwołać imprezę, przekopać góry, albo...

Ale o tym kiedy indziej. Teraz rozważmy jeszcze jeden przykład. W dwuosobowej grze „na pieniądze" gracz $\boldsymbol{A}$ ma do wyboru trzy strategie: A_1, A_2 i A_3, a gracz $\boldsymbol{B}$ — dwie strategie: B_1 i B_2 (mówi się, że jest to gra 3×2). Rezultaty finansowe zastosowania w grze każdej pary strategii — z punktu widzenia gracza $\boldsymbol{A}$ — podane są w tabelce obok (tabelka taka nazywa się macierzą wypłat). Obok każdego wiersza wypisane jest jego minimum: najmniejsza wygrana, na jaką może liczyć gracz $\boldsymbol{A}$ jeśli zastosuje w grze odpowiadającą temu wierszowi strategię. Poniżej każdej kolumny wypisane jest jej maksimum: największa możliwa przegrana gracza $\boldsymbol{B}$ przy zastosowaniu danej strategii. Dla gracza $\boldsymbol{A}$ najbezpieczniejsza jest, jak widać, strategia A_2 — gwarantuje mu ona, że nic nie przegra. Przy zastosowaniu strategii A_1 mógłby on „wygrać -1", a więc przegrać 1; przy zastosowaniu A_3 mógłby przegrać nawet 4. Strategia A_2 jest więc jego strategią minimaksową. Strategią minimaksową gracza $\boldsymbol{B}$ jest ta, która gwarantuje mu możliwie małą przegraną, a więc strategia B_1. Wybierając tę strategię ryzykuje on przegraną wynoszącą co najwyżej 2, podczas gdy strategia B_2 wiąże się z ryzykiem przegrania aż 3.

Czy para strategii minimaksowych (A_2, B_1) jest rozwiązaniem? Oczywiście nie jest: daje ona co prawda graczowi $\boldsymbol{A}$ to, na co liczył, ale graczowi $\boldsymbol{B}$ daje znacznie więcej, niż oczekiwał — zamiast przegranej 2 daje mu remis.

Równie łatwo stwierdzamy, że minimaksowe strategie (A_2, B_1) nie są w równowadze: gdyby $\boldsymbol{B}$ trzymał się B_2, to $\boldsymbol{A}$ opłacałoby się odstąpić od A_2 i grać A_3. Wytworzyła się więc sytuacja podobna jak w zmodyfikowanym problemie Gór. O ile jednak góry trudno jest przekopać, o tyle reguły gry można zmienić łatwo. Stąd zadanie:

Zadanie 1. Zmienić tak wypłatę odpowiadającą zastosowaniom pary strategii (A_3, B_1), by para (A_2, B_1) stanowiła rozwiązanie. Sprawdzić, czy rozwiązanie to jest parą strategii w równowadze.

Zadanie 2. Rozważmy wszystkie gry 2×2, w których poszczególnym parom strategii odpowiadają cztery różne wypłaty: 1, 2, 3 i 4. Ile jest macierzy takich gier? Zauważyć, że różne macierze mogą odpowiadać tej samej grze. Ile jest różnych gier? Ile spośród nich nie posiada rozwiązania?

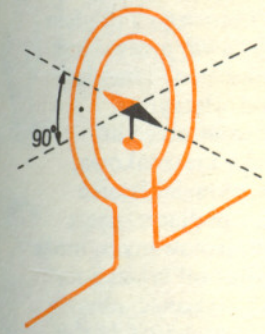
Rozwiązania zadań i odpowiedzi na pytania postawione w tekście — na str 6.

Zauważmy jeszcze, że w obu rozważanych w tekście przykładach strategie minimaksowe albo stanowiły rozwiązanie i przy tym były w równowadze, albo też nie były rozwiązaniem i jednocześnie nie były w równowadze. Powstaje więc następujący
Problem. Czy prawdziwe jest twierdzenie: „Para strategii minimaksowych jest rozwiązaniem wtedy i tylko wtedy, gdy strategie te są w równowadze?"

Problem ten nie jest bardzo skomplikowany, można próbować rozwiązać go samodzielnie. Można też poszukać rozwiązania w książkach o teorii gier lub poczekać na ukazanie się następnych numerów «Delty».

Laboratorium w domu

redaguje dr Jan GAJ



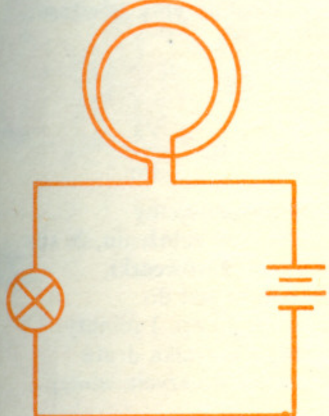
CO MOŻNA ZMIERZYĆ IGŁĄ MAGNETYCZNĄ?

Kierunek pola magnetycznego — odpowie każdy. A jego indukcję? Okazuje się, że indukcję pola magnetycznego też można nią zmierzyć i to wykorzystując jej wahania, które na ogół sprawiają kłopot przy używaniu igły np. do określania stron świata.

Eksperyment, który przeprowadzimy, będzie miał tym razem charakter ilościowego pomiaru fizycznego, a nie, jak w zeszłym miesiącu, jakościowej obserwacji zjawiska.

NA CZYM RZECZ POLEGA, czyli idea doświadczenia.

Wyznaczymy indukcję ziemskiego pola magnetycznego, a ściślej jej poziomą składową, przez pomiar częstości wahań igły magnetycznej. Niestety częstość ta zależy nie tylko od szukanej wartości indukcji, ale i od innych parametrów układu doświadczalnego, jak moment magnetyczny czy moment bezwładności igły. Dla ich odseparowania będziemy musieli nieco zmodyfikować pomiar.



NIECO TEORII, albo dlaczego igła się waha?

Igle magnetycznej, podobnie jak każdemu namagnesowanemu przedmiotowi możemy przypisać moment magnetyczny **M**. W polu magnetycznym o indukcji **B** na igłę działa więc moment siły $\mathbf{N} = \mathbf{M} \times \mathbf{B}$. Przechodząc do wartości liczbowych mamy:

$$N = -MB\sin\varphi,$$

gdzie φ jest kątem odchylenia. Minus przed prawą stroną oznacza, że moment siły działa w kierunku przeciwnym do wychylenia. Dla małych kątów $\sin\varphi \approx \varphi$, a wtedy:

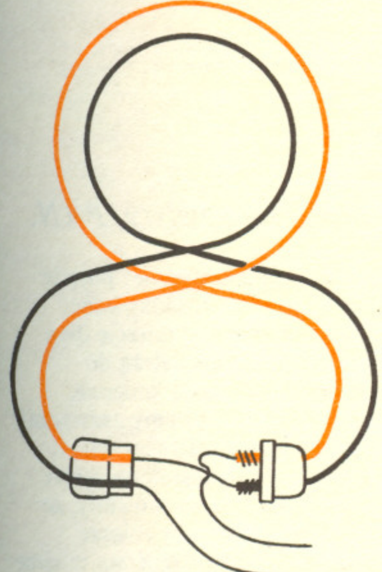
$$N \approx -MB\varphi. \tag{1}$$

Mamy więc moment siły proporcjonalny do wychylenia, własność, która charakteryzuje ruch harmoniczny. Jak wiemy przyśpieszenie w ruchu harmonicznym jest równe:

$$a = -4\pi^2\nu^2 x,$$

gdzie x jest wychyleniem, a ν częstością drgań. W ruchu obrotowym analogiczna zależność istnieje między przyśpieszeniem kątowym i kątem wychylenia φ:

$$\varepsilon = -4\pi^2\nu^2\varphi.$$



Z II zasady dynamiki dla ruchu obrotowego mamy:

$$N = I\varepsilon,$$

gdzie I jest momentem bezwładności. Wobec tego w ruchu harmonicznym:

$$N = I\varepsilon = -4\pi^2\nu^2 I\varphi,$$

Porównując ten wzór z (1) mamy:

$$4\pi^2\nu^2 I = BM. \tag{2}$$

Otrzymany wzór określa zależność między częstością wahań igły i szukaną indukcją B. Musimy jeszcze pozbyć się występujących tu nieznanych wielkości I i M. W tym celu wytworzymy pewne znane dodatkowe pole magnetyczne $\mathbf{B}_1$ (a jak — o tym za chwilę) i wykonamy dwa pomiary częstości wahań: ν_+ — kiedy zwrot dodatkowego pola $\mathbf{B}_1$ będzie zgodny ze zwrotem pola ziemskiego **B** oraz ν_- — kiedy zwroty te będą przeciwne. Na podstawie (2) będziemy mieli:

$$4\pi^2\nu_+^2 I = (B+B_1)M$$

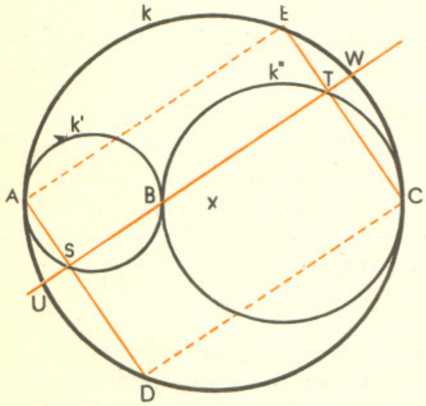
oraz (dla $B \geqslant B_1$):

$$4\pi^2\nu_-^2 I = (B-B_1)M.$$

Przez podzielenie stronami otrzymujemy:

$$\frac{\nu_+^2}{\nu_-^2} = \frac{B+B_1}{B-B_1}$$

Szkic rozwiązania zadania M4. Wykorzystujemy wielokrotnie fakt, że kąt wpisany oparty na średnicy jest prosty. Jest $AD \perp UW$, $EC \perp UW$, stąd $AD \| EC$; $AE \perp EC$, $AD \perp DC$. Czworokąt ADCE jest więc trapezem, którego dwa przeciwległe kąty (przy wierzchołkach D i E) są proste. Jest on wobec tego prostokątem, a cięciwa UW jest równoległa do jednej pary jego boków, a więc $US = TW$.



i po prostym przekształceniu:

$$B = \frac{\nu_+^2 + \nu_-^2}{\nu_+^2 - \nu_-^2} B_1. \tag{3}$$

JAK TO ZROBIĆ czyli przebieg doświadczenia

Dodatkowe pole $\mathbf{B}_1$ wytworzymy przy pomocy przewodnika kołowego z prądem (o n zwojach). Aby kierunki pól $\mathbf{B}$ i $\mathbf{B}_1$ były zgodne, należy ustawić przewodnik kołowy tak, aby jego płaszczyzna była prostopadła do kierunku swobodnej igły magnetycznej. Jako źródła prądu użyjemy bateryjki. W obwód włączymy także żaróweczkę dla ustalenia wartości natężenia prądu. Schemat obwodu przedstawia rysunek. Praktycznie wygodnie posłużyć się latarką kieszonkową, w której obwód włączymy szeregowo przewodnik kołowy. W okrągłej latarce najlepiej zrobić to odkręcając jej tylną zakrętkę (ze sprężyną) i podłączając się między obudowę a dno baterii. Kto nie dysponuje przewodem izolowanym, może zrobić przewodnik kołowy nawijając długi przedłużacz lub sznur od żelazka na jakąś okrągłą formę np. kosz od śmieci. Połączenie należy tak wykonać, aby wykorzystać oba przewody przedłużacza łącząc je szeregowo. Oczywiście liczbę zwojów będziemy wtedy liczyć podwójnie. Indukcję B_1(w T) obliczymy ze wzoru:

$$B_1 = \frac{\mu_0 n i}{2R},$$

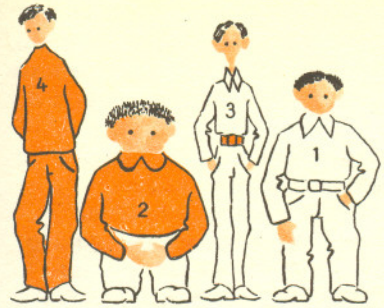
gdzie R jest promieniem przewodnika kołowego, a $\mu_0 = 1{,}25 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$ przenikalnością magnetyczną próżni. Natężenie i (jeśli nie dysponujemy amperomierzem) odczytamy po prostu z cokołu żaróweczki przy założeniu, że siła elektromotoryczna baterii zgadza się z napięciem nominalnym żaróweczki, wypisanym na niej, a opór przewodu i opór wewnętrzny baterii jest do pominięcia. Częstości ν_+ i ν_- mierzymy, licząc wahnięcia w ciągu np. 1 minuty. Kto nie ma igły magnetycznej czy kompasu, może ją zrobić z kawałka drutu i dużego zatrzasku, namagnesować magnesem i osadzić na igle do szycia wbitej tępym końcem w korek.
Napiszcie, jak Wam się udało.

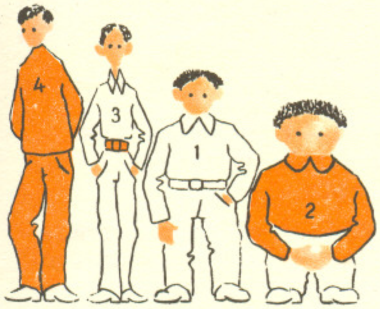
Na pytanie co to jest dobry porządek odpowiada

prof. dr Andrzej MOSTOWSKI członek rzeczywisty PAN.

Będziemy zakładali, że Czytelnik zna dwa ogólne pojęcia matematyczne: pojęcie zbioru i pojęcie funkcji. Aby objaśnić, czym są zbiory dobrze uporządkowane, zdefiniujemy najpierw pojęcie relacji dwuczłonowej. Nazywamy tak funkcję dwu zmiennych, przebiegających jakiś zbiór, przyczem wartości funkcji należą do zbioru dwuelementowego złożonego z 0 i 1. Zbiór, który przebiegają zmienne, nazywamy zbiorem określoności relacji. Do oznaczania relacji używamy zazwyczaj liter R, S, ... Jeśli A jest zbiorem określoności relacji R i x, y są elementami A, to zamiast $R(x, y) = 1$ piszemy zazwyczaj xRy i mówimy, że relacja R zachodzi między elementami x i y. Jeśli $R(x, y) = 0$, to piszemy x non$-Ry$ i mówimy, że relacja R nie zachodzi między x i y. Widzimy, że jeśli R jest relacją o zbiorze określoności A, to dla każdej pary uporządkowanej (x, y) elementów A ma miejsce albo xRy albo x non$-Ry$. Zbiór wszystkich par (x, y) elementów A rozpada się więc na dwie klasy: klasę par (x, y) takich, że relacja zachodzi między x i y, i klasę par (x, y) takich, że relacja R nie zachodzi między x i y.
Weźmy na przykład zbiór wszystkich prostych na jakiejś płaszczyźnie π i przyjmijmy $R(x, y) = 1$, jeśli proste x i y są do siebie prostopadłe, $R(x, y) = 0$ w przypadku przeciwnym. R jest więc relacją prostopadłości między prostymi leżącymi na płaszczyźnie. Zbiorem określoności relacji jest zbiór wszystkich prostych leżących na π. Inny przykład relacji o tym samym zbiorze określoności otrzymamy przyjmując $S(x, y) = 1$ gdy proste x i y są równoległe, $S(x, y) = 0$ w przypadku przeciwnym.

Często spotyka się relacje spełniające pewne warunki: relację R o zbiorze określoności A nazywamy zwrotną, jeśli xRx dla każdego x należącego do A; nazywamy ją antysymetryczną, jeśli warunek xRy wyklucza warunek yRx dla





dowolnych różnych między sobą elementów x, y należących do A; nazywamy ją przechodnią, jeśli warunki xRy i yRz pociągają za sobą xRz dla dowolnych x, y, z należących do A; wreszcie nazywamy ją spójną jeśli dla dowolnych, różnych x, y należących do A jest albo xRy albo yRx.
Czytelnik postąpi słusznie, jeśli przed dalszą lekturą przemyśli określenie (przy pomocy pojęcia funkcji) następujących relacji: (a) podzielności, (b) mniejszości, (c) niemniejszości, (d) różności, obierając za każdym razem zbiór wszystkich liczb naturalnych jako zbiór określoności relacji; ponadto dla każdej z tych relacji Czytelnik powinien rozstrzygnąć, które z określonych wyżej własności (zwrotność, antysymetria, przechodniość, spójność) relacja ta posiada.

Ogólna teoria relacji jest interesującym działem teorii mnogości. Tu jednak zajmiemy się jej fragmentem — teorią zbiorów uporządkowanych i dobrze uporządkowanych.

W matematyce, a także w jej zastosowaniach, mamy często do czynienia ze zbiorami, których elementy porównujemy ze sobą. Np. odcinki położone w przestrzeni możemy porównywać pod względem długości, liczby — pod względem wielkości, bryły geometryczne (wielościany) — pod względem objętości, ludzi — pod względem wzrostu itp. Oczywiście elementy jednego i tego samego zbioru możemy porównywać pod względem rozmaitych cech: np. zbiór dorosłych mieszkańców Polski możemy porównywać pod wzgędem wzrostu, pod względem wieku, ale także pod względem numerów ich dowodów osobistych.

Wszystkie te przykłady są szczególnymi przypadkami pojęcia specjalnego systemu relacyjnego: nazywamy tak parę utworzoną ze zbioru A i relacji, dla której A jest zbiorem określoności (mówimy o specjalnym systemie, gdyż logicy rozpatrują systemy ogólniejsze, w których występuje więcej niż jedna relacja, i to nie koniecznie dwuczłonowa). Np. A może być zbiorem dorosłych mieszkańców Polski, a R relacją „x jest wyższy od y"; otrzymujemy wtedy system relacyjny odpowiadający jednemu z przykładów podanych wyżej. W innym przykładzie zbiór A jest taki sam, ale R jest relacją „x jest młodszy od y", w trzecim znów zbiór A jest niezmieniony, a R jest relacją „numer dowodu osobistego „iksa" jest większy niż numer dowodu „igreka"".

Jeśli $\langle A, R\rangle$ jest specjalnym systemem relacyjnym, w którym R jest relacją zwrotną, antysymetryczną, przechodnią i spójną, to mówimy, że zbiór A jest uporządkowany przez R. Najprostszym przykładem jest system $\langle A, R\rangle$, w którym A jest zbiorem liczb rzeczywistych, a R — relacją $\leqslant$. Często zamiast R piszemy wtedy symbol $\leqslant_R$, aby podkreślić analogię pomiędzy relacją R, a uporządkowaniem zbioru liczb przez relację „mniejszy lub równy".

Jak widzimy, żaden zbiór A nie jest sam z siebie uporządkowany: musi być dopiero dana relacja o zbiorze określoności A, która porządkuje A, aby móc mówić o zbiorze uporządkowanym. Tym niemniej w tekstach matematycznych często używa się zwrotu „zbiór uporządkowany" gdy wybór relacji porządkującej R jest oczywisty z kontekstu.

Podamy kilka przykładów systemów $\langle A, R\rangle$, w których R jest relacją porządkującą A:
(i) A jest zbiorem liczb naturalnych, R — relacją $\leqslant$;
(ii) A jest zbiorem liczb naturalnych, R — relacją $\geqslant$;
(iii) A jest zbiorem liczb naturalnych, R — relacją taką, że xRy zachodzi wtedy i tylko wtedy, gdy x ma mniej czynników pierwszych niż y lub też x ma tyle samo czynników pierwszych, co y i $x \leqslant y$;
(iv) A jest zbiorem wszystkich liczb rzeczywistych nieujemnych, a R — relacją $\leqslant$;
(v) A jest zbiorem liczb zespolonych postaci $m+ni$, gdzie m i n są liczbami naturalnymi, R — relacją taką, że $(m+ni)\,R(p+qi)$ zachodzi wtedy i tylko wtedy, gdy $m < p$ lub też $m = p$ i $n \leqslant q$.

Zauważmy, że w przykładzie (iii) zachodzą np. wzory $2R3$, $3R4$, $4R5$, $25R6$, $111R6$, $125R30$; relacja R jest więc zupełnie różna od relacji $\leqslant$. Przykład (v) możemy zilustrować geometrycznie, utożsamiając liczbę $m+ni$ z punktem o współrzędnych (m, n). Relacja R zachodzi między liczbami $m+ni$ oraz $p+qi$ wtedy, gdy punkt (m, n) leży na lewo od punktu (p, q) lub też, gdy oba te punkty leżą na tej samej prostej pionowej, ale punkt (m, n) leży niżej niż (p, q) albo pokrywa się z (p, q).

Będziemy odtąd pisali $x \leqslant_R y$ zamiast xRy i czytali ten wzór „x poprzedza y" lub „x jest wcześniejsze od y", względnie „y następuje po x" albo „y jest późniejsze od x". Zwrotów tych używamy także, gdy x jest identyczne z y.

W drugim rozwiązaniu na str. 6 błędnie przyjęto, że w rachunkach uwzględniamy najpierw siłę tarcia T, równoważąc siłę zsuwającą z równi F_t; dopiero gdy maksymalna siła tarcia nie jest w stanie doprowadzić do równowagi, uzupełnia ją napięcie linki N.

W rzeczywistości nie ma żadnego powodu, by wyróżnić którąkolwiek z sił N i T. W sumie muszą one być takie, by spełniony był warunek równowagi (2). Ponadto siła tarcia musi być nie większa od swojej maksymalnej wartości:

4) $$|T| \leqslant \mu mg\cos\alpha.$$

Wartość bezwzględna w warunku (4) jest konieczna, gdyż siła tarcia może być skierowana zarówno do góry, jak na rys. 2, jak i do dołu. W tym ostatnim przypadku napięcie linki równoważy (równe jest sumie) przeciwnie skierowane siły: siłę tarcia T i siłę zsuwającą F_t.
Zwróćmy uwagę ponadto na kierunek siły N. Linka jest elastyczna, a więc w zadaniu siła napięcia sprężyny może działać na klocek tylko od góry; $N \geqslant O$. Możemy więc, na mocy warunku (2) i (4) zapisać warunki równowagi:

5) $$|T| \leqslant mg\mu\cos\alpha \wedge O \leqslant N \leqslant \leqslant mg(\mu\cos\alpha + \sin\alpha).$$

Warunek (5) określa tylko wartości maksymalne obu szukanych sił T i N. Ponadto muszą one spełniać warunek (2), który nie pozwala obliczyć wartości każdej z nich osobno.
W przypadku naszego zadania, można obliczyć siłę tarcia z warunku (2) tylko wtedy, gdy zadane jest z góry napięcie linki (nie przekraczające wartości wynikającej z warunku (5)), to znaczy gdy na przykład określimy siłę rozciągnięcia sprężyny w momencie stawiania klocków na równi.
Zwróćmy jeszcze uwagę na to, że siły N i T nie osiągają równocześnie swych skrajnych wartości podanych w warunkach (5). Aby taką zgodność uzyskać, rozpatrzmy ponownie dwa przypadki:
a) $\operatorname{tg}\alpha \leqslant \mu$; wówczas na mocy warunku (4) i równań (2) mamy

$$mg\sin\alpha \geqslant T \geqslant -\mu mg\cos\alpha \wedge O \leqslant N \leqslant \leqslant m\mu(\alpha\cos\alpha + \sin\alpha);$$

b) $\operatorname{tg}\alpha > \mu$; wówczas na mocy warunku (4) i równań (2) mamy

$$mg\mu\cos\alpha > T > -\mu mg\cos\alpha \wedge \wedge mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) < N < mg(\mu\cos\alpha + \sin\alpha),$$

Nierówności powyższe, będące pełnym rozwiązaniem zadania, zapisane są w tym przypadku w ten sposób, że graniczne wartości sił N i T odpowiadają sobie wzajemnie.

Niech R będzie relacją porządkującą A i niech X będzie podzbiorem A, różnym od A lub równym A. Element x zbioru X nazywamy pierwszym elementem tego zbioru, jeśli każdy element X jest późniejszy od x. Tak np. w przykładzie (i) każdy niepusty podzbiór A ma pierwszy element: jest to mianowicie najmniejsza liczba należąca do tego podzbioru. Podobnie jest w przykładzie (iii): aby otrzymać pierwszy element zbioru X, rozpatrujemy te liczby należące do X, które mają możliwie najmniejszą liczbę czynników pierwszych i wybieramy spośród nich liczbę najmniejszą. Również w przykładzie (v) każdy niepusty podzbiór zbioru A ma element pierwszy, jak to Czytelnik zechce sam sprawdzić. W przykładzie (iii) tylko skończone podzbioru X zbiory A mają elementy pierwsze. Liczba x jest bowiem elementem pierwszym zbioru X, gdy jest największą liczbą tego zbioru.

Możemy teraz podać określenie zbioru dobrze uporządkowanego. Mówimy, że zbiór A jest dobrze uporządkowany przez relację R, jeśli spełnione są dwa warunki:

(1) Relacja R porządkuje A;

(2) Każdy niepusty podzbiór A ma element pierwszy.

Korzystając z przedyskutowanych wyżej przykładów (i) — (v) Czytelnik może teraz podać przykłady zbiorów dobrze uporządkowanych, jak też przykłady zbiorów uporządkowanych, które nie są dobrze uporządkowane.

Samo podanie definicji nie stanowi jeszcze pełnej odpowiedzi na pytanie, czym są zbiory dobrze uporządkowane. Pełną odpowiedź uzyskujemy dopiero zapoznając się z rolą, jaką to pojęcie odgrywa w matematyce, jakie są jego własności, zastosowania i do jakich ogólniejszych problemów prowadzi jego dyskutowanie.

Pewne uwagi na ten temat przyniesie druga część artykułu, która znajdzie się w następnym numerze.

O podstawach holografii

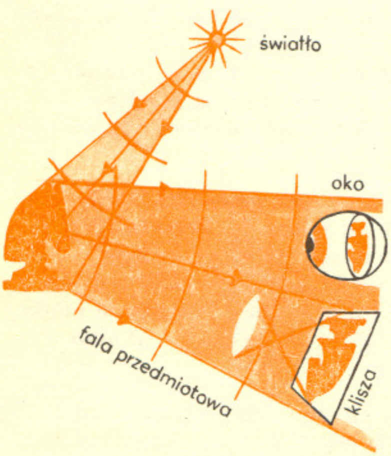
prof. dr Bohdan KARCZEWSKI

Słowo „holografia" nie powinno dziś być Czytelnikowi obce. Występuje ono bowiem bardzo często nie tylko na łamach poważnych czasopism naukowych, ale zdołało już trafić do piśmiennictwa popularno-naukowego, a nawet do prasy codziennej. Dlaczego termin niewątpliwie naukowy coraz bardziej się upowszechnia i dla coraz większego grona ludzi nabiera treści znaczących? Odpowiedź na to pytanie jest celem naszego artykułu.

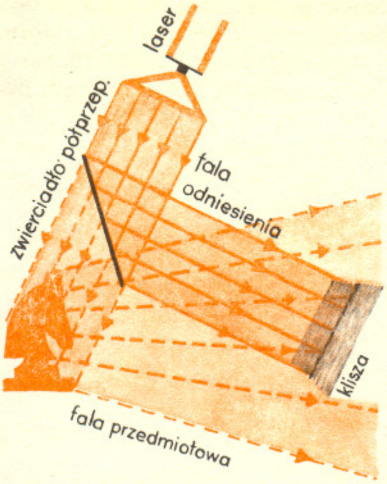
Wszystko zaczęło się w 1948 r., kiedy to Denis Gabor, fizyk angielski pochodzenia węgierskiego, zaproponował nową, dwuetapową metodę otrzymywania obrazów optycznych. Źródła teoretyczne pomysłu Gabora tkwiły we wcześniejszych pracach W. L. Bragga i polskiego fizyka M. Wolfkego. Metoda ta w sposób zasadniczy różniła się od klasycznej fotografii. Okazało się jednak bardzo szybko, iż idea Gabora była tak trudna w realizacji doświadczalnej, że nie wróżono jej przyszłości. Zasadniczy zwrot nastąpił w latach 1962–1964 dzięki badaniom fizyków amerykańskich. E. N. Leitha i J. Upatnieksa, oraz fizyka radzieckiego J. N. Denisiuka. Uczonym tym udało się nie tylko usunąć wszystkie niedomogi oryginalnego pomysłu Gabora, ale też pomysł ów niesłychanie wzbogacić i, co więcej, ukazać jego olbrzymie znaczenie praktyczne.

Od tego czasu datuje się bujny rozkwit badań nad dwuetapową metodą otrzymywania obrazów optycznych, zwaną inaczej metodą rekonstrukcji frontu falowego, lub krócej — holografią. Aby dobrze zrozumieć istotę holografii, tym bowiem gaborowskim określeniem będziemy się dalej posługiwali, zastanówmy się przez chwilę nad tym, jak widzimy różne przedmioty w naturze i co z tego możemy zarejestrować klasycznymi metodami na kliszy fotograficznej.

Każdy przedmiot możemy traktować jako składający się z wielkiej liczby punktów rozpraszających lub promieniujących światło. Fale pochodzące od tych punktów składają się w sumie na bardzo złożoną tzw. falę przedmiotową. Soczewki oczne przekształcają tę falę tak, że na siatkówkach oczu powstają mało różniące się obrazy (płaskie) przedmiotu, dzięki czemu mózg nasz odbiera przestrzenny jego obraz. Zmieniając punkt widzenia lub obracając przedmiot, możemy go oglądać z dowolnej strony (rys. 1).



Rys. 1

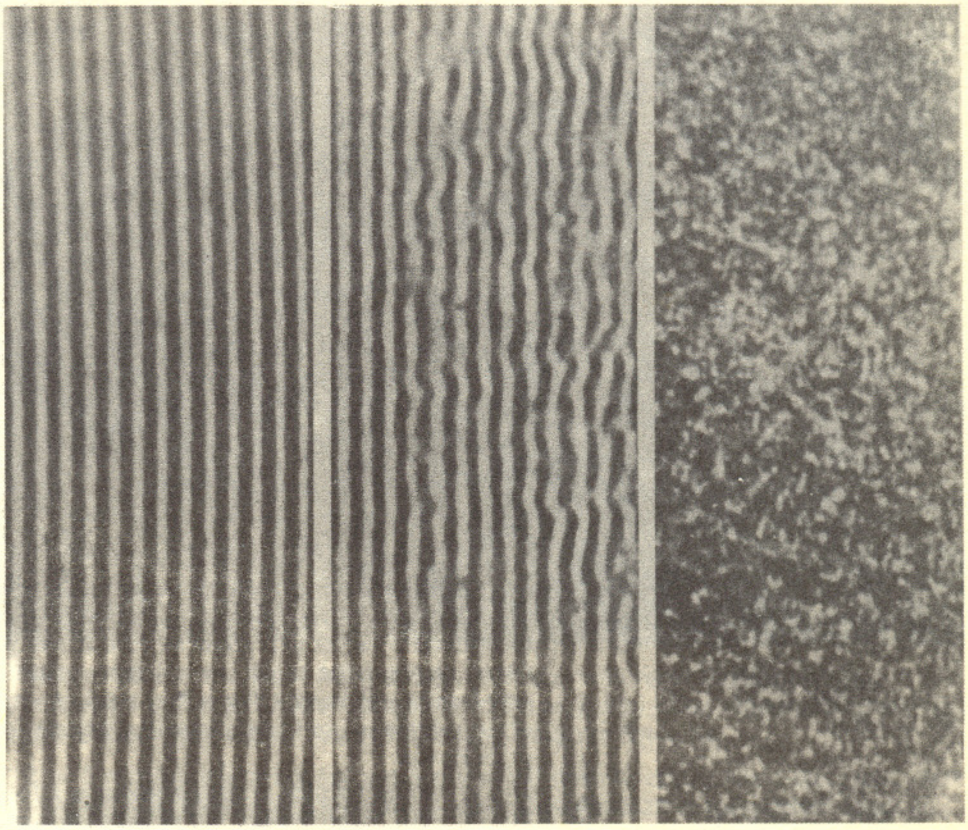


Rys. 2

Klasyczna fotografia ma znacznie uboższe możliwości. Obiektvw aparatu fotograficznego przekształca falę przedmiową tak, że tworzy ona obraz przedmiotu. Obraz ten rejestruje się na płaskiej kliszy (podlegającej dalszej wiadomej obróbce). Lapidarnie możemy powiedzieć, że zdjęcie fotograficzne to nic innego, jak **dwuwymiarowy** zapis rozkładu natężenia światła w obrazie przedmiotu. Kiedy patrzymy na zdjęcie, do naszych oczu dociera więc fala niosąca znacznie mniej informacji o przedmiocie (bo tylko o płaskim jego obrazie), niż fala biegnąca bezpośrednio od niego. I choć można wykonać dwa zdjęcia tego samego obiektu, które oglądane razem za pomocą specjalnego urządzenia (tzw. stereoskopu) sprawiają wrażenie bryłowatości tego, co jest na tych zdjęciach, nie rozszerza to bynajmniej w sposób istotny możliwości klasycznej fotografii. Bez względu bowiem na to, jak byśmy patrzyli na zdjęcia, zawsze będziemy na nich widzieli przedmiot z jednej tylko strony — z tej, z której został sfotografowany.

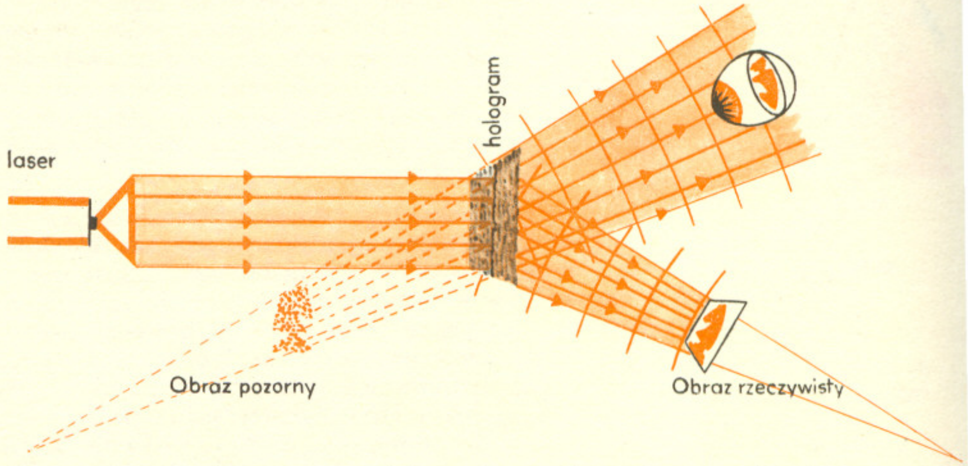
Czy wobec tego istnieje możliwość zarejestrowania fali przedmiotowej na kliszy tak, aby przy oglądaniu jej powstała fala będąca dokładną kopią (rekonstrukcją) pierwotnej fali przedmiotowej? Tak, istnieje, pod warunkiem wszak, że wykorzystamy odpowiednie zjawiska fizyczne pozwalające zarejestrować na kliszy wszystko to, co do rekonstrukcji pierwotnej fali przedmiotowej jest niezbędne (a więc nie tylko rozkład jej natężenia), i że będziemy umieli z tak zarejestrowanego obrazu falę tę odtworzyć. Metoda taka to właśnie holografia, a zjawiska, które wykorzystuje do pełnej rejestracji i rekonstrukcji fali przedmiotowej — to znane zjawiska interferencji i dyfrakcji światła.

Holografia jest procesem zasadniczo odmiennym od tradycyjnej fotografii. Proces holograficzny składa się z dwóch etapów.
Etap pierwszy polega na *zarejestrowaniu* na płaskiej kliszy obrazu interferencji fali przedmiowej *P* z tzw. falą odniesienia *O* (którą można uzyskać przez podział wiązki oświetlającej — rys. 2.). Kliszę, na której zajestrowany jest ten właśnie obraz nazywamy za Gaborem hologramem. Obraz interferencji fal *P* i *O* to układ jasnych i ciemnych prążków, w którym trudno dopatrzyć się jakiegokolwiek podobieństwa do przedmiotu (rys. 3.). Niemniej ten


Rys. 3

pozornie nieregularny układ rozmytych i jakby postrzępionych prążków zawiera wszystkie informacje o fali przedmiotowej. Trzeba go tylko „odczytać", co bynajmniej nie jest wcale już takie trudne.

Etap drugi to właśnie „odczytanie" hologramu, czyli — *rekonstrukcja fali przedmiotowej*. Na hologram, z racji jego prążkowej budowy, możemy patrzeć jak na wielki zbiór nałożonych na siebie siatek dyfrakcyjnych. Jeśli więc oświetlimy go falą taką samą jak poprzednio użyta fala odniesienia, to fala ta ulegnie na nim dyfrakcji. W wyniku intereferencji wiązek ugiętych na takiej globalnej siatce dyfrakcyjnej otrzymamy m.in. falę identyczną z pierwotną falą przedmiotową *P* (rys. 4, por. rys. rys. 1 i 2). Fala ta padając na siatkówkę oczu obserwatora



Rys. 4

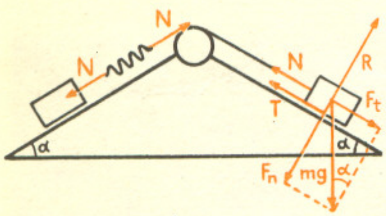
(po przekształceniu przez soczewki oczne) wywoła w nim wrażenie pełnego, trójwymiarowego oglądu przedmiotu. Widziany obraz jest obrazem trójwymiarowym, przestrzennym, do złudzenia przypominającym holografowany przedmiot. Tak to, posługując się dwuwymiarowym hologramem, otrzymujemy obraz trójwymiarowy. Proces holograficzny kończy się więc uzyskaniem pierwotnej fali przedmiotowej, a nie otrzymaniem dwuwymiarowego rozkładu natężenia w obrazie przedmiotu, jak w klasycznej fotografii.

Na uwagę zasługuje fakt, że ani przy rejestracji, ani przy rekonstrukcji fali przedmiotowej nie były potrzebne żadne soczewki dla wytwarzania jakichkolwiek obrazów (w technice holograficznej używa się wprawdzie soczewek, ale jedynie po to, aby wiązkom nadać odpowiednią szerokość i rozwartość). Z tego względu holografia nosi czasem nazwę bezsoczewkowej metody otrzymywania obrazów.
Zakładaliśmy dotychczas milcząco, że fala *P* i *O* są spójne (a więc — że stanowią niepoprzerywane ciągi falowe o dostatecznie dużej długości), a zatem są zdolne do interferencji. W przeciwnym razie, w wyniku nałożenia się tych fal, klisza uległaby mniej więcej równomiernemu zaczernieniu i hologram w zdefiniowanym wyżej sensie w ogóle by nie powstał. Dlatego właśnie w holografii najdogodniejszym źródłem światła (i do otrzymania hologramu, i do jego oglądania) jest laser (jak to zaznaczyliśmy na rysunkach), który od razu emituje światło o wysokim stopniu spójności.

Aby zrekonstruowana fala przedmiotowa była bogata, tzn. aby zawierała maksymalną ilość informacji o przedmiocie, sam przedmiot musi być jak najdokładniej, jak najwszechstronniej oświetlony (ściśle rzecz biorąc, każdy punkt przedmiotu powinien być oświetlony możliwie ze wszystkich stron), a ponadto na kliszę, na której rejestruje się pierwotną falę przedmiotową, powinny padać fale o dużym natężeniu od wszystkich punktów przedmiotu. Ten ostatni cel można osiągnąć przez wstawienie odpowiedniego rozpraszacza światła we właściwym miejscu (lub miejscach) wiązki przedmiotowej (pierwotnej). Wówczas fale rozproszone przez wszystkie punkty obiektu, interferując z falą odniesienia, spowodują, iż każdy, bardzo mały nawet, obszar hologramu będzie zawierał informacje o całym przedmiocie. Jeśli zatem potniemy hologram na niewielkie, nawet nieregularne części, to będziemy mogli znowu uzyskać obraz całego przedmiotu używając tylko jednej z takich części hologramu. Natomiast nie sposób orzec jedynie na podstawie kawałka zdjęcia fotograficznego, co to zdjęcie przedstawia.

Jest to istotna różnica między holografią a fotografią. Na tym jednak nie koniec. Jeśli rekonstrukcji fali przedmiotowej dokonujemy za pomocą całego hologramu, to wierność odtworzenia jest wprost zadziwiająca (choć, oczywiście, nie idealna, co w znacznej mierze zależy m.in. od jakości użytych materiałów fotograficznych). Obraz przedmiotu widać przez hologram jak „żywy" przedmiot, w trzech wymiarach. Zmieniając odpowiednio swe położenie, obserwator może

Rozwiązanie zadania F 2.
Na każdy z klocków działa siła ciężkości **mg**, siła tarcia **T**, siła naciągu linki **N** oraz siła reakcji równi **R**. Wygodnie jest rozłożyć siłę ciężkości na równoważne jej składowe: $\mathbf{F}_n$ — siłę dociskającą ciało do równi oraz $\mathbf{F}_t$ — siłę zsuwającą.



Siły $\mathbf{F}_n$ i **R** równoważą się, gdyż klocek może poruszać się tylko wzdłuż równi. Przejdźmy do wartości liczbowych.
W kierunku stycznym do równi działają więc tylko siły $F_t = mg \sin\alpha$, szukana siła N oraz siła tarcia równa z definicji $T = \mu F_n$. Po wyrażeniu siły nacisku F_n przez siłę ciężkości i kąt nachylenia równi otrzymujemy ostatecznie

$$T = \mu mg \cos\alpha. \tag{1}$$

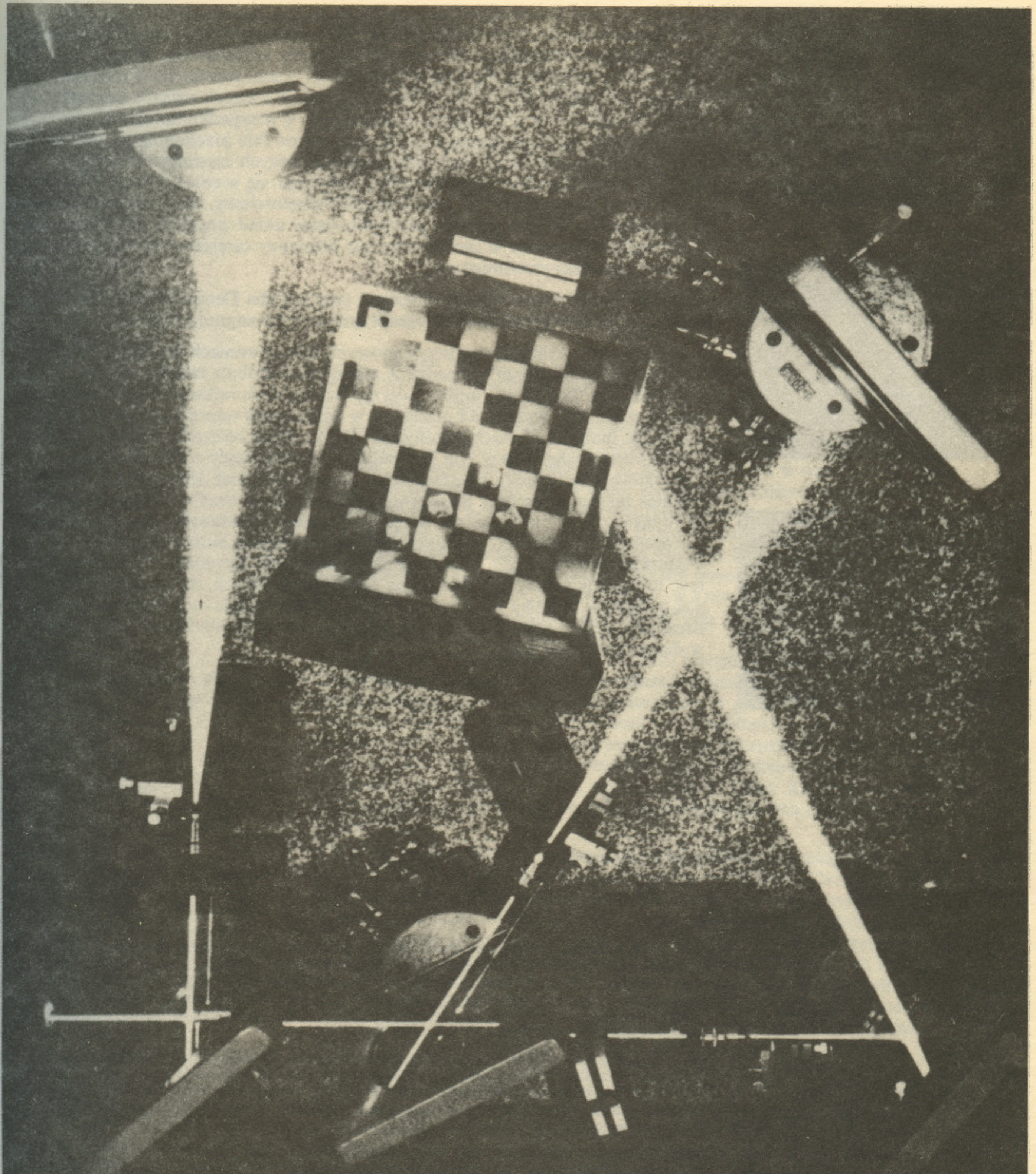
W celu obliczenia siły N rozpatrzmy warunki równowagi układu. Z symetrii wynika, że układ ciał pozostaje w równowadze niezależnie od wielkości działających sił N, F_t i T. Możemy jednak napisać warunek równowagi dla pojedyńczego ciała: suma sił działających równa jest zeru a więc

$$F_n = R,$$
$$N + T - mg\sin\alpha = 0. \tag{2}$$

Z równania (2), po podstawieniu wartości T z równania (1) otrzymujemy

$$N = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha). \tag{3}$$

Pozostaje więc tylko zastanowić się nad tym, co wskazuje dynamometr. Na sprężynę działają dwie jednakowe siły N (rys. 2). Linka działa na klocek z siłą N, a więc na mocy III zasady dynamiki taką samą siłą, lecz przeciwnie skierowaną działa klocek na linkę; jest to siła N skierowana w dół na rys. 2. Na górny koniec sprężyny działa do góry także siła N; jest to siła, z jaką klocek znajdujący się z prawej strony działa na linkę. W wyniku działania obu tych sił sprężyna nie porusza się (suma sił równa jest zeru), ale jest napięta siłą N. Tę właśnie siłę wskaże dynamometr.
Rozwiązanie jest błędne, patrz strona 6



Rys. 5

widzieć obiekt z coraz to innej strony. Zastosowanie rozpraszacza światła umożliwia wówczas zapis wielu hologramów na jednej kliszy. Można więc śmiało powiedzieć, że hologram jest równoważny tysiącom fotografii.

Rys. 5 przedstawia pełny holograficzny układ doświadczalny spełniający powyższe wymogi. Obiektem holografowanym jest szachownica ze znajdującymi się na niej figurami. Rys. 6 przedstawia obrazy uzyskane z jednego hologramu tej szachownicy oglądane przez obserwatora z trzech różnych kierunków. Obrazy te dobitnie ilustrują, co oznacza pełny ogląd przedmiotu.

Rys. 6

Do tej pory uwagę naszą koncentrowaliśmy na tzw. holografii jednobarwnej. Fala przedmiotowa, zarówno pierwotna, jak i rekonstruowana miały jednakową częstość drgań. Możliwa jest jednak też holografia wielobarwna. W tym przypadku posługujemy się trzema (lub więcej) falami świetlnymi o różnych częstościach drgań, czyli posługujemy się światłem o trzech różnych barwach. Proces holograficzny przebiega tu podobnie jak w przypadku holografii jednobarwnej. Różnica polega na tym, że zarówno fala przedmiotowa, jak fala odniesienia składają się z trzech składowych o różnych częstościach drgań. W tym przypadku obraz interferencyjny rejestruje się w emulsji fotograficznej o dostatecznej grubości (jest to tzw. hologram objętościowy, który stanowi nie płaski, jak poprzednio, ale przestrzenny skomplikowany układ prążków interferencyjnych). Taka technika pozwala w sposób znacznie pełniejszy zarejestrować wszystkie cechy pierwotnej wiązki przedmiotowej.

Czytelnik zapewne już dostrzegł piękno i prostotę idei Denisa Gaborá. Nic tedy dziwnego, że za wynalezienie holografii otrzymał on nagrodę Nobla.

Na zakończenie kilka słów o przykładowych zastosowaniach holografii. W chwili obecnej najwyższą rangę w dziedzinie zastosowań zdobyła interferometria holograficzna. Dzięki niej można mierzyć bardzo małe odkształcenia różnych ciał i na tej podstawie wyznaczać działające w tych ciałach naprężenia. Za pomocą holografii możemy również dokonywać analizy drgań różnych obiektów. Pomiary i obserwacje możemy przy tym prowadzić w sposób ciągły w czasie, co jest niemożliwe w przypadku interferometrii konwencjonalnej. Holografia znajduje również zastosowanie przy magazynowaniu informacji oraz w różnych układach identyfikacyjnych i kodujących. Bardzo obiecująco przedstawiają się perspektywy zastosowań holografii do produkcji układów scalonych, stosowanych we wszystkich nowoczesnych zakładach elektronicznych. Żywiołowo rozwija się tzw. holografia akustyczna, oparta na tych samych ideach, co omówiona przez nas holografia świetlna (a wykorzystująca zamiast światła — fale dźwiękowe). Szczególnie obiecująco zapowiadają się zastosowania holografii ultradźwiękowej w diagnostyce medycznej.

Być może w niedalekiej przyszłości holografii będziemy też zawdzięczać trójwymiarową kolorową telewizję i trójwymiarowe kolorowe kino.

Ciekawe i nie tylko

Otwierając niniejszą rubrykę na łamach naszego czasopisma, warto chyba pokusić się o jakieś podsumowanie dotychczasowej tematyki artykułów dotyczących fizyki, jakie ukazywały się w ostatnich miesiącach na łamach dostępnych w naszych kioskach i bibliotekach czasopism naukowych. Wszystkich tematów wymienić oczywiście nie sposób, ponieważ sam tylko spis poszczególnych dziedzin fizyki i astronomii zajął w numerze sierpniowym miesięcznika „Physics Today" około dziewięciu stron.

Na szczęście istnieje jednak możliwość podziału na tematy bardziej i mniej interesujące i zaanonsowania tylko tych pierwszych. Jak nietrudno się domyślić, będą to przeważnie tematy dotyczące zjawisk nowych, nierzadko zagadkowych i w związku z tym bardziej fascynujących. Do takich tematów można najprawdopodobniej zaliczyć syntezę termojądrową wywołaną przy użyciu laserów, „czarne dziury" i fale grawitacyjne.

Na temat możliwości wywołania syntezy termojądrowej poprzez zgęszczanie przy jednoczesnym ogrzewaniu kropelek deuteru i trytu przy pomocy impulsów światła laserowego piszą „Problemy" nr 5/73 i „Physics Today" nr 8/73. „Czarne dziury" — fascynujące obiekty kosmiczne, których istnienia jak na razie nie udało się jeszcze dowieść z całą pewnością, często goszczą na łamach czasopism popularno-naukowych. Piszą o nich m. in. „Problemy" nr 10/72 i „New Scientist" nr 847 i 858/73. Problem promieniowania grawitacyjnego i poszukiwanie jego fal przez Josepha Webera są ściśle związane z problemem „czarnych dziur", ponieważ teoria przewiduje, iż jednym ze źródeł fal grawitacyjnych powinny być właśnie zderzenia „czarnych dziur". Literatura na ten temat jest dosyć obszerna („Problemy" nr 8/72, 4/73 i 9/73, „Priroda" 5/73), niestety ostatnie doniesienia na ten temat wydają się świadczyć, że wskazania aparatury Webera nie dają jednoznacznej odpowiedzi na temat istnienia tych fal.

Jak wiadomo jednak, rzeczy ciekawych można się dowiedzieć nie tylko badając zjawiska czy obiekty, które żyją zaledwie w hipotezach uczonych. „Priroda" nr 4/73 przynosi bardzo ciekawy artykuł o znanych od tysiącleci piorunach kulistych, a „Scientific American" nr 1/73 poszerza nasze wiadomości o zwykłych płatkach śniegu. Utarło się mniemanie, że płatki te mają kształt gwiazdki sześcioramiennej, ułożonej jakby z gałązek świerkowych. Okazuje się, że zależnie od warunków powstawania, płatki śniegu mogą przybierać jeszcze m. in. kształty płytek lub sześciokątnych stoliczków na jednej nodze.

Tematem na pograniczu fizyki i dziedziny, która nazywana bywa inżynierią molekularną, są nadprzewodniki organiczne. Okazuje się mianowicie, że istnieje szansa na stworzenie wielkich sztucznych molekuł organicznych wykazujących własności nadprzewodzące w temperaturach zależnych od woli ich projektanta — jeszcze jeden dowód, że hipotezy naukowe coraz częściej łamią bariery fantazji.

Na zakończenie warto jeszcze chyba zasygnalizować dwa artykuły z zawsze interesującego cyklu „uczony od kuchni". O tym jak Galileusz odkrył prawo swobodnego spadku pisze „Scientific American" nr 5/73, natomiast w „Prirodzie" nr 1/73 o tym, jak został fizykiem, pisze sam Max Born.

K. A

Tam gdzie się przecinają równoległe

„Lecz wy się uczcie patrzeć, a nie gapić"

B. Brecht.

Każdy twórca (a więc, jak to się sztucznie rozgranicza, i naukowiec, i artysta), składa swoim odbiorcom (masowym lub nielicznym) sprawozdanie z tego, jak w jego mniemaniu wygląda świat. Na ogół zresztą nie mówi się o „całokształcie", a tylko o pewnym aspekcie, charakterystycznym dla uprawianej przez niego dziedziny. Stąd owe sprawozdania złożone przez fizyka, muzyka, biologa, plastyka czy matematyka są zupełnie różne i w treści i w formie. Podobnie zresztą różnią się od siebie efekty pracy różnych specjalistów w obrębie danej dyscypliny naukowej (powiedzmy optyk i atomista, czy algebraik i geometra), czy gałęzi sztuki (malarz i rzeźbiarz). Fałszywe byłoby jednak mniemanie, iż opinie o świecie, jakie tą drogą uzyskujemy, są od siebie niezależne. Każdy bowiem z twórców buduje swój obraz świata w oparciu o całość kultury, w której został wychowany. A więc zarówno korzystając z wiedzy jaką zdobył (np. w szkole), jak też i z doznań artystycznych, których doświadczył.
Jednym z dobitnych argumentów na rzecz powyższej tezy jest ewolucja pojęcia perspektywy w malarstwie. Pod terminem perspektywa rozumie się ogólne zasady przedstawiania przedmiotów na obrazach czy w grafice, zaczerpnięte z obszaru optyki, geometrii i psychologii. Udział poszczególnych z tych dziedzin w wytworzeniu takiej, a nie innej perspektywy był rozmaity. I tak perspektywa intencjonalna (np. większość rysunków egipskich) eksponowała elementy psychologiczne (ważne = duże, mniej ważne = małe). Racjonalna znów epoka Renesansu stworzyła i kultywowała perspektywę zbieżną opartą na optyce i geometrii.

Przykład (zresztą na ogół podawany) takiej perspektywy znajdzie Czytelnik na odwrocie tej strony. Jest to obraz malarza weneckiego Carlo Crivelliego (1430–1495). Oryginał znajduje się w National Gallery w Londynie. Zasada optyczna, na której oparł się twórca, to prostolinijny bieg światła. Geometrycznie korzystał z zasad rzutu środkowego, co w praktyce sprowadziło się do tego, iż wykreślił na obrazie linię poziomą — horyzont, na której zbiegają się proste w naturze równoległe (z wyjątkiem linii leżących w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny obrazu). Przykład ten jest w tym sensie krańcowy, że na obrazie mamy tylko linie leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny obrazu, bądź należące do jednego tylko (innego) kierunku, a więc zbiegające się w jednym tylko punkcie. Punktem tym jest łokieć patrzącego w niebo mężczyzny. Sam horyzont nie został narysowany, bowiem artyście był potrzebny tylko jeden jego punkt. Gdyby obraz zawierał jeszcze linie należące do innych kierunków, zbiegałyby się one w innych punktach horyzontu. Każdemu kierunkowi odpowiada (w takiej perspektywie) punkt horyzontu i odwrotnie. Istnieje obszerna gałąź geometrii zajmująca się opisanymi zależnościami. Jest to geometria rzutowa.

Perpektywa zbieżna „panowała" w malarstwie do XVIII wieku. Ustąpiła później innym koncepcjom (o których również napiszemy), gdyż nie uwzględniała elementu psychologicznego; otóż odpowiada ona temu, co można zobaczyć jednym rzutem oka. Krytycy podkreślali więc, że nie jest zgodna z praktyką obserwacji, którą prowadzimy przecież wielokrotnie (i pod różnym kątem), obserwując otoczenie. Niemniej do dnia dzisiejszego większość płaskich przedstawień obiektów trójwymiarowych jest zgodna z perspektywą zbieżną, bowiem fotografia to widzenie właśnie jednym rzutem oka.

M.

Rozwiązanie zadania M6

Zauważmy najpierw, że ostatnie dwie cyfry wspomnianej sumy nie zależą od tego, które sto kolejnych liczb wybraliśmy, bowiem ostatnie dwie cyfry liczby $(100m+n)^8$ są takie same, jak liczby n^8, co wynika z równości $(100m+n)^8 = (100m)^8+8(100m)^7 n+ \ldots + 8\cdot 100mn^7+n^8$. (ostatnimi dwiema cyframi każdego z ośmiu pierwszych składników są zera).
Możemy więc przyjąć, że szukamy ostatnich dwóch cyfr sumy

$$S = \sum_{k=0}^{99} k^8 = \sum_{y=0}^{9}\sum_{x=0}^{9} (10x+y)^8 =$$

$$= \sum_{y=0}^{9}\sum_{x=0}^{9} (10^8x^8+8\cdot 10^7x^7y+ \ldots$$

$$+28\cdot 10^2x^2y^6+8\cdot 10xy^7+y^8).$$

(Przypominamy, że

$$\sum_{i=0}^{n} a_i = a_0+a_1+ \ldots +a_{n-1}+a_n).$$

Pierwsze siedem składników z każdego nawiasu nie ma wpływu na ostatnie dwie cyfry liczby S. Musimy więc obliczyć ostatnie dwie cyfry liczby

$$\sum_{y=0}^{9}\sum_{x=0}^{9} (80xy^7+y^8) =$$

$$= \sum_{y=0}^{0}\Big(\sum_{x=0}^{9} 80xy^7+\sum_{x=0}^{9} y^8\Big) =$$

$$= \sum_{y=0}^{9}\Big(80y^7\sum_{x=0}^{9} x+\sum_{x=0}^{9} y^8\Big) =$$

$$= \sum_{y=0}^{9} (80y^7 45+10y^8) =$$

$$= \sum_{y=0}^{9} (3600y^7+10y^8) =$$

$$= 3600\sum_{y=0}^{9} y^7+10\sum_{y=0}^{9} y^8.$$

Ostatnią cyfrą liczby S jest więc 0, przedostatnia zaś jest równa ostatniej cyfrze sumy

$0^8+1^8+2^8+3^8+4^8+5^8+6^8+7^8+8^8+9^8$.

Poniższa tabelka podaje ostatnie cyfry kwadratów, czwartych oraz ósmych potęg liczb jednocyfrowych:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kwadraty	0	1	4	9	6	5	6	9	4	1
czwarte potęgi	0	1	6	1	6	5	6	1	6	1
ósme potęgi	0	1	6	1	6	5	6	1	6	1

Ostatnią cyfrą sumy ósmych potęg liczb od 0 do 9 jest więc 3, cyframi, o których mowa w zadaniu, są więc 3 i 0.