delta

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii zapraszają na cykl wykładów popularnonaukowych:

22 XI — Świadkowe narodzin Układu Słonecznego — *dr K. Ziółkowski*
26 XI — Kwarki we Wszechświecie — *dr M. Święcki*
29 XI — O obliczeniach z dokładnością ,,astronomiczną" — *doc. dr G. Sitarski*
3 XII — Fizyka wnętrza gwiazdy neutronowej — *dr hab. P. Haensel*
6 XII — Z czego tworzą się gwiazdy — *dr J. Juchniewicz*
10 XII — Granice Wszechświata — *prof. dr B. Paczyński*
13 XII — Wybuchy w Kosmosie — *mgr T. Chlebowski*
17 XII — Co widzieli Chińczycy w roku 1054 — *dr J. P. Lasota*
20 XII — Co widzi EINSTEIN- — *dr A. Sołtan*
3 I — Planetoidy ,,Apollo" — *mgr B. Juchniewicz*
7 I — System Jowisza widziany z bliska — *doc. dr W. Dziembowski*
10 I — Linie w widmach gwiazd — *mgr J. Madej*
14 I — Pola magnetyczne w Kosmosie — *dr M. Sroczyńska-Korzuchowska*
17 I — Bardzo gorąca materia — *mgr A. Zdziarski*

Wykłady poniedziałkowe odbywają się w Centrum Astronomicznym, Warszawa, ul. Bartycka 18 o godz. 17. W czwartki odczyty odbywają się w Obserwatorium Astronomicznym U.W., Warszawa, Al. Ujazdowskie 4 o godz. 17. Wstęp wolny.

SPIS TREŚCI

NUMERU 11 (71)

Rysunki techniczne:
Bogusław Kretkiewicz

W następnym numerze:
Szczególna teoria względności

,,Delta"
matematyczno-fizyczno-astronomiczny miesięcznik popularny Polskiego Towarzystwa Matematycznego, Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Polskiego Towarzystwa Astronomicznego wydawany przy poparciu Ministerstwa Oświaty i Wychowania

Adres Redakcji
ul. Hoża 69 pok. 151,
00-681 Warszawa

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo Wrocław, Oddział w Warszawie
Nakład 20 000 egz. Objętość 2 ark. wyd.; 2,50 ark. druk.; papier offsetowy III kl. 80 g. 61×86
Wydrukowano w Drukarni im. Rewolucji Październikowej Warszawa, ul. Mińska 65
Nr zam. 964/79 C-36

Wydano z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

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

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW ,,Prasa—Książka—Ruch" oraz urzędy pocztowe i doręczyciele — w terminach:
— do 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następny
— do dnia 10 miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty na pozostałe okresy roku bieżącego.
Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienie w miejscowych Oddziałach RSW ,,Prasa—Książka—Ruch".
Zakłady pracy i instytucje w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW, oraz prenumeratorzy indywidualni zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.
Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej, przyjmuje RSW ,,Prasa—Książka—Ruch", Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO nr 1531-71 w terminach podanych dla prenumeraty krajowej

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, numerów bieżących i archiwalnych; płatność gotówką, przelewem lub za zaliczeniem pocztowym.
Adres: ORPAN 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, Konto PKO I OM W-wa 1531-912

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

Orders for this periodical from abroad can be placed with ,,Ars Polona" Krakowskie Przedmieście 7 00-068 Warszawa, Poland or with
— Kubon & Sagner, Inhaber Otto Sagner, D8 Munchen 34, Postfach 68, Bundesrepublik Deutschland.
— Earlscourt Publications Ltd., 130 Shephard Bush Centre, London W 12, Great Britain,
— Licosa Commissionaria Sansoni, Via Lamarmora 45, 50 121 Firenze, Italia

Cena 1 egzemplarza zł 5— nr indeksu 35723/35550

Spójrzmy na dwa kwadraty, jeden nieco względem drugiego przesunięty. Czy to są te same kwadraty? Ścisła odpowiedź zapewne powinna brzmieć — nie. Spójrzmy dalej na dowolne dwa kwadraty. Znowu — skoro powiedziałem dwa, to zapewne są to obiekty różne. Ale przecież zarazem są one podobne jakoś — w pierwszym przypadku są przystające, w drugim mają ten sam kształt. Z uwagi na wymienione własności są one analogiczne. Boć analogiczność to zawsze analogiczność z uwagi na coś, albo, inaczej mówiąc, równoważność ze względu na coś.

Prawie takie same, czyli podobne

We współczesnej matematyce pojęcie relacji równoważności jest dobrze ugruntowane i znajduje swe zastosowanie w każdej jej dyscyplinie. Ściśle, relacją równoważności w klasie X nazywamy taką dwuargumentową relację $\approx$ w X, która jest zwrotna, czyli dla każdego x ze zbioru X zachodzi $x \approx x$, która jest symetryczna, czyli dla dowolnych x, y ze zbioru X $x \approx y$ pociąga $y \approx x$, oraz jest przechodnia, czyli $x \approx y$ i $y \approx z$ pociąga $x \approx z$. Przykładami nieraz już w Delcie omawianymi są kongruencje w zbiorze liczbowym. Przykładem takim jest również relacja izomorficzności. Jeśli $\approx$ jest równoważnością w X, to klasą abstrakcji $\approx$ (klasą abstrakcji elementu x z X) nazywamy zbiór

$$\{x' \in X\colon\ x \approx x'\} \overset{\text{ozn}}{=} x/\approx \quad (\text{lub } [x]_{\approx}).$$

Łatwo zobaczyć, że dowolne dwie klasy abstrakcji $\approx$ albo się pokrywają, albo są rozłączne. Na odwrót rozbicie klasy X na rodzinę zbiorów niepustych i rozłącznych $\{U_\xi\}_{\xi<\alpha}$ (takich, że $\bigcup_{\xi<\alpha} U_\xi = X$) wyznacza równoważność $\approx_0$ wzorem

$$x \approx_0 y \Rightarrow \text{istnieje } \xi < \alpha \text{ takie, że } x, y \in U_\xi.$$

Wówczas dla każdego x z X, gdy $x \in U_\xi$, to $[x]_{\approx_0} = U_\xi$. Można więc definiować równoważność przez wskazanie jakie obiekty są takie same ze względu na nią. Bo przecież w jednej klasie abstrakcji znajdują się obiekty takie same z punktu widzenia równoważności, a zatem same klasy można traktować jak abstrakty cech istotnych. Oczywiście — wprowadźmy rozbicie wszystkich krzywych na zawierające odcinek i nie zawierające żadnego odcinka. I cóż to za równoważność? Matematyczny model, opis, pozwala tworzyć abstrakcje, gdzie brak względu abstrakcji w potocznym sensie.

Zapewne łatwo zauważyć, że pewne klasyfikacje są dokładniejsze niż inne, inne znowu są niezależne. Przykłady dobrze znane to utożsamianie ze względu na adres zamieszkania, ze względu na województwo zamieszkania i ze względu na adres pracy. Dokładniejsza równoważność to taka, która daje drobniejszy podział na abstrakty, a więc

$$\approx_1 \text{ dokładniejsza niż } \approx_2 \Leftrightarrow \bigwedge_{x \in X} \quad [x]_{\approx_1} \subseteq [x]_{\approx_2}.$$

Nieco przeformułowując uzyskamy

$\approx_1$ dokładniejsza niż $\approx_2 \Leftrightarrow \bigwedge xy\ (x \approx_1 y \Rightarrow x \approx_2 y)$, czyli

„dokładniejszość” to relacja zawierania: $\approx_1 \subseteq \approx_2$.

Dla dowolnych dwóch równoważności $\approx_1$ i $\approx_2$ na tym samym zbiorze X istnieje taka równoważność $\approx$, że $\approx \subseteq \approx_1$ i $\approx \subseteq \approx_2$ oraz dla każdej $\simeq$ równoważności zawartej w $\approx_1$ oraz $\approx_2$ mamy $\simeq \subseteq \approx$. Mówimy że $\approx$ jest kresem dolnym $\{\approx_1, \approx_2\}$ ze względu na relację $\subseteq$ i oznaczamy $\approx = \approx_1 \wedge \approx_2$. A dowód tego faktu jest nietrudny, bo wystarczy sprawdzić, że teoriomnogościowy iloczyn $\approx_1 \cap \approx_2$ jest relacją równoważności w X. Nieco mniej oczywiste jest, że dla dowolnej takiej pary równoważności $\approx_1$ i $\approx_2$ istnieje kres górny: tak niedokładna równoważność $\approx$, że $\approx_1$ i $\approx_2$ są zawarte w $\approx$ oraz gdy tylko równoważność $\simeq$ zawiera w sobie $\approx_1$ i $\approx_2$, to $\approx \subseteq \simeq$. Można się odwołać do ogólnych twierdzeń, a można także skonstruować żądane $\approx$. Wystarczy zdefiniować $x \approx y \Leftrightarrow$ istnieje w X ciąg $x_0, \ldots, x_n$ taki, że $x_n = y$, $x_0 = x$, dla $i = 1, \ldots, n$ $x_{i-1} \approx_{k_i} x_i$, gdzie $k_i = 1$ lub 2, i sprawdzić, że zdefiniowana tak relacja jest równoważnością. Zresztą tu na ogół $\approx$ jest różna od $\approx_1 \cup \approx_2$, a oznaczamy $\approx = \approx_1 \vee \approx_2$.

W rodzinie równoważności na X istnieje też element najmniejszy, najdokładniejszy — to równość — i największy, „najogólniejszy” — to $X \times X$. W ten sposób przekonaliśmy się, że rodzina równoważności tworzy, jak się to mówi, kratę z zerem i jednością. Więcej nawet nieco, bo kratę dystrybutywną, tzn. taką, że dla dowolnych równoważnośc $\approx_1$, $\approx_2$ i $\approx_3$ zachodzi

$$(\approx_1 \vee \approx_2) \wedge \approx_3 = (\approx_1 \wedge \approx_3) \vee (\approx_1 \wedge \approx_2), \quad (\approx_1 \wedge \approx_2) \vee \approx_3 = (\approx_1 \vee \approx_3) \wedge (\approx_2 \vee \approx_3).$$

Tu dowód jest już nieco żmudniejszy, choć podane definicje powinny wystarczyć uważnemu czytelnikowi. Ten rodzaj krat jest istotnie ważny — każda krata dystrybutywna daje się włożyć w kratę równoważności pewnego zbioru.

Do równoważności można podejść inaczej. Każdemu elementowi x ze zbioru X przypisujemy stopień (rodzaj) ustalonej własności. Elementy są równoważne, jeśli przypisaliśmy im ten sam stopień cechy. Formalnie: dana jest funkcja f na zbiorze X o wartościach w zbiorze Y. Definiując $x(\ker(f))y \Rightarrow f(x) = f(y)$ określiliśmy równoważność. Z drugiej strony każda równoważność $\approx$ na X jest postaci $\ker(f)$ dla pewnego f. Wystarczy zdefiniować: $f(x) = [x]_{\approx}$. Z pewnika wyboru wynika, że można rozpatrywać tylko funkcje o wartościach w X. Zastosujmy jeszcze raz powyższy chwyt: ker jest funkcją, której argumentami są funkcje.

$$\langle f, g\rangle \in \ker(\ker) \Leftrightarrow \ker(f) = \ker(g),$$

czyli f i g są równoważne, jeśli wyznaczają tę samą równoważność. Dokładniej więc, z pewnika wyboru wynika, że dla każdej funkcji f określonej na X istnieje g o wartościach w X taka, że $\langle f, g\rangle \in \ker(\ker)$. Dowód: wystarczy z każdej klasy $[x]\ker(f)$ wybrać po jednym elemencie — $g(x)$.

Działania kratowe też można tu zinterpretować. Łatwo przeformułować warunek $\ker(f) \subseteq \ker(g)$ do postaci: $f(x) = f(y) \Rightarrow g(x) = g(y)$. Stąd można określić funkcję h ze zbioru $f(X)$ w $g(X)$ wzorem $h(z) = r \Rightarrow$ istnieje x w X takie, że $f(x) = z$ i $g(z) = r$ i okaże się, że $g = hf$. Na odwrót: gdy $g = hf$, to $\ker(f) \subseteq \ker(g)$. Sprawdzajmy dalej: szukamy takiego h, by $\langle x, y\rangle \in \ker(f) \wedge \ker(g) = \ker(f) \cap \ker(g) \Leftrightarrow (f(x) = f(y) \& g(x) = g(y)) \Leftrightarrow h(x) = h(y) \Leftrightarrow \langle x, y\rangle \in \ker(h)$.

Zdefiniujmy: $h(x) = \langle f(x), g(x)\rangle$ i oznaczmy $h = f \times g$.

Wtedy $\ker(f) \wedge \ker(g) = \ker(f \times g)$.

Nieco trudniej jest z sumą. Tu istnienie funkcji h takiej, że $\ker(f) \vee \ker(g) = \ker(h)$, wynika z ogólnych rozważań, a samej konstrukcji daleko do elegancji.

Dalszym przykładem równoważności jest „przystawanie modulo grupa”. Gdy G jest grupą przekształceń zbioru X, to definiujemy dla dowolnych $\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2 \subseteq X$:

$$\mathcal{F}_1 \equiv_G \mathcal{F}_2 \Leftrightarrow \text{istnieje } f \text{ w } G \text{ takie, że } \mathcal{F}_2 = f(\mathcal{F}_1).$$

$\equiv_G$ jest relacją równoważności.

Z konstrukcją taką spotykamy się szczególnie często w geometrii, wtedy G jest pewną podgrupą grupy podobieństw — grupy *Sim*. Łatwo okazać, że

$$\text{gdy } G_1, G_2 \subseteq \mathit{Sim}, \text{ to } \equiv_{G_1} = \equiv_{G_2} \Rightarrow G_1 = G_2.$$

Weźmy bowiem dowolny trójkąt $\langle a, b, c\rangle$ i klasę $[\{\langle a, b, c\rangle\}]_{\equiv G_1}$. Gdy $f(a, b, c) = (a', b', c')$, $f \in G_1$, to powinienem znaleźć w G_2 takie h, że $(a', b', c') = h(a, b, c)$. Ale wówczas $f = h$, czyli $f \in G_2$. Dalej okazuje się, że $\equiv_{G_1} \wedge \equiv_{G_2} = \equiv_{G_1 \cap G_2}$ i, ogólniej — krata przystawań modulo podgrupy grupy podobieństw jest izomorficzna z kratą podgrup grupy podobieństw.

Dr Krzysztof PRAŻMOWSKI

O świecie z punktów złożonym

Prof. dr Józef WERLE, członek rzeczywisty PAN

Jednym z najbardziej fundamentalnych zadań poznawczych fizyki jest odpowiedź na pytania dotyczące struktury materii: Z czego zbudowane są różne ciała materialne: gazy, ciecze, ciała stałe, planety, Słońce, gwiazdy? Czy oszałamiająca różnorodność otaczającego nas świata materialnego nie jest tylko wynikiem składania (mieszania) pewnej niewielkiej liczby podstawowych elementów branych w różnych proporcjach? Jeśli tak, to ile jest tych elementów i jakie są ich własności?

Pytania te postawili 25 wieków temu greccy filozofowie przyrody. Jednakże podane przez nich próby odpowiedzi były oparte na powierzchownych obserwacjach przyrody i miały charakter czysto racjonalnych, spekulatywnych rozważań nie poddanych żadnym bardziej wnikliwym testom eksperymentalnym. Fizyka nowożytna, której początek datuje się na przełom XVI i XVII w., przez pierwsze dwa wieki swego istnienia nie zajmowała się zagadnieniem elementarnych składników materii. Fizycy koncentrowali się w tym okresie na rozwijaniu ilościowej racjonalno-empirycznej metody naukowej (przejętej później przez całe przyrodoznawstwo) i na niezwykle owocnym stosowaniu tej nowej metody do badania makroskopowych zjawisk mechanicznych, termicznych, optycznych, elektrycznych i magnetycznych. Problemem elementów zajmowali się natomiast chemicy, ale również od strony czysto makroskopowej, starając się zdefiniować i wyodrębnić pewne podstawowe substancje zwane pierwiastkami chemicznymi.

Z drugiej strony niektórzy fizycy już w XVIII w., a nawet jeszcze w wieku XVII, wskazywali na możliwość wytłumaczenia niektórych zjawisk makroskopowych (np. optycznych, termicznych itd.) za pomocą pewnych mikroskopowych korpuskularnych modeli podobnych do atomistycznych modeli Demokryta z IV w. p.n.e. Były to jednak rozważania zupełnie nie związan z poszukiwaniami pierwiastków chemicznych. Zbliżenie tych dwóch kierunków poszukiwań nastąpiło dopiero na początku XIX w., wkrótce po odkryciu przez chemików podstawowych praw stechiometrii: prawa stosunków stałych, prawa stosunków wielokrotnych i prawa stosunków równoważnikowych. Dopóki traktowano pierwiastki i związki chemiczne w sposób czysto makroskopowy jako ciągłe jednorodne substancje, wymienione prawa stechiometrii były zupełnie niezrozumiałe i zaskakujące. W 1808 r. J. Dalton podał bardzo proste i poglądowe wyjaśnienie tych praw za pomocą hipotezy molekularno-atomowej. Hipoteza Daltona stanowiła wymagane przez fakty doświadczalne pogłębienie starego atomistycznego modelu mikroskopowej struktury materii Demokryta i tym samym przeniosła problem elementarnych składników materii z poziomu makroskopowego na poziom mikroskopowy. Według tej hipotezy wszystkie ,,normalne" ciała materialne mają strukturę nieciągłą i składają się z dyskretnych ziarenek materii o określonych masach zwanych molekułami. Molekuły chemicznie czystego ciała są jednakowe i są zbudowane w ściśle określony sposób z jeszcze bardziej elementarnych ziarenek zwanych atomami odpowiadających pierwiastkom chemicznym. Molekuły mogą zawierać więc tylko określoną liczbę naturalną 0, 1, 2, ... atomów każdego pierwiastka. Widać od razu, że ze stosunkowo niewielkiej liczby kilkudziesięciu pierwiastków można złożyć ogromną (właściwie nieskończoną) liczbę molekuł. Atomy miały być według Daltona niepodzielne i niezniszczalne, a wszelkie reakcje chemiczne miały polegać na ich łączeniu w molekuły, tudzież na przegrupowaniach atomów, podziałach molekuł itp.

Dalton założył jednak mylnie, że molekuły pierwiastków chemicznych są zawsze jednoatomowe, co spowodowało dużo zamieszania i opóźniło przyjęcie hipotezy Daltona przez ogół chemików o ponad 50 lat. Wprawdzie już w 1811 r. fizyk Avogadro wysunął przypuszczenie, że molekuły wielu gazowych pierwiastków (np. tlenu, azotu, chloru itd.) są dwuatomowe, ale chemicy jakoś zignorowali to proste rozwiązanie trudności.

Około połowy XIX w. hipoteza molekularno-atomowej struktury materii stała się jednym z głównych przedmiotów teoretycznych badań fizyków. Było to związane głównie ze sformułowaniem w tym okresie dwóch podstawowych zasad termodynamiki. Zasady te podają pewne bardzo ogólne związki między procesami mechanicznymi, termicznymi i chemicznymi zachodzącymi w dowolnych ciałach makroskopowych. Niestety termodynamika nie dawała możliwości obliczenia oraz głębszej interpretacji licznych wielkości występujących w jej równaniach, jak np. równania stanu, energii wewnętrznej, entropii, temperatury itd., podając tylko pewne związki między tymi wielkościami. Fizycy dojrzeli więc w mikroskopowych modelach możliwość pogłębienia i uzupełnienia makroskopowej termodynamiki. Pierwsza ilościowa teoria mikroskopowa zwana teorią kinetyczną gazów opierała się na bardzo prostych i poglądowych mechanistycznych założeniach modelowych. Przyjmowało się w niej, że chemicznie czysty gaz składa się z jednakowych molekuł o określonej masie, poruszających się bezładnym ruchem i mogących się zderzać elastycznie ze sobą oraz ze ściankami naczynia.

Rozwiązanie zadania M 210

Jeżeli punkty x i y leżą wewnątrz naszego wielokąta, to $d_i(x)-d_i(y)=\overrightarrow{yx}\cdot\alpha_i$, gdzie α_i jest wersorem prostopadłym do odcinka $\overline{A_iA_{i+1}}$ i skierowanym na zewnątrz wielokąta, a więc $\sum_{i=0}^{n-1} d_i(x)-\sum_{i=0}^{n-1} d_i(y)=$ $=\sum_{i=0}^{n-1}\overrightarrow{yx}\cdot\alpha_i=\overrightarrow{yx}\cdot\left(\sum_{i=0}^{n-1}\alpha_i\right)$. Ponieważ kierunek wektora $\overrightarrow{yx}$ może być dowolny, więc $\sum_{i=0}^{n-1} d_i(x)$ nie zależy od x wtedy i tylko wtedy, gdy $\sum_{i=0}^{n-1}\alpha_i=0$.

Wersory $\frac{\overrightarrow{A_iA_{i+1}}}{A_iA_{i+1}}$ są jednak prostopadłe do wersorów α_i. Wobec tego $\sum_{i=0}^{n-1}\alpha_i=0$ wtedy i tylko wtedy, gdy $\sum_{i=0}^{n-1}\frac{\overrightarrow{A_iA_{i+1}}}{A_iA_{i+1}}=0$, c.b.d.o.

W pierwszym przybliżeniu zakłada się, że molekuły są punktami materialnymi; w następnym zakłada się, że są one sztywnymi kulkami o ustalonym promieniu, które mogą się zderzać elastycznie. Następnie uwzględnia się centralne siły krótkiego zasięgu między kulkami. W bardziej pogłębionych modelach uwzględnia się częściowo strukturę atomową molekuł, wyrażającą się m.in. w odstępstwie od kulistej symetrii, występowaniu rotacji dokoła środka masy molekuły itd. Już te najprostsze modele gazu pozwalają na głębsze zrozumienie fizycznego sensu temperatury, ciśnienia, entropii, energii wewnętrznej itd., na wyprowadzenie i mikroskopową interpretację równań termodynamiki oraz na obliczenie różnych funkcji termodynamicznych, jak np. równania stanu, ciepła właściwego, entropii itd.

Badania roztworów elektrolitów, a później badania wyładowań w rozrzedzonych gazach doprowadziły w drugiej połowie XIX w. do odkrycia elektronu i ziarnistości ładunku elektrycznego, który poprzednio był uważany za ciągłą substancję. Okazało się, że ładunki elektryczne występujące w przyrodzie są zawsze całkowitymi wielokrotnościami pewnego elementarnego ładunku e, równego co do wielkości ładunkowi elektronu. Po sformułowaniu przez Maxwella w latach 70-ych makroskopowej, fenomenologicznej elektrodynamiki powstało zapotrzebowanie na jej mikroskopowe pogłębienie. Zapoczątkował ten proces Lorentz, formułując podstawy teorii elektronowej opartej na założeniu istnienia elektronów, które mogą być swobodne lub związane, zależnie od rodzaju ciała.

Odkrycie istnienia jonów i elektronów oznaczało, że — wbrew pierwotnym założeniom Daltona i innych badaczy — elektrycznie neutralne atomy nie są niepodzielne. Wydawało się jednak, że oddzielanie lub przyłączanie elektronów przez molekuły i atomy nie narusza chemicznej integralności tych ostatnich, wyrażonej przez prawo zachowania całkowitej liczby atomów każdego pierwiastka z osobna. Dopiero odkrycie naturalnej promieniotwórczości w końcu XIX w. dowiodło, że atomy nie są ani niepodzielne, ani niezniszczalne. Już w XX w. odkryto, że atomy pierwiastka o liczbie porządkowej Z składają się ze stosunkowo ciężkiego jądra o dodatnim ładunku $+Ze$ i o wymiarach 10^{-13}–10^{-12} cm oraz krążących wokół niego na odległościach rzędu 10^{-8} cm Z elektronów, z których każdy niesie ujemny ładunek elementarny $-e$. Teorią, opisującą bardzo dobrze wewnętrzną strukturę atomów, jonów i molekuł oraz ich wszystkie mechaniczne, elektryczne, magnetyczne, optyczne i chemiczne własności, jest powstała około 1925 r. mechanika kwantowa. W porównaniu z XIX-wiecznymi teoriami makroskopowymi został zmieniony bardzo poważnie aparat matematyczny, ale pozostały nie zmienione podstawowe koncepcje modelowe, traktujące atom czy molekułę jak układ mechaniczny złożony z określonej liczby punktów materialnych, między którymi występują tylko znane siły elektromagnetyczne.

W 1932 r. odkryto neutron jako drugą obok protonu cząstkę składową jąder atomowych. Okazało się, że jądra tego samego pierwiastka mają zawsze tę samą liczbę Z protonów, ale liczba neutronów może być różna (izotopy). Znajomość cząstek składowych jądra i ich podstawowych własności pozwoliła na przystąpienie do budowy teorii opisującej strukturę jądra i procesy zachodzące w reakcjach jądrowych. Podobnie jak w przypadku atomu traktuje się jądro jak mechaniczny układ złożony z $Z+N$ punktów oddziałujących wzajemnie odpowiednimi siłami krótkiego zasięgu, zwanymi siłami jądrowymi. Podstawę formalną teorii jądra stanowi mechanika kwantowa. Jednakże siły jądrowe nie mają makroskopowego odpowiednika i tym samym nie dają się zmierzyć bezpośrednio za pomocą jakichś cząstek próbnych. Jesteśmy więc zdani na wnioskowania pośrednie, które są bardzo skomplikowane i dają niejednoznaczne wyniki. Nic więc dziwnego, że nie znając dobrze sił jądrowych teoria jądra jest jeszcze niezadowalająca i daleka od dokładności teorii atomu. Znaczna większość fizyków sądzi jednak, że jest to spowodowane tylko niedostateczną znajomością oddziaływań między nukleonami, a nie błędnością traktowania jądra jako układu punktów materialnych.

Przez pewien czas wydawało się, że protony, neutrony, elektrony oraz neutrina (wylatujące z jąder w rozpadach β) stanowią najmniejsze, niepodzielne i jedyne obok kwantów pola elektromagnetycznego — fotonów — składniki materii, które nazwano cząstkami elementarnymi. Zajęły one miejsce atomów, które okazały się podzielne i złożone. Trochę niepokojący był jednak fakt, że jedna z cząstek elementarnych, a mianowicie neutron, jest nietrwała, gdyż rozpada się w końcu na proton, elektron i neutrino. Jako cząstka składowa jądra neutron ma takie same silne oddziaływania jak proton i w jądrach stabilnych jest całkowicie trwały. Z drugiej strony, w niektórych jądrach niestabilnych właśnie proton rozpada się na neutron, pozyton (antyelektron) i neutrino. Zgodzono się więc, by włączyć nietrwały neutron do listy cząstek elementarnych. Niestety około 1950 r. rozpoczęła się trwająca do dziś lawina odkryć coraz to nowych nietrwałych cząstek, które mimo nierzadko bardzo krótkiego czasu życia trzeba było z podobnych względów uznać za cząstki elementarne. Dzielą się one na silnie oddziałujące hadrony i z reguły lżejsze od nich słabo oddziałujące leptony, do których należy elektron i neutrino. Hadrony dzielą się z kolei na mezony o spinie całkowitym i bariony o spinie połówkowym. Proton i neutron należą do barionów. Hadronów znamy już bardzo dużo, bo ponad sto, i niemal co roku fizycy odkrywają nowe.

Okazało się jednak, że hadrony można pogrupować w pewne powtarzające się multiplety (np. oktety, dekuplety, singlety, nonety — patrz Delta 2/1979) charakteryzujące się tym, że występują w nich tylko określone kombinacje wartości ładunku oraz takich nowych liczb kwantowych, jak izospin, dziwność, powab itp. Występowanie powtarzających się multipletów przypomina trochę

Rozwiązanie zadania M 208

Istotnie, jeżeli $p_1 = q \cdot u_1 + r_1$ i $p_2 = q \cdot u_2 + r_2$, przy czym $\mathrm{st}(r_1) < \mathrm{st}\, q$ i $\mathrm{st}(r_2) < \mathrm{st}\, q$, to $p_1 + p_2 = q(u_1+u_2) + r_1 + r_2$ i $\mathrm{st}(r_1+r_2) < \max(\mathrm{st}\, r_1, \mathrm{st}\, r_2) < q$, czyli $r_1 + r_2$ jest resztą z dzielenia $p_1 + p_2$ przez q. Podobnie $p_1 p_2 = (qu_1 + r_1) \cdot (qu_2 + r_2) = q(qu_1 u_2 + u_1 r_2 + u_2 r_1) + r_1 r_2$ i gdy $r_1 r_2 = q \cdot u + r$, to $p_1 p_2 = q(qu_1 u_2 + u_1 r_2 + u_2 r_1 + u) + r$, co należało wykazać.

powtarzające się okresy pierwiastków chemicznych w tablicy Mendelejewa, które są związane ze strukturą powłok elektronowych atomu. Nic więc dziwnego, że w 1964 r. M. Gell-Mann i G. Zweig wysunęli hipotezę, że hadrony są obiektami złożonymi z jeszcze bardziej fundamentalnych (subelementarnych) cząstek, które nazwano kwarkami. Konwencjonalny model kwarkowy zakłada, że kwarki i antykwarki mają spin 1/2 i ułamkowe ładunki elektryczne $\pm 1/2e$ i $\pm 3/2e$. Mezony składają się z jednego kwarku i jednego antykwarku, a bariony z 3 kwarków. Nawet bez znajomości oddziaływań między kwarkami — stosując tylko argumenty symetrii oparte na mechanice kwantowej — można było nie tylko wytłumaczyć pochodzenie multipletów hadronowych, lecz także przewidzieć istnienie i własności licznych hadronów odkrytych później doświadczalnie.

Korzystając z dotychczasowych doświadczeń historycznych i koncepcji, które już wielokrotnie sprawdziły się w przeszłości, fizycy przystąpili niezwłocznie do doświadczeń, zmierzających do rozbicia hadronów na pojedyncze kwarki, do wyodrębnienia pojedynczych kwarków i zbadania ich własności. I tu spotkała ich wielka niespodzianka. Wydawało się, że skoro z makroskopowego ciała można wydzielić jego cząstki składowe — molekuły, np. przez proste podgrzanie, skoro środkami chemicznymi lub fizycznymi można rozbić molekuły na atomy, skoro można rozbić — dostarczając odpowiedniej energii — atom na jądro i elektrony, a wreszcie jądro na protony i neutrony, to tak samo musi być możliwe rozbicie cząstek elementarnych na kwarki. Dotychczas do rozbicia każdego obiektu złożonego na cząstki składowe wystarczała energia dużo mniejsza od energii spoczynkowej tego obiektu. Tymczasem w zderzeniach między cząstkami elementarnymi mimo użycia energii przekraczających wielokrotnie ich energie spoczynkowe, mimo szczegółowej analizy promieniowania kosmicznego, w którym występują energie o wiele rzędów wielkości wyższe od energii uzyskiwanych w laboratorium, nie odkryto dotychczas kwarków, ani żadnych innych cząstek, które można by uważać za cząstki subelementarne. Wydaje się, że może tym razem naprawdę doszliśmy do kresu podzielności materii. Tak więc sytuacja jest bardzo ciekawa i zupełnie nowa pod wieloma względami. Liczne niewątpliwe sukcesy modelu kwarkowego utwierdzają przekonanie o realnym istnieniu kwarków, ale przekonanie to opiera się dotychczas tylko na dowodach pośrednich. Dowodu bezpośredniego w postaci izolowanych kwarków dotychczas nie ma.

Nie wiemy jeszcze, co to znaczy. Niektórzy fizycy próbują wytłumaczyć tę zagadkę wprowadzając bardzo dziwne siły międzykwarkowe, które nie maleją ze wzrostem odległości, lecz pozostają stałe lub nawet rosną w miarę wzrostu odległości między kwarkami. Całkowite oddzielenie np. kwarku od antykwarku na nieskończoną odległość wymagałoby wtedy dostarczenia nieskończonej energii. Nie jest to prosta i przekonująca hipoteza, ale nie można jej też odrzucić.
Nie jest wykluczone, że rozwiązanie zagadki kwarków leży gdzie indziej, a mianowicie w nieprzydatności schematu pojęciowego mechaniki punktów do zagadnienia struktury cząstek elementarnych. Prawdą jest, że schemat ten był stosowany z powodzeniem na wielu kolejnych piętrach poznania przyrody, poczynając od opisu ruchów gwiazd, planet, rakiet, pocisków itd., aż do struktury ciał makroskopowych i kolejnych coraz mniejszych obiektów mikroskopowych: molekuł, jonów, atomów i jąder. W szczególności w dotychczasowych badaniach obiektów mikroświata udawało się zawsze wyjaśnić strukturę rozciągłego, zmiennego obiektu przyjmując, że jest on złożony z pewnej liczby odpowiednio oddziałujących punktów masowych.

Trzeba jednak pamiętać, że pojęcie cząstki punktowej prowadzi zarówno w mechanice klasycznej jak i kwantowej do różnych kłopotliwych nieciągłości i nieskończoności, które trzeba eliminować w sposób nader sztuczny. Pojęcie punktowej cząstki jest idealizacją matematyczną i dokładnie punktowych cząstek nie ma. Redukując za każdym razem problem struktury rozciągłego obiektu do mechaniki punktów, przyjmujemy z góry, że gmach poznania ma nieskończenie wiele pięter i nie ma w ogóle końca czy szczytu. Mówiąc konkretniej — w tej chwili interesują nas kwarki jako składniki hadronów. Za jakiś czas zaczniemy pytać, z jakich subkwarków składają się kwarki itd. w nieskończoność.

Może rzeczywiście jest to jedyna i najwłaściwsza droga poznania. Nie jest jednak wykluczone, że doszliśmy nie tylko do kresu podzielności materii, lecz także do kresu stosowalności standardowego, wielokrotnie powtarzanego schematu opartego na pojęciu punktu masowego i że trzeba będzie zastosować inne, adekwatniejsze pojęcia. Niektórzy fizycy idą w tym kierunku, wysuwając przypuszczenie, że kwarki należy uważać raczej za swoiste kwantowe oscylacje materii hadronowej, których nie można więc oddzielić od tej materii. Podobnie nie można oddzielić fali akustycznej od materialnego ośrodka, w którym się ona rozchodzi, i badać w próżni.
Podejmuje się więc próby modyfikacji i rozbudowy modelu kwarkowego traktując kwarki nadal jak punkty masowe, lub też posługując się innymi analogiami, jak np. struny, oscylacji, kropli cieczy itd. Nie wiemy jeszcze, jak będzie wyglądało rozwiązanie zagadki cząstek elementarnych, ale warto zwrócić uwagę na to, że we wszystkich tych próbach opieramy się na takich czy innych analogiach zaczerpniętych z makroskopowej mechaniki. Może któraś z tych analogii okaże się trafna i płodna. Może się jednak okazać, że wszystkie te analogie zawiodą i okaże się, że nasz dotychczasowy zestaw analogii i schematów myślowych oraz opartych na nich pojęć jest po prostu za ubogi i nieadekwatny do opisu własności cząstek elementarnych.

Rozwiązanie zadania M 209
Będziemy przez $r(f, g)$ oznaczać resztę z dzielenia wielomianu f przez g. Mamy dla dowolnego $k \leqslant 9$: $r(x^k, x^{10}-1) = x^k$ oraz $r(x^{110k}, x^{10}-1) = r((x^{10})^{11k}, x^{10}-1) = r(y^{11k}, y-1) = 1$, zatem $r(x^{111k}, x^{10}-1) = x^k$. Zauważmy teraz, że $q(x)(x-1) = x^{10}-1$ i obliczmy, korzystając z zadania M 208, resztę $r(p, x^{10}-1)$. Mamy $r(p, x^{10}-1) = r(x^{999}, x^{10}-1) + \ldots + r(x^{111}, x^{10}-1) + 1 = x^9+x^8+\ldots+x+1 = q(x)$.
Wobec tego $p(x) = (x^{10}-1)u(x)+q(x) = q(x)(u(x)(x-1)+1)$.

Słabe geometrie

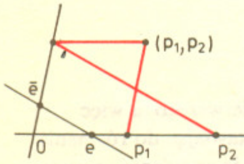
Dr Marek KORDOS

Dość rozpowszechniona jest opinia, że przestrzeń geometryczna, w jakiej żyjemy, ma tę własność, iż każdy jej punkt opisuje się trójką (lub inną *n*-tką) liczb rzeczywistych, przy czym wszystkie liczby rzeczywiste są zaangażowane do „bycia współrzędnymi" jakichś punktów. Fizycy dyskutują, czy nasza przestrzeń jest euklidesowa, czy jakaś inna, nie podważając powyższej opinii. W tym świetle wydawać się może dziwne, że istnieje dyscyplina zajmująca się badaniem geometrii, w których od rozpatrywanych przestrzeni nie wymaga się aż tak wiele.

Spośród wszystkich twierdzeń danej aksjomatycznie teorii można (ew. teoretycznie można) wyróżnić te, do których dowodu nie jest niezbędny jakiś z góry obrany aksjomat. Jeśli tę operację przeprowadzimy konsekwentnie, uzyskamy informację o tym, co z których aksjomatów teorii wynika, a co nie wynika. Ostatecznie będziemy wiedzieli, które z aksjomatów naszej teorii muszą być spełnione w jakiejś dziedzinie, aby były w niej spełnione interesujące nas twierdzenia, a które nie muszą.

Informacje te byłyby zbędne, gdyby mieć pewność, że jedynym zastosowaniem geometrii jest badanie przestrzeni geometrycznej i to spełniającej podaną obok opinię. Tak jednak od dawna już nie jest i z tego względu badania nad geometriami opartymi tylko na niektórych aksjomatach, czyli słabymi geometriami, oraz nad rolą poszczególnych aksjomatów są, szczególnie w ostatnim dwudziestoleciu, prowadzone intensywnie.

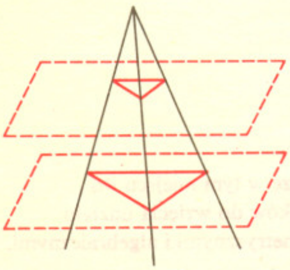
*



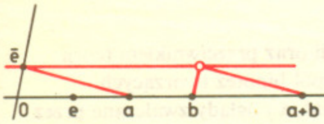
Jeżeli jakaś geometria zapewnia nam możliwość prowadzenia równoległych i (umówmy się, że do końca artykułu mówić będziemy o płaszczyźnie) mamy do dyspozycji dwie proste nierównoległe, to każdemu punktowi możemy przyporządkować dwa punkty na owych nierównoległych prostych (zwanych dalej osiami), czyli współrzędne.

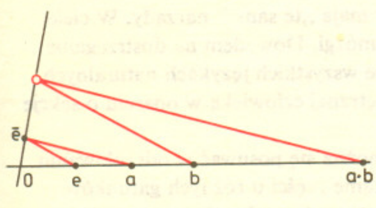
To, że współrzędnymi są punkty, wynika po pierwsze stąd, że tak jest istotnie, a po drugie nazwać tych punktów liczbami nie możemy, gdyż na razie nie widać sposobu, jak by na nich liczyć. Geometria zbudowana przy przyjęciu dwu podanych wyżej założeń jest istotnie bardzo słaba. Ale wszędzie, gdzie (przy odpowiedniej interpretacji pojęcia „prosta" i pojęcia „równoległość") spełnione są te założenia, można mówić o współrzędnych. Co więcej, można obie współrzędne mieć na jednej prostej. W tym celu obieramy na osiach po jednym punkcie e i $\bar{e}$ i wszystkie drugie współrzędne przenosimy równolegle do $e\bar{e}$ na pierwszą oś.

*



I teraz możemy zadać pytanie: co trzeba założyć w geometrii, żeby można było rachować na współrzędnych? Jeżeli przez rachowanie rozumieć będziemy wykonywanie tzw. czterech działań, przy czym dodawanie i mnożenie mają być łączne, mnożenie ma być rozdzielne względem dodawania, a dodawanie ma być przemienne, to owym dodatkowym założeniem musi być aksjomat *Desargues'a* (czyt. dezarga). Musi w tym sensie, że każde inne „dobre" założenie musi ten aksjomat implikować. Aksjomat Desargues'a orzeka, że jeśli dwa trójkąty wpisane w trzy proste, mające wspólny punkt, mają dwie pary boków równoległych, to równoległa jest i trzecia para boków. Zdanie to ma naturalne źródło w geometrii przestrzeni — ostrosłup trójkątny przecięty dwiema płaszczyznami równoległymi. Ale oczywiście może być też traktowane jako fakt dotyczący geometrii płaszczyzny (zapomnijmy o czerwonych płaszczyznach).





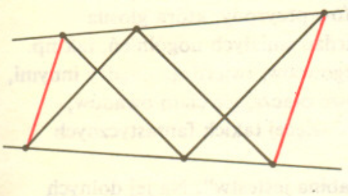
Działania definiujemy jak na rysunkach. Aksjomat Desargues'a pozwala wykazać, że mają one żądane wyżej własności, a niejako „na bis" udowodnić, że wynik nie zależy od położenia drugiej osi i punktu $\bar{e}$ na niej — jedynie istotne jest położenie punktów o i e, które pełnią rolę zera i jedynki. Nie wykażemy tego z braku miejsca, pozostawiając to dość trudne, ale wielce pouczające zadanie Czytelnikowi.

Można również sprawdzić, że gdy na współrzędnych umiemy liczyć, to w geometrii prawdziwy jest aksjomat Desargues'a (proszę sprawdzić — też trudne). Ostatecznie mamy więc:

Możliwość rachowania na współrzędnych, zanurzalność płaszczyzny w przestrzeni trójwymiarowej i aksjomat Desargues'a są równoważnymi założeniami.

W ten sposób obejrzeliśmy typowy rezultat dla badań nad słabymi geometriami — znaleźliśmy pełną analogię między założeniami pochodzącymi z różnych dyscyplin matematyki (algebra, stereometria, planimetria).

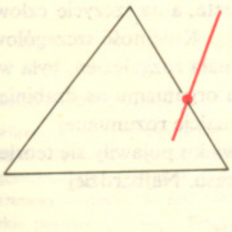
*



Wśród wymienionych własności działań brakowało przemienności mnożenia. Aby mieć i tę własność, musimy założyć aksjomat *Pappusa*. Orzeka on, że jeśli w dwie proste wpiszemy (odwrotnie) dwie litery *V* o odpowiednio równoległych ramionach, to i zamykające proste będą równoległe. I znów zostawiamy Czytelnikowi sprawdzenie, że z aksjomatu Pappusa wynika przemienność mnożenia (tym razem łatwe — należy posłużyć się poprzednim rysunkiem), jak też, że przemienność mnożenia współrzędnych pociąga za sobą prawdziwość aksjomatu Pappusa (znów trudne). Bardzo trudne, ale możliwe jest wykazanie, że aksjomat Pappusa i (o ile dysponujemy prostopadłością) przecinanie się wysokości trójkąta w jednym punkcie to zdania równoważne. Ostatecznie więc badanie słabych geometrii daje równoważność:

Przemienność mnożenia, aksjomat Pappusa, przecinanie się wysokości trójkąta w jednym punkcie.

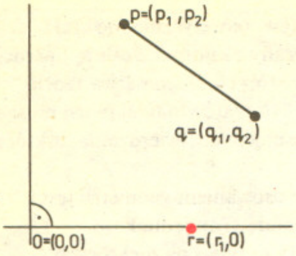
*



Gdybyśmy chcieli wprowadzić jakoś porządek wśród współrzędnych, to okaże się, że równoważne są:

Iloczyn dodatnich jest dodatni i aksjomat Pascha.

Ten ostatni mówi, że prosta nie przechodząca przez żaden wierzchołek trójkąta i przecinająca jeden z boków trójkąta przecina również jeden z pozostałych boków. Rezultat powyższy jest dość nowy — nie ma jeszcze dziesięciu lat.



Weźmy teraz układ współrzędnych o osiach prostopadłych i równych jednostkach na nich (o każdym układzie można założyć, że jest taki, tylko rysunek będzie wtedy nie w zgodzie z intuicją). Zgodnie z twierdzeniem *Pitagorasa* przyjmujemy, że

$$(*)\qquad ab \equiv cd \leftrightarrow (a_1-b_1)^2+(a_2-b_2)^2 = (c_1-d_1)^2+(c_2-d_2)^2.$$

I zastanówmy się, czego musimy wymagać od współrzędnych, abyśmy mogli odkładać odcinki. Odłóżmy odcinek pq na dodatniej półosi pierwszej osi, poczynając od punktu o, a na punkcie r kończąc. Wobec (*) będzie:

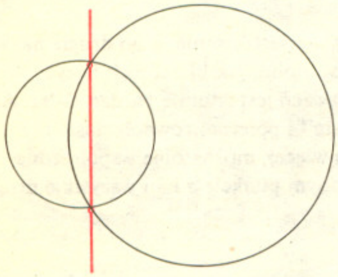
$$(p_1-q_1)^2+(p_2-q_2)^2 = (r_1-0)^2+(0-0)^2 = r_1^2.$$

Okazuje się więc, że odkładanie odcinka pociąga za sobą warunek na ciało współrzędnych

$$\bigwedge_{x,y}\bigvee_{z} x^2+y^2 = z^2$$

i odwrotnie: warunek ten, zwany *pitagorejskością ciała*, umożliwia odkładanie odcinka.

*



Przetnijmy dwa okręgi i poszukajmy ich przecięć:

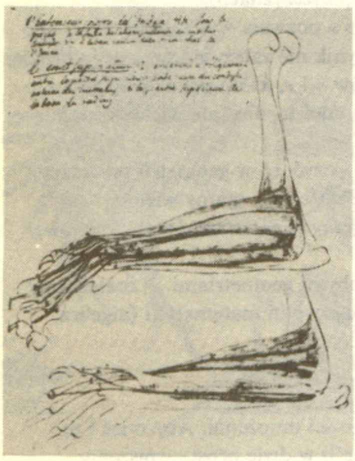
$$\begin{cases}(x-a_1)^2+(y-b_1)^2 = r_1^2\\(x-a_2)^2+(y-b_2)^2 = r_2^2.\end{cases}$$

Odejmując stronami stwierdzimy, że otrzymane równanie jest stopnia pierwszego, a więc reprezentuje prostą. Wyliczając jedną z niewiadomych z tej różnicy i wstawiając do równania pierwszego otrzymamy równanie kwadratowe z jedną niewiadomą. Aby je rozwiązać, musimy umieć wyciągać pierwiastek kwadratowy. Warunek

$$\bigwedge_{x}\bigvee_{y} x = y^2 \vee x = -y^2$$

nazywany jest *euklidesowością*. Zatem równoważne są:
Przecinanie okręgów, przecinanie okręgu z prostą, euklidesowość.

Zamiast coraz bardziej pospiesznie i, w konsekwencji, powierzchownie relacjonować dalsze rezultaty, napiszę w tym miejscu itd., bo gotowych rezultatów wiele, a na dodatek, jako się rzekło, badania w toku. Zachęcam przy tym Czytelników do wzięcia udziału w badaniach słabych geometrii, szczególnie w tym fragmencie, który dotyczy analogii między faktami geometrycznymi i algebraicznymi.



Georges Cuvier (1769—1832) i anatomia porównawcza

Prof. dr Henryk SZARSKI, członek rzeczywisty PAN

Cuviera nazywa się twórcą anatomii porównawczej i paleontologii oraz przeciwnikiem teorii ewolucji. Z tym ostatnim określeniem trudno się godzić, gdyż zespół hipotez tworzących współczesną teorię ewolucji za czasów Cuviera po prostu nie istniał, a poglądy zwalczane przez Cuviera były od ewolucjonizmu bardzo odległe.
Ludzie zawsze zdawali sobie sprawę, że rozmaite organizmy mają ,,te same" narządy. W ciele zabijanych kręgowców człowiek znajdował wątroby, serca i mózgi. Dowodem na dostrzeganie tożsamości narządów jest istnienie odpowiednich wyrażeń we wszystkich językach naturalnych. Już w starożytności wyciągano też wnioski o budowie wewnętrznej człowieka w oparciu o sekcje innych ssaków.
W wieku osiemnastym zaczęto się zastanawiać, jak daleko można się posuwać w odszukiwaniu identycznych elementów organizmów, rozumiano też, że te same części u różnych gatunków mogą się między sobą bardzo różnić, np. czaszka konia, kota i ptaka, ząb zająca, słonia lub lwa. Pod koniec wieku rozwinęła się szkoła tak zwanych filozofów przyrody, która głosiła absolutną jedność świata zwierząt. Wymagało to budowania bardzo śmiałych uogólnień, tak np. E. Geoffroy dowodził w r. 1820 jedności budowy owadów i kręgowców, twierdząc między innymi, że kręgom zwierząt kręgowych odpowiadają pierścienie chitynowe otaczające ciało owadów, żebrom zaś odpowiadają owadzie odnóża! Można by przytoczyć więcej takich fantastycznych twierdzeń.
Inną wielką syntezą przyrodniczą wieku osiemnastego była ,,drabina jestestw". Na jej dolnych szczeblach mieściły się minerały, na wyższych rośliny, wyżej stały zwierzęta, a na szczycie człowiek. Niektórzy autorzy ponad człowiekiem umieszczali jeszcze aniołów i Boga. Kolejność szczegółowa była sprawą sporną, zawsze jednak porządek był liniowy, drabina nie miała rozgałęzień, była więc najzupełniej różna od współczesnych ,,drzew filogenetycznych". Pozycja organizmu na drabinie nie miała żadnego związku z wymiarem czasowym, lecz wynikała z rozmaicie rozumianej hierarchii istot. Wreszcie na przełomie osiemnastego i dziewiętnastego wieku pojawiły się teorie transformistyczne, głoszące, że gatunki mogą się zmieniać z upływem czasu. Najbardziej rozbudowana i najszerzej znana jest wśród nich synteza Lamarcka.
Georges Cuvier sprzeciwił się wszystkim tym trzem uogólnieniom i zdołał przekonać współczesnych o słuszności swego stanowiska. Jest on więc wielkim reformatorem nauk biologicznych. Urodził się w mieście Montbéliard, blisko obecnej granicy francusko-szwajcarskiej. Teren ten należał wówczas do księcia Wirtembergii, toteż Cuvier kształcił się od 15 do 19 roku życia w stolicy księstwa, Stuttgarcie. Po ukończeniu szkół Cuvier został nauczycielem w zamożnej rodzinie

francuskiej w Normandii. W okresie rewolucji był przez lat kilka sekretarzem zarządu małej gminy. Przebywając przez 7 lat w Normandii Cuvier każdą wolną chwilę poświęcał na sekcje rozmaitych gatunków zwierząt, wyniki notował w postaci drobiazgowych rysunków i opisów, gromadząc ogromne archiwum, którego duża część zachowała się do dzisiaj. Zdobył w ten sposób ogromną wiedzę, prześcigając swych współczesnych.

Powołany w r. 1795 do Paryża na wykładowcę, Cuvier szybko zajął czołowe stanowiska w ówczesnej stolicy intelektualnej świata, będąc między innymi profesorem w Collège de France, sekretarzem Akademii Nauk, wiceministrem spraw wewnętrznych, zarządcą kościołów protestanckich itd. Równocześnie publikował obszerne wielotomowe dzieła naukowe, np. pięciotomowa anatomia porównawcza (1800—1805), badania kopalnych czworonogów (4 tomy, 1812), królestwo zwierząt (4 tomy, 1817), historia nauk (5 tomów, 1822—1833) itd.

Autorytet naukowy Cuviera był przemożny. Posiadał on niezrównaną znajomość budowy zwierząt, znakomitą swadę i jasność stylu, zadziwiającą pracowitość i dominującą pozycję naukową, toteż jego zdanie przez dziesiątki lat decydowało w nauce. Na gruzach obalonych przez siebie teorii Cuvier stworzył własne poglądy, które można streścić w sposób następujący. Istnieją 4 odmienne plany budowy zwierząt: kręgowce, mięczaki, stawonogi i promieniste. Odszukiwanie tych samych narządów ma sens tylko w obrębie zwierząt mających ten sam plan budowy. Wprawdzie gatunki wykazują zmienność (skrajny przykład Cuviera to pies), jednak granice między gatunkami są bezwzględnie nieprzekraczalne, jeden gatunek nie może zmienić się w inny. W historii Ziemi występowały gigantyczne katastrofy, niszczące całe kontynenty. Po katastrofach organizmy wkraczały na tereny opustoszałe z lądów nienaruszonych.

Za swe największe odkrycie uważał Cuvier prawo współzależności narządów w organizmach. Prawo to rozwinął on szczególnie odnośnie do kręgowców lądowych i zawdzięczał mu wielkie sukcesy w paleontologii. Wedle tego prawa organizm stanowi zamkniętą całość, w której wszystkie narządy muszą z sobą harmonizować. Tak np. zwierzę mające zęby drapieżnika nie może mieć stóp opatrzonych kopytami ani żołądka przeżuwacza. Niektóre z tych korelacji Cuvier wyjaśniał np. przystosowaniem do zdobywania, gryzienia i trawienia określonego pożywienia, inne uważał za na razie niezrozumiałe — np. związek między przeżuwaniem i parzystokopytnością. Spodziewał się jednak istnienia między cechami związków czynnościowych i odrzucał stanowczo porównywanie kształtu narządów bez zwracania uwagi na ich funkcję. Sądził on, że korelacje w budowie organizmów są tak niewzruszone, jak reguły matematyki i fizyki. Za szczytowe osiągnięcie nauki uważał Cuvier odkrycia Newtona i nawoływał do pojawienia się Newtona biologii. Niektórzy historycy nauki podejrzewają, że sam siebie uważał za Newtona biologii, przypuszczam raczej, że zgodziłby się na porównanie z Keplerem, który odkrył prawa ruchu planet objaśnione przez Newtona.

Prawo współzależności narządów wykorzystywał Cuvier do przewidywania budowy zwierząt wymarłych. Gdy w czasie robót ziemnych znajdowano fragmenty szkieletów, Cuvier z wyglądu małego szczątka kości wnioskował o budowie pozostałych części zwierzęcia i zadziwiał współczesnych, gdy nieraz po długim okresie napotykano kości, które były zgodne z jego przepowiedniami. Możemy dziś stwierdzić, że Cuvierowi zdarzały się pomyłki, tak np. pisał on, że wszystkie zwierzęta parzystokopytne przeżuwają. Twierdzenie zaiste zadziwiające, przecież parzystokopytna świnia nie ma zdolności przeżuwania. Cuvier nie mógł też wiedzieć, że przeżuwają niektóre gatunki kangurów. Nie ulega jednak wątpliwości, że jego sposoby wnioskowania przewyższały ogromnie metody rozumowania filozofów przyrody.

Nie ma tu miejsca na streszczenie współczesnych metod anatomii porównawczej i ewolucjonizmu. Dochodzimy dziś do wniosków nieraz bardzo odmiennych od twierdzeń Cuviera. Jednak nieuprzedzony, rozważny myśliciel, dysponujący wiedzą i zdolnością kojarzenia Cuviera, musiałby zawsze dojść do konkluzji identycznych lub co najmniej bardzo podobnych. Cuvier był znanym pedantem, człowiekiem autorytatywnym, konserwatystą politycznym i wierzącym chrześcijaninem (protestantem). Dlatego wysuwano przypuszczenia, że jego stanowisko w sprawie stałości gatunków było konsekwencją poglądów politycznych i filozoficznych. Nie wydaje się to słuszne. Cuvier w swych pismach wyraźnie oddziela rozumowania naukowe od politycznych i religijnych. Co więcej, zwalczał on aktywnie wykorzystywanie twierdzeń naukowych w apologetyce religii i z tego powodu spierał się gwałtownie z Jezuitami.

Rozumowanie Cuviera różniło się od obecnego stanowiska nauk przyrodniczych przede wszystkim tym, że poszukiwał on, jak inni współcześni, praw naukowych. Przykładem praw były dla niego np. reguły matematyczne, prawo powszechnego ciążenia itd. W biologii miało im odpowiadać prawo współzależności narządów. Wierzono, że prawa tego typu istnieją niezależnie od umysłu ludzkiego, który może je odkryć, podobnie jak np. wartość sumy kątów w trójkącie. Współczesny badacz przyrody myśli inaczej. Tworzy on hipotezy, które następnie stara się obalić przy pomocy eksperymentów i rozumowań. Jeśli mimo wieloletnich prób hipotezy obalić nie można, zyskuje ona na wartości, zwykle jednak okazuje się, że hipotezy trzeba modyfikować, np. zawężać lub rozszerzać, uzupełniać dodatkowymi założeniami itd. Do wyjątków należy zupełne obalenie testowanej hipotezy, gdyż nikt nie traci czasu na sprawdzanie hipotez o małym stopniu prawdopodobieństwa. Współczesny przyrodnik ma własny obraz rzeczywistości, jednak wszystkie twierdzenia nauki uważa za możliwe do obalenia, nie za nienaruszalne prawa i gotów jest je porzucić, jeśli zmuszają do tego wyniki doświadczeń lub rozumowań.

Czytelnicy proponują

W związku z toczącą się na łamach „Polityki" dyskusją dotyczącą wiadomego podręcznika fizyki Czytelnik G.B. z Warszawy nadesłał do nas list zdradzający głębokie poruszenie. Nie — Drogi Czytelniku! Mimo wszystko nie przypuszczamy, aby w najbliższym czasie pisanie podręczników szkolnych zlecone zostało przedstawicielom Stowarzyszenia Dziennikarzy Polskich

Red.

Czas odwrócony

Doc. dr Michał GAWLIKOWSKI

Czy przeszłość jest poznawalna? W pierwszej chwili wydawać by się mogło, że skoro kierunek biegu czasu odwrócić się nie da, to obserwować i badać możemy tylko teraźniejszość, tylko ona bowiem jest nam bezpośrednio dostępna.

Każdy, kto jest bodaj pobieżnie zapoznany z astronomią, wie jednak, że wszystkie obserwacje tej nauki dotyczą właśnie przeszłości, na skutek skończonej prędkości światła, a właśnie obecny stan dowolnego ciała niebieskiego jest dla nas bezpośrednio niepoznawalny. Natomiast dzięki różnicom odległości od Ziemi dysponujemy obserwacjami z różnych epok, a przyjmując obowiązywanie pewnych praw ogólnych można na tej podstawie budować hipotezy dotyczące zmian zachodzących we Wszechświecie.

Na Ziemi rzecz się ma odwrotnie. Dostępne nam dzisiaj fakty materialne wynikają z procesów, jakie przebiegały w przeszłości bardziej lub mniej od nas odległej. Przyjąwszy istnienie stałych praw fizycznych i chemicznych, można formułować hipotezy dotyczące zakończonych już procesów, a więc właśnie dziejów. Tak powstała geologia. Obecna forma i struktura skał, jakie składają się na ziemską skorupę, pozwala tworzyć modele powstawania tych złóż skalnych, ich wzajemnych relacji w czasie, a także mierzyć w latach odległość tych procesów od chwili obecnej. Również badanie przeszłości społeczeństwa możliwe jest przede wszystkim dzięki temu wszystkiemu, co z niej materialnie pozostało. Pozostały na przykład pisane dokumenty, które analizuje historyk. Szczególnym przypadkiem historii jest archeologia, która posługuje się własnymi obserwacjami badacza, jakich ten może dokonywać na reliktach przeszłości, a nie analizą obserwacji cudzych, zawartych w dawnym zapisie.

W odróżnieniu od tak dawniej zwanej historii naturalnej, a więc dziejów Ziemi jako planety oraz dziejów ewolucji biologicznej, dzieje społeczeństwa nie podlegają jednak prawom tak ogólnym i tak powszechnie obowiązującym jak przyroda żywa czy nieożywiona. Mamy za to do czynienia z człowiekiem, a ten, od czasu uformowania się jako gatunek, dostępny jest poznaniu innego typu: znamy z własnego doświadczenia jego psychikę, potrzeby, a także jego niezwykłą, przy niezmienności biologicznej, zdolność przystosowywania się do najróżniejszych warunków. Ta introspektywna wiedza o człowieku jest jedną z podstaw studium historii. Drugą są zachowane ślady jego działalności.

Historyk-archiwista ma do dyspozycji dokumenty pisane, ale żaden nawet najobfitszy ich zbiór nie stanowi jeszcze historii. Pewnie, dokument przekaże informacje o wydarzeniach, obyczajach, poglądach okresu i miejsca swego powstania, ale tylko tak, jak autor je widział i rozumiał (przyjmując oczywiście, że ze swego punktu widzenia pisał prawdę, co nie zawsze miało miejsce). My to musimy przetłumaczyć na język naszej epoki, toteż każde pokolenie musi podejmować tę pracę na nowo. Dlatego historia pisania historii to nie tylko proces kumulacji wiedzy, ale przede wszystkim historia pojęć, jakimi operują badacze. Tak jest zresztą bodaj w każdej dziedzinie nauki.

Archeologia, jak już powiedziałem, jest szczególnym przypadkiem historii; sama bowiem zdobywa swe źródła, które służą jej do rekonstrukcji procesu historycznego. Niekiedy są to po prostu nowe dokumenty pisane czy nowe dzieła sztuki, z którymi postępuje tak samo jak z tymi, które już się znajdują w archiwach czy muzeach. Można jednak uzyskać informacje całkiem innego typu.

Szczątki budowli, przedmiotów codziennego czy odświętnego użytku, domy, groby, pozostałości pól uprawnych, kanałów i inne niezliczone ślady działalności dawnych społeczeństw, nie były stworzone jako źródło informacji dla potomnych. Przekazują za to dane o sprawach, których często ani pisarz, ani artysta nie uwiecznił, bo były dla niego oczywiste lub niegodne wzmianki. Technika wykopaliskowa ma na celu nie samo odkrywanie przedmiotów, ale ich zastosowanie jako źródła informacji o ludziach. Rzadko jednak dowiemy się czegoś o konkretnych osobach. Im dalej od nas na skali czasu, tym wiadomości są bardziej ogólne: można odtworzyć tryb życia myśliwych czy rolników, rzemieślników i mieszkańców miast wedle tego, co zostało z ich narzędzi, mieszkań, ozdób stroju. Jeśli ci ludzie nie umieli pisać, nie dowiemy się nic o ich języku, imionach, prawie nic o wierzeniach, obrzędach, organizacji ich społeczności. W jakim stopniu można z takich informacji zbudować model przystający do rzeczywistości, jaka niegdyś istniała, czego będzie w takim modelu brakować? Nie dowiemy się z pewnością wielu rzeczy, które były dobrze znane każdemu, ale też ujawnimy sprawy nie uświadomione ówcześnie, ponieważ odległość pozwala właśnie na ogólny punkt widzenia, niedostępny poznaniu współczesnych.

Rozwiązanie zadania F 70

Obraz widziany przez oko tworzony jest z promieni świetlnych docierających do oka w tej samej chwili czasu. Aby znaleźć kształt pręta widziany przez obserwatora, należy znaleźć zbiór punktów leżących na drodze pręta, z których wysłane promienie świetlne dotrą jednocześnie do oka obserwatora.

Gdy pręt mija obserwatora, promień świetlny (I) wysłany z punktu O dotrze do obserwatora w tym samym czasie co promień (II) wysłany z punktu B odpowiednio wcześniej (np. o Δt wcześniej niż promień (I)). Współrzędne punktu B wynoszą $x = 0$, $y = -v\Delta t$, $z = f(y)$, gdzie współrzędna z zależy od wartości y i właśnie tej zależności szukamy.

Promień (II) przebędzie drogę s o $c\Delta t$ dłuższą niż promień (I), czyli $s = c\Delta t + a$, gdzie c jest prędkością światła. Droga ta jest równa odległości punktu B od punktu A czyli $s = (a^2+v^2\Delta t^2+z^2)^{1/2}$. Wstawiając $\Delta t = \frac{|y|}{v}$ otrzymujemy równanie

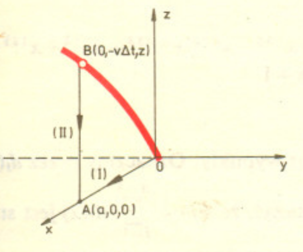
$$\frac{c|y|}{v} + a = (a^2+y^2+z^2)^{1/2}.$$

Równanie to opisuje zbiór punktów, z których wysłane promienie świetlne docierają jednocześnie do obserwatora A. Po przekształceniu tego wzoru, wprowadzając oznaczenia $\beta = \frac{v}{c}$ i $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$, otrzymujemy równanie krzywej

$$\left(\frac{y+\beta\gamma^2 a}{\beta\gamma^2 a}\right)^2 - \left(\frac{z}{\gamma a}\right)^2 = 1.$$

Jest to równanie hiperboli leżącej na płaszczyźnie yz.

Gdy prędkość pręta maleje do 0, tzn. $\beta \to 0$ i $\gamma \to 1$, to hiperbola „prostuje" się. Jest to zgodne z naszą intuicją. Gdy pręt porusza się bardzo powoli, to różnica dróg optycznych między promieniami wysyłanymi z pręta do obserwatora w jednej chwili czasu jest bardzo mała i promienie te docierają prawie równocześnie do obserwatora. Gdy natomiast prędkość pręta rośnie i zbliża się do wartości prędkości światła c, to równanie hiperboli przechodzi w równanie paraboli.



Spróbujmy postawić hipotezę, że któreś z naszych miast zostało nagle opuszczone i stało się po kilku wiekach przedmiotem badań archeologicznych ze strony uczonych, którzy nic już nie wiedzą o naszej cywilizacji. Hipoteza jest bardzo teoretyczna, nie tylko z powodów prawdopodobieństwa historycznego, ale również dlatego, że naukowe zainteresowanie przeszłością jest zjawiskiem typowym właśnie dla naszej cywilizacji, a nie musi cechować innych. Stawiam ją więc tylko dlatego, by uzmysłowić granice poznania z zewnątrz na przykładzie obiektu, jaki znamy najlepiej.

Przyjmujemy oczywiście, że nasi badacze należą do tego samego co my gatunku, a więc dysponują ogólną wiedzą o człowieku z własnego doświadczenia. Przypadku tzw. ,,kosmitów" rozpatrywać w ogóle nie warto, nawet teoretycznie, pomijając nikłe prawdopodobieństwo istnienia takowych; sposobów poznania innych niż ludzkie wyobrazić sobie konkretnie nie możemy. Tak modna dziś mitologia o przybyszach z Wszechświata przyjmuje bardzo grubą antropomorfizację, przypisując tym stworom cechy wyłącznie ludzkie. Nic naprawdę oryginalnego pisarze tego nurtu wymyślić nie są w stanie.

Tak więc działanie sił natury obróciło w gruz nasze domy, erozja przykryła je warstwą ziemi. Gdzieniegdzie, być może, betonowa lub ceglana ściana sterczy ponad powierzchnią gruntu.

Ogólny zarys ulic da się zapewne ustalić bez trudu nawet bez prac wykopaliskowych, tam mianowicie, gdzie były ulice w tradycyjnym kształcie. Luźno rozrzucone bloki nowego osiedla to pagórki obłego kształtu i bardzo podobnych rozmiarów. To pierwsza zagadka: jakiemu celowi mogły służyć budowle, nieregularnie rozrzucone na pustej przestrzeni? Wykopaliska ujawnią przede wszystkim piwnice bloków: systemy korytarzy, wzdłuż których rozmieszczono małe, jednakowe wnęki. Niełatwo zresztą ten plan ujawnić, bowiem zwały betonowych płyt utrudniają dostęp. Może to grobowce, katakumby, nad którymi wznosiły się potężne, wysokie pomniki ku czci zmarłych? Mało prawdopodobne, bo kości nigdzie nie znaleziono. Może zatem chodzi o pomieszczenia mieszkalne? Oto jednak w lepiej zachowanym bloku udało się ustalić plan parteru; może nawet piętro się zachowało. Jednakowe zespoły, obejmujące każdy po kilka pomieszczeń, muszą mieć na pewno charakter mieszkalny. W podziemiach były zatem magazyny.

Z mebli nie zostało prawie śladu. Dużo jest odłamków płyt ze szkła, zwłaszcza w pobliżu otworów w ścianach. To jasne. Mamy trochę przedmiotów metalowych, zniszczonych przez korozję, ale kształty dają się uchwycić: łyżki, widelce, klucze... Przechowały się, jak przypuszczam drobiazgi z plastiku. Z ubrań zostały guziki. Papier naturalnie nie przetrwał, nie ma więc słowa pisanego. Tabliczka mosiężna z nazwiskiem z nie istniejących już drzwi pozwala jednak stwierdzić, że pismo było znane, choć jego odczytanie to inna sprawa. Można przestudiować system rur wodociągowych i kanalizacyjnych, schemat instalacji elektrycznych.

Wydaje się, że szczególnie trudnym problemem będzie ustalenie funkcji urządzeń mechanicznych. Te rozmaite pudła z blachy musiały pełnić określone, wyspecjalizowane zadania. Jeśli jednak w epoce badaczy używa się zupełnie innych środków technicznych, mogą być wielkie kłopoty z identyfikacją np. lodówki; szczęśliwy zbieg okoliczności mógł jednak sprawić, że mieszkańcy zapomnieli wyjąć z jednego z tych pudeł swoich zapasów. Analiza chemiczna ujawni wtedy ślady substancji organicznych, zapewne żywności, która poddawana była w mechanizmie specjalnym procesom, o czym świadczy podłączenie do sieci elektrycznej. Czy jednak zasady elektryczności przewodowej znane są badaczom? Jeśli tak, to rozwikłają również problem sztucznego oświetlenia. Kaloryfery doprowadzały do każdego pomieszczenia jakąś ciecz lub gaz w obwodzie zamkniętym. Wniosek o ich funkcji ogrzewczej zapewne nie umknie przenikliwości uczonych.

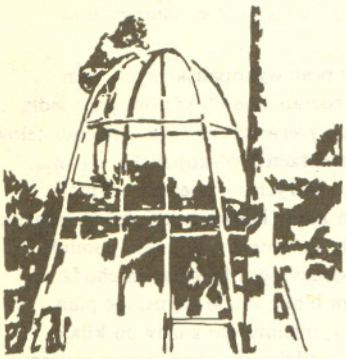
Systematyczne badanie obejmie nie tylko domy, ale też ich bezpośrednie otoczenie. Archeolog dzisiejszy dużo ciekawego materiału znajdzie na dawnych śmietnikach. U nas jednak odpadki wywozi się daleko. Będzie więc bardzo mało ceramiki, która tak wielką jest pomocą w pracy wykopaliskowej. Co najwyżej w mieszkaniach znajdzie się trochę skorup fajansowych.

Co z tego wynika, jaki obraz społeczeństwa można uzyskać? Jeśli osiedle stało na miejscu starych, wyburzonych kamienic, to fundamenty tych ostatnich też wyjdą na jaw. Można będzie ustalić, że te budynki zostały zniwelowane, a ich szczątki przecięte przez nowsze budowle. Jasno zatem wyniknie, że nastąpiła rewolucyjna zmiana w budownictwie: epoka cegły kończy się całkowitym zniszczeniem domów, następuje po niej epoka płyt betonowych, o zupełnie odmiennym budownictwie.

Czy ludność pozostała ta sama? Gwałtowność zmiany pozwala mniemać o przybyciu całkiem nowego ludu, mieszkającego w dużych grupach (rachunek płyt betonowych pozwoli oszacować ilość pięter), w bardzo podobnych mieszkaniach, które obsługiwał wspólny system oświetlenia, kanalizacji, ogrzewania. To wszystko zakłada wysoki stopień organizacji, pewien poziom techniki.

Niewątpliwie mieszkańcy jednego domu tworzyli bardzo zwartą grupę społeczną (ale my wiemy, że często nie znamy sąsiadów przez ścianę). Czym się jednak trudnili, jak zdobywali środki do życia? O tym nic nie wiadomo. Z pewnością musiał istnieć złożony system organizacji, gdzieś były zakłady produkcyjne, rolnictwo... Sposób tej organizacji pracy oraz podział jej owoców mogą być w tym etapie badań tylko przedmiotem spekulacji. Zagadka licznej ludności osiadłej, która nie ma żadnych widocznych środków utrzymania, długo może poczekać na rozwiązanie. Czy mieszkańcy pracowali w miejscu zamieszkania, a jeśli udawali się do swych zajęć, to jakimi sposobami i dokąd? W każdym razie asfaltowe nawierzchnie ujawnią system drogowy.

W miarę postępu badań można będzie zapewne odpowiedzieć na te pytania. Trzeba jednak wątpić, czy ujawni się istnienie literatury, gazet, filmu... Jedyne ślady tzw. kultury duchowej to kilka tablic pamiątkowych. Większe ilości napisów w trwałym materiale bywają u nas tylko na cmentarzach.



Wnioski naszych hipotetycznych badaczy ograniczą się więc przede wszystkim do planu mieszkań (ciasnych czy obszernych, któż to powie, skoro nie wiadomo, po ile osób w każdym mieszkało), do rekonstrukcji niektórych przedmiotów użytku codziennego, do oceny poziomu techniki. Sprawy techniczne stanowić będą niewątpliwie trzon problematyki badawczej, tu będą największe możliwości pracy. Niektórzy uczeni o nastawieniu syntetycznym będą próbowali tworzyć model społeczeństwa. Będzie on bardzo ogólny i hipotetyczny, ale zajść może znacznie dalej, niż tu naszkicowałem.

Takie właśnie problemy są na ogół dostępne w badaniach, jakie się uprawia rzeczywiście. Dopiero gdy pojawią się zapisy, które przetrwały w kamieniu, na glinianych tabliczkach, jak w Babilonii, na papirusach, jak w sprzyjającym wyjątkowo klimacie Egiptu, czy też dzięki łańcuchowi kopistów, jak w przypadku greckiej i rzymskiej spuścizny literackiej, wtedy dopiero mamy szansę poznania innych dziedzin życia, wtedy opis staje się mniej ogólny. Gdy czytamy książkę historyczną, warto pamiętać, czego o przeszłości jeszcze nie wiemy i co o niej wiedzieć możemy.

Zadania

Redaguje mgr Krzysztof NOWIŃSKI

M 208. Przez $r(p, q)$ oznaczamy resztę z dzielenia wielomianu p przez wielomian q. Wykazać, że

$$r(p_1+p_2, q) = r(p_1, q)+r(p_2, q),$$

$$r(p_1p_2, q) = r(r(p_1, q)\cdot r(p_2, q), q).$$

Rozwiązanie na str. 3

M 209. Wykazać, że wielomian $p(x) = x^{999}+x^{888}+x^{777}+x^{666}+x^{555}+x^{444}+x^{333}+x^{222}+x^{111}+1$ jest podzielny przez $q(x) = x^9+x^8+x^7+x^6+x^5+x^4+x^3+x^2+x+1$.

Wskazówka. Skorzystać z zadania poprzedniego.

Rozwiązanie na str. 4

M 210. Łamana zamknięta $A_0 \ldots A_n$ $(A_n = A_0)$ ogranicza wielokąt wypukły. Oznaczmy przez $d_i(x)$ odległość punktu x od prostej zawierającej odcinek $\overline{A_iA_{i+1}}$. Wykazać, że suma $\sum_{i=0}^{n-1} d_i(x)$ jest stała dla wszystkich punktów x leżących wewnątrz wielokąta $A_1 \ldots A_n$ wtedy i tylko wtedy, gdy

$$\sum_{i=0}^{n-1} \frac{\overrightarrow{A_iA_{i+1}}}{A_iA_{i+1}} = 0.$$

Rozwiązanie na str. 2

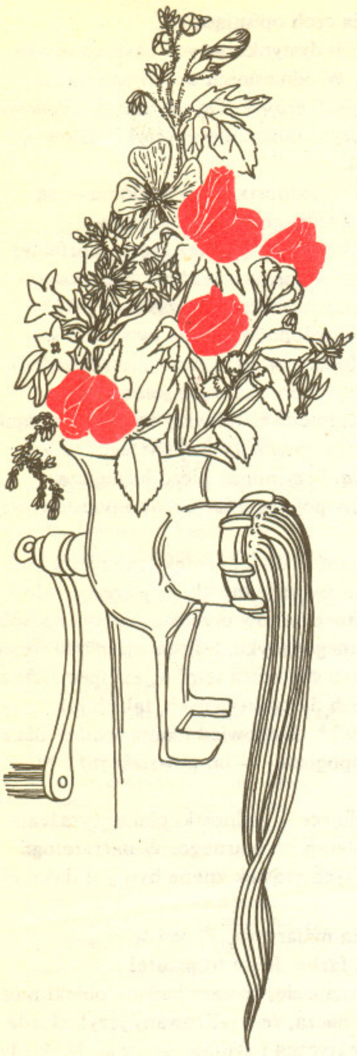
Redaguje dr Halina ABRAMOWICZ

F 70. Pionowo ustawiony pręt porusza się wzdłuż osi y z prędkością v (patrz rysunek). Jaki będzie kształt pręta widziany przez obserwatora stojącego w punkcie A o współrzędnych $(a, 0, 0)$ w momencie, gdy pręt będzie mijał obserwatora, jeżeli założyć, że prędkość poruszania się pręta jest porównywalna (bliska) z prędkością światła c.

Rozwiązanie na str. 9

Struktury i cząstki

Dr Krzysztof PRAŻMOWSKI, mgr Krystyna SZYPCIO



Strukturalizm zrodził się z dążności do unaukowienia humanistyki, upodobnienia jej metod badawczych do wzoru wypracowanego w naukach ścisłych. Powstanie lingwistyki strukturalnej i jej osiągnięcia w uporządkowaniu ogromnego materiału faktów językowych poprzez wypracowanie podstaw teoretycznych i metod badawczych skłoniło przedstawicieli innych dyscyplin humanistyki do sięgnięcia po rozwinięty i dość bogaty arsenał środków aparatu badawczego językoznawców strukturalistów. Tak, na przykład, zrodziła się *antropologia strukturalna* Claude Lévi-Straussa. Tak, dalej, niektórzy językoznawcy przyczynili się pośrednio do powstania i rozwoju tzw. *semiologii*, czyli ogólnej nauki o znaku (tu wspomnijmy nazwisko Ferdynanda de Saussure), będącej — w mniemaniu jej wyznawców — jedyną drogą, jaka pozostała humanistom. Metody lingwistyki strukturalnej okazały się bardzo pomocne w początkowym okresie rozwoju semiologii, jako że język, dość już dobrze zbadany, był dla językoznawców systemem (czy strukturą) znaków, a te, jak już wiemy, z definicji interesowały semiologów.

W zależności od rodzaju analizowanych znaków wyodrębniały się i nadal się wyodrębniają poszczególne *semiotyki* jako nauki badające te właśnie znaki. Na terminologii tych semiotyk, a jest ich wiele: semiotyka kultury, literatury, kina, zachowań społecznych itp., swoiste piętno wycisnęło językoznawstwo strukturalne. Skoro język naturalny jest systemem znaków, inne systemy znaków zostały też nazwane językami. I tak np. powstały języki kina, literatury, język gestów, zachowań społecznych itp.

Języki, systemy czy struktury — wszystkie te nazwy odnoszą się do tego samego zakresu uogólnień teoretycznych semiotyków. Istotnym rozróżnieniem tych języków, systemów czy struktur jest podział na systemy „samodzielne", tzw. *denotacyjne*, i systemy „niesamodzielne" — *konotacyjne*.[3] Systemem denotacyjnym jest język naturalny (czyli język, jakim posługuje się dana zbiorowość społeczna — np. naród). Znaki tego języka mają dwa plany — *plan wyrażenia* (*signifiant*) i *plan treści* (*signifié*)[1] [Np. znak „dom" jako słowo napisane czy wypowiedziane sytuuje się w planie wyrażenia, natomiast plan treści tego słowa wskazuje, do czego się ono odnosi.] Literatura, w myśl tych założeń, byłaby systemem konotacyjnym, ponieważ jej planem wyrażenia jest już inny system, system języka naturalnego. Zamiast pojęć „system denotacyjny" i „system konotacyjny" niektórzy semiotycy (np. radzieccy) używają określeń „*prymarny*" i „*wtórny system modelujący*".[4]

Struktura czy system języka naturalnego (systemu denotacyjnego, prymarnego) służyła za wzorzec w tworzeniu innych systemów. Na przykład budowano gramatyki drugiego stopnia, zakładając odpowiedniość struktury zdania w języku naturalnym do struktury zdania narracyjnego mitu (tzw. *mitemu*[2]) czy tzw. *narratemu*. Odpowiedniość tę motywowano opierając się na hipotezach wywiedzionych intuicyjnie, jak np. na tej, że „opowiadanie jest przedłużeniem mowy artykułowanej" — hipotezie będącej podstawą tzw. *narratologii*, czyli teorii wszelkiej narracji, nie tylko literackiej.[9]

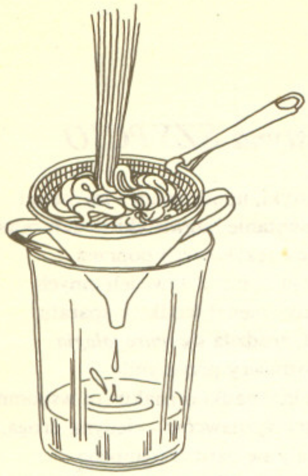
Tego rodzaju analogie prowadziły często w pułapki lingwistyczne, gdy zbyt ściśle przypasowywano wszelkie struktury semiotyczne do struktury języka naturalnego — wspomnijmy choćby dyskusje nad „podwójnym podziałem" języka malarstwa. Pora więc choć pokrótce przedstawić strukturalną analizę wielekroć wspominanego języka naturalnego.

Język nasz składa się z całości (zdań), które coś „znaczą", albo — bezpieczniej tak powiedzieć — mogą mieć dla użytkowników pewną wartość (np. piękno, sensowność, poprawność, prawdziwość, „nadawanie się do..." itp.). Wyrażenia te złożone są z cząstek. Cząstki takie można rozpatrywać na różnych poziomach, bowiem język jest strukturą hierarchiczną i, ściśle rzecz biorąc, jest on kombinacją kilku języków czy też struktur. Tradycyjnie wyróżnia się trzy poziomy języka: *fonologiczny*, *morfologiczny* i *semantyczny*, z tym że znaki (posiadające oba plany) spotykamy tylko na poziomie morfologicznym. Na pozostałych poziomach występują tylko tzw. *figury*, będące cząstkami jednostronnymi — te z poziomu fonologicznego nie mają „signifié", zaś cząstki poziomu semantycznego nie mają „signifiant".

Zacznijmy więc od analizy fonologicznej. Wyrażenia języka dają się podzielić na *fony* (czyli dźwięki, głoski), odpowiednie kombinacje fonów tworzą, inaczej mówiąc, wyrażenia. Pewne fony można w tych kombinacjach wymieniać nie zmieniając wartości wyrażenia; wymienialność fonów jest relacją równoważności i prowadzi do określenia pojęcia *fonemu* — fonem to zbiór fonów wzajemnie wymienialnych we wszystkich wyrażeniach języka. Następnie poszukujemy własności, ze względu na które pewne fony trafiają do jednego fonemu, a inne nie. Własności te nie muszą być znowu tak bardzo uniwersalne — pewne z nich mogą rozróżniać fony tylko wraz z innymi własnościami (fony różniące się z pewnego punktu widzenia, lecz wymienialne, nazywać będziemy *allofonami*). Dążymy do znalezienia takiego układu cech, by każdy fonem był wyróżniony pewną ich kombinacją.

Fonemy stanowią wiązki pozytywnych lub negatywnych cech dystynktywnych, które można przedstawić w symbolicznej postaci za pomocą np. następującej matrycy

	p	b	t	d	k	g	m	n
ustność/nosowość	+	+	+	+	+	+	−	−
dźwięczność/bezdźwięczność	−	+	−	+	−	+		
centralność/peryferyjność	−	−	+	+	−	−	−	+
labialność/palatalność	+	+				−	−	+



Znalazłszy ów układ utożsamiamy każdy fonem z kombinacją cech opisującą go, zwaną wtedy *wiązką cech dystynktywnych*. Ustalając zasób cech dystynktywnych naszego języka fonemicznego ustaliliśmy zarazem jego *oś paradygmatyczną*.[1] W odniesieniu do pisma (języka *grafemicznego*) wyróżnia się analogiczne jednostki: *graf, allograf, grafem*. Odpowiednio, *intonemy* to jednostki intonacji, *prozodemy* — prozodii, *kinemy* — kinezyki (analizującej języki gestów[6]), *proksemy* — proksemiki (analizującej, ogólniej, zachowania[7]).

Następny poziom języka to poziom morfologiczny. *Morfemy* — jednostki tego poziomu — są najmniejszymi cząstkami znaczeniowymi. *Morfy* składają się z jednego lub kilku fonów. Analogicznie określa się też pojęcie *allomorfów*. Jako się rzekło, morfy (czy też raczej morfemy) tworzą właściwe zdania, wyrażenia (czy raczej — odpowiednio — formy wyrażeń). Nie każdy morfem obok każdego innego może wystąpić. Trzeba więc jakoś opisać, jaka cząstka z jaką może się związać. Praktycznie wystarczy podać szacowania prawdopodobieństw tworzenia się ustalonych kompleksów morfemów (taki opis stosuje się do fonemów, grafemów), jest to jednak dość nieeleganckie. Dlatego poszukuje się raczej opisu budowy w postaci *reguł generowania*; reguł, które wyjaśniają, jak morfy łączą się tworząc większe całości.[8] Ustaliwszy taki zespół reguł (lub inny opis łączliwości morfów) ustaliliśmy zarazem tzw. *oś syntagmatyczną* naszego języka. Reguły budowy tradycyjnie zwie się *syntaktyką* lub *gramatyką*. Przyjmując nieco luźniejsze kryterium wymienialności, ale za to większych grup, uzyskamy pojęcie *leksemu* jako podstawowej cząstki słownictwa.

Analiza strukturalna nie może ograniczyć się do planu wyrażania i do jednostek tego planu — *kenemów*. Powinna ona sięgnąć i do planu treści, tworząc tam swoje jednostki — *pleremy*, i do poziomu semantycznego, tworząc, odpowiednio, *semy*. Struktura semów przedstawiać ma sposób uporządkowania i kombinacji myśli charakterystyczny dla danego języka. Substancja planu treści jest taka sama dla wszystkich języków, a forma treści, czyli struktura semów, jest specyficzna i niepowtarzalna w każdym języku. Semy też są wiązkami cech dystynktywnych, takich jak ,,męski — żeński"; ,,młody — dorosły"; ,,ludzki — zwierzęcy".[5] Odpowiednikami semów dla wiedzy czy myśli ludzkiej są ponoć *noemy* (czyli semy światopoglądu) — bo powstała już też i gnoseologia strukturalna.[10]

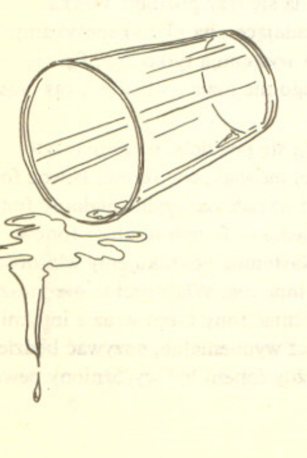
Tu przypomina się choćby analiza powieści fantastycznej przeprowadzona przez Todorowa. Jego *fantastemy* były to wiązki z dwóch cech dystynktywnych: fantastyczność i cudowność. Jak słusznie zauważa Lem, są pewne kłopoty z klasyfikacją twórczości Kafki i Borgesa. Być może, nie byłoby kłopotów z klasyfikacją samego dzieła Todorowa.

Strukturalnie można analizować także wtórne systemy modelujące — jednostki planu wyrażenia będą więc pewnymi kombinacjami jednostek planu treści systemu prymarnego. W narratologii będą to *narratemy*, w tzw. dialogice — *dialogemy*.[11] Pewne z tych cząstek znane były już dawniej — np. w zbiorach wierszy — *poemy*.

Teraz każdy już łatwo chyba zanalizuje plan wyrażenia języka malarstwa. Zapewne cechy dystynktywne to kolor, sposób położenia i miejsce położenia farby. Jakie to proste!

Podsumowując: przy strukturalnym traktowaniu ,,języka" uznaje się, że nasz badany obiekt musi być w wyżej opisanym sensie *strukturą*. To zaś, z definicji, oznacza, że analizowany język składa się z cząstek i ma obie omówione wcześniej osie — paradygmatyczną i syntagmatyczną. Niekiedy do tych własności dodaje się dalsze cechy struktury języka naturalnego, uważając je za równie charakterystyczne dla ogólnego pojęcia struktury. Prowadzi to do poszukiwania np. planu treści i planu wyrażenia w muzyce, struktury hierarchicznej — dwu poziomów — w malarstwie, leksyki w rzeźbiarstwie.

Opis strukturalny można także stosować do rzeczywistości innych niż języki (systemy znaków) — choćby do stanu świadomości i wiedzy społecznej (o tym już mówiliśmy) czy też do genetyki — odpowiednie cząstki to *geny*. Takim sposobem można opisać również materię. Najpierw więc rozpatrując materię skupioną w bryły czy też przedmioty stwierdzamy, iż wymiana w takich bryłach jednych substancji na inne, ale o zbliżonych parametrach ,,technologicznych", czyni powstały tak twór równie technicznie użytecznym. Tu gramatykami są różne *technologie* i *techniki*, cechy dystynktywne to owe parametry ważne w danej technologii. Absolutną wymienialność gwarantuje nam dopiero zachowanie wszelkich cech dystynktywnych, a to prowadzi do pojęcia *substancji* jako cząstki. O substancjach zakładamy dalej, że składają się one z *molekuł*, cząstek mniejszych jeszcze. Wymienialność tych z kolei cząstek prowadzi do pojęcia *związku chemicznego*. Dalej znowu wymienialność budujących owe molekuły atomów bez zmiany własności chemicznych wprowadza pojęcie *pierwiastka*. Nie wymienialiśmy za każdym razem osi paradygmatycznych i syntagmatycznych; zestawy reguł łączenia to w istocie przecież różne *chemie*. Mamy tu również analogony alloform — są to atomy tożsame ze względu na wymienialność, czyli atomy tego samego pierwiastka, ale o nieco różnych masach (masa nie jest dla nich cechą dystynktywną). Mówimy wtedy o różnych *izotopach* tego samego pierwiastka. Cechy dystynktywne? — toć wszak podaje je tablica Mendelejewa. Tu zresztą widać proces specyficzny chyba dla całej fizyki. Cechy dystynktywne o charakterze jakościowych własności próbuje się zamienić na schematy, wzory budowy reprezentantów danego ,,emu" z cząstek niższego poziomu. Bo oto zakładamy, że atomy są zbudowane z jeszcze mniejszych cząstek. Aby otrzymać spójny opis, wystarczy właściwie założyć trzy ich rodzaje (trzy klasy wymienialności z zachowaniem rodzaju pierwiastka): elektrony, protony i neutrony. Każda klasa rozpada się na kilka alloform, pierwsza na e, μ^- i τ, druga na p i Σ^+, a trzecia na n, Λ, Σ^0. Odpowiednie kombinacje tych cząstek tworzą pierwiastki i owymi kombinacjami wyjaśnia się własności chemiczne, termiczne itp. ciał — aż do brył. Teoretycznie istnieje możliwość zejścia jeszcze niżej, jak dotąd rozczłonkowuje się — na *kwarki* — tylko *hadrony*, ostatecznie może jednak ktoś kiedyś znajdzie (albo założy) również strukturę elektronu.



Dobrze opracowana jest oś paradygmatyczna klasycznych cząstek. Przecież liczby kwantowe to nic innego jak cechy dystynktywne, a fizycy teoretycy pogodzili się już z traktowaniem cząstek jako wiązek cech dystynktywnych, czyli układów odpowiednich liczb kwantowych (porównaj artykuł M. Święckiego w Delcie 2/1979). Oś syntagmatyczna zaś, oś kombinacji, to różnorakie zakazy i nakazy postulowane przez fizykę (np. zakaz Pauliego).

Wolno nam zresztą poszukiwać i dalszych analogii. Jeśliby bowiem fizykę porównywać z leksykologią, to znaleźlibyśmy tam takie pojęcie jak leksem. Do jednego leksemu zalicza się, mówiąc swobodnie, wyraz z różnorakimi możliwymi jego końcówkami. Tak więc każdy konkretny wyraz z jednego leksemu rozpadałby się na jeden tzw. *rdzeń* (*morfem rdzenny*) i różne *końcówki* (*morfemy gramatyczne*). Morfemy gramatyczne nie znaczą nic w sensie referencjalnym, modyfikują raczej znaczenie rdzenia, wskazują na sposób jego funkcjonowania. Możliwa jest także końcówka zerowa, czyli jej brak. W fizyce odpowiadałyby takim morfemom cząstki odpowiedzialne za tzw. stany wzbudzone i ich promieniowanie, a więc różne *fotony* czy *mezony* na najniższym poziomie, a — dla przykładu — na poziomie analizy brył (ciał fizycznych) różne *fonony*, *plazmony* i podobne kwanty drgań struktury ciała.

Spotkamy się tu również z pojęciem *związku frazeologicznego*, układ $n+n$ jest wymienialny na $\Sigma^+ + \Sigma^-$, a więc oba tworzą synonimiczne związki frazeologiczne.

Jak powiedzieliśmy, nie widać teoretycznej możliwości przerwania procesu pojęciowego rozdrabniania materii. Oczywiście nie widać także możliwości przerwania rozdrabniania języka. Litery i cyfry można wszak dalej jeszcze rozkładać i praktycznie jest to stosowane w wyświetlaczach minikalkulatorków czy też na ekranie telewizora. Wątpliwym jest tylko, czy będzie to jeszcze językoznawstwo. Dalej — jedną z naczelnych tez strukturalizmu językoznawczego jest przekonanie, że cząstki same z siebie nic nie znaczą, znaczą tylko coś wewnątrz systemu językowego; że znaczą, inaczej mówiąc, swoje miejsce w systemie opozycji. Dlatego też poszukuje się często coraz to bogatszych systemów, w których wyrażenia danego języka byłyby cząstkami i w ten sposób zyskiwałyby swe strukturalne znaczenie. Dla zdań byłyby to struktury narracyjne czy struktury zachowań społecznych, werbalnych. W podobny sposób bryły — narzędzia i przedmioty wytworzone przez człowieka, można by włączyć w krąg praktyki społecznej, a także bryły jako skupiska materii analizować w ich coraz większym uorganizowaniu, przechodząc tak powoli aż do astronomii. Tu ciągle jeszcze zostaje poczucie, że mamy do czynienia z fizyką — nauką o materii.

Na koniec wspomnijmy o jednej jeszcze możliwości. Oto tak się składa, że cząstki analiz semiotycznych noszą końcówki „em", są to iksemy, cząstki budowy materii noszą końcówki „on", są to iksony. Rysuje się przed nami możliwość badań strukturalnych nad porównywaniem, nad analogiami. Nawet mamy nazwę dla jednostek takiej analizy — to *analogony*. Stale pozostanie jednak pytanie zasadnicze — czy wszystkie te iksemy i iksony to są nazwy realnych cząstek, czy też raczej nazwy wyróżnionych przez nas kompleksów właściwości analizowanego świata, a wówczas ich rozmaitość byłaby spowodowana przede wszystkim chęcią jak najdokładniejszego opisania każdego zjawiska, każdego przejawu myśli.

Bibliografia

1. Ferdynand de Saussure, *Kurs językoznawstwa ogólnego*, Warszawa 1961
2. Claude Levi-Strauss, *Antropologia strukturalna*, Warszawa 1970
3. L. Hjelmslev, *Omkring sprogteorieus grundlaegelse*, København 1943
4. J. M. Lotman, *O znaczeniach we wtórnych systemach modelujących*, „*Pamiętnik Literacki*", 1969, z. 1 s. 280
5. A. J. Greimas, *Semantique structurale*, *Paris* 1966
6. Birdwhistel, w: *Approaches to Semiotics*, The Hague, 1964 za U. Eco, *Pejzaż semiotyczny*, PIW 1972
7. E. T. Hall, *Ukryty wymiar*, PIW 1978
8. N. Chomsky, *Syntactic structures*, The Hague 1957
9. Artykuły Rolanda Barthesa, Claude Bremonda, Tzvetana Todorowa, Władimira Proppa, Claude Levi-Straussa, „*Pamiętnik Literacki*", 1968 z. 4
10. L. Prieto, *Principes de noologie*, The Hague 1964 za U. Eco, op. cit.
11. M. Bachtin, *Problemy poetyki Dostojewskiego*, Warszawa 1970
12. St. Lem, *Todorov: fantastyczna teoria*, „*Teksty*" 5 (11), 1973

Dnia 15 września 1979 roku, w czasie X Walnego Zgromadzenia Polskiego Towarzystwa Matematycznego Prezes Towarzystwa prof. W. Orlicz wręczył medale laureatom konkursu pisemnych prac maturalnych z matematyki.

Złotym medalem nagrodzono pracę Doroty Kuchty i Piotra Ponikowskiego (absolwentów XIV LO we Wrocławiu) p.t. „Równania diofantyczne pierwszego stopnia" — opiekunowie: Aleksander Dobrzycki i Augustyn Kałuża. Srebrny medal przyznano Markowi Kubowiczowi (V LO w Krakowie) za pracę p.t. „Równania funkcyjne" — opiekun: Zdzisław Dybiec. Brązowy medal otrzymała Anna Brzezińska (III LO we Wrocławiu) za pracę p.t. „Nierówności i ich zastosowania" — opiekun: Zdzisław Słomian.

Przyznano też trzy równorzędne nagrody IV stopnia: Urszuli Kopp-Kowalskiej (XXXVII LO w Warszawie) za pracę „Elementy rachunku prawdopodobieństwa w języku programowania APL" — opiekunowie: Irena Lisowska i Ewa Łakoma; Wojciechowi Słomczyńskiemu (II LO w Krakowie) za pracę „Funkcja potęgowo-wykładnicza i jej niektóre zastosowania" — opiekun: Stefan Gul; Jackowi Karwowskiemu (II LO w Toruniu) za pracę „Niegeometryczne definicje funkcji trygonometrycznych" — opiekun: Mirosław Uscki.

Pozostałe dwie prace: Piotra Fedczyszyna z LO w Rzepinie (opiekun: Leokadia Musolf) oraz Andrzeja Maroszczyka z I LO w Wodzisławiu Śląskim (opiekun: Bronisław Balicki) — obie poświęcone równaniom różniczkowym — wyróżniono.

W ten sposób zakończył się drugi już konkurs pisemnych prac maturalnych z matematyki organizowany przez Polskie Towarzystwo Matematyczne i redakcję Delty. Konkurs był dwustopniowy.

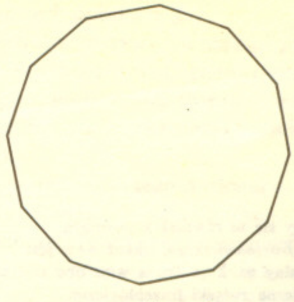
Nadesłane przez autorów prace opiniowane były przez matematyków, specjalistów z odpowiednich dziedzin matematyki.

Sąd konkursowy, któremu przewodniczył prof. Leon Jeśmanowicz, biorąc pod uwagę te opinie, osiem prac zakwalifikował do finału. Publiczna obrona prac odbyła się 13 września 1979 r. w czasie III Zjazdu Matematyków Polskich.

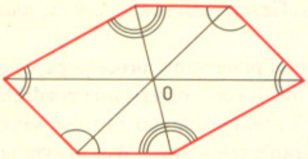
Zgodnie z tradycją następny konkurs prac maturalnych odbędzie się w przyszłym roku; regulamin konkursu opublikujemy w Delcie 2/1980.

Dr Jan WASZKIEWICZ

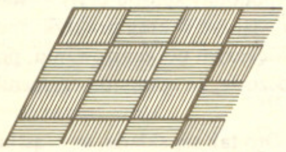
mała delta



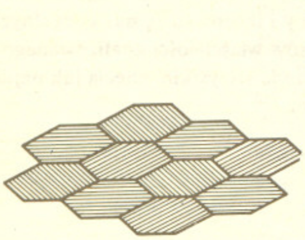
Rys. 1



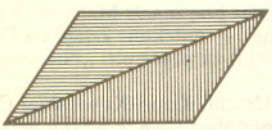
Rys. 2



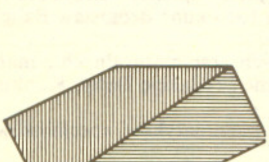
Rys. 3



Rys. 4



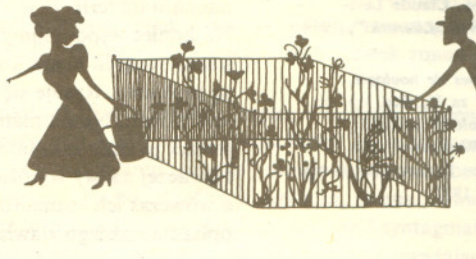
Rys. 5



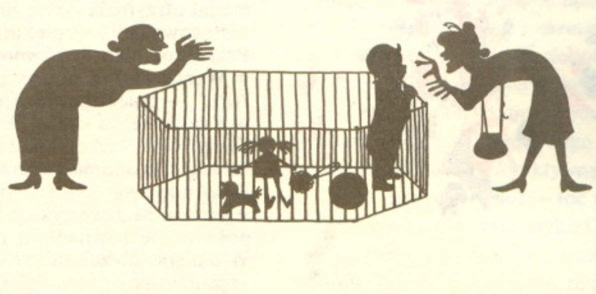
Rys. 6

Różne równoległoboki

Równoległobok dlatego tak się nazywa, że jego przeciwległe boki są równoległe (co więcej równe). Ale są wielokąty, których przeciwległe boki są równoległe i równe, a które nie są równoległobokami — po prostu dlatego, że nie są czworokątami (rys. 1). Właściwie to powinno się równoległobokiem nazywać każdy wielokąt o przeciwległych bokach równoległych. Nie walczmy jednak z utartą od kilkuset lat terminologią, tylko przyjrzyjmy się sześciorównoległobokom. Tak nazwijmy sześciokąty, których przeciwległe boki są równoległe i równe (rys. 2).

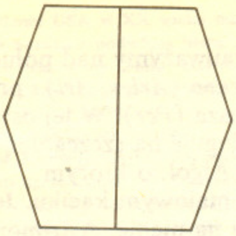


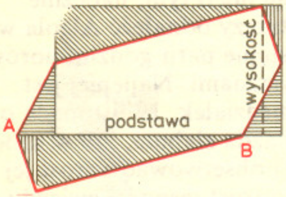
Leżące naprzeciw kąty równoległoboku są równe i tak samo jest dla sześciorównoległoboków. Przekątne dzielą się na połowy. Przecinają się w jednym punkcie. To ostatnie zdanie jest wprawdzie banałem dla równoległoboków (bo w ilu punktach mogą przecinać się dwa odcinki?), ale dla sześciorównoległoboków wymaga już pewnego uzasadnienia (rys. 2). Równoległobokami możemy zapełnić płaszczyznę (rys. 3), ale sześciorównoległobokami też (rys. 4).



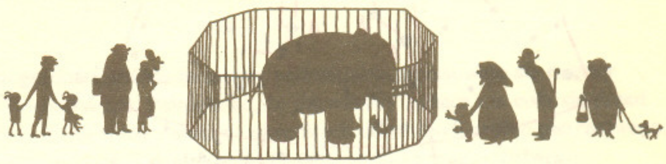
Każdy równoległobok powstaje przez złożenie dwóch przystających trójkątów (rys. 5). Sześciorównoległoboki są złożone w podobny sposób z dwóch czworokątów (rys. 6). Coraz bardziej przekonujemy się, że cztero- i sześciorównoległoboki mają rzeczywiście analogiczne własności; „analogiczne" nie znaczy jednak „dosłownie takie same".

Co ciekawego wiemy jeszcze o równoległobokach? No, na przykład to, że pole każdego z nich jest równe iloczynowi długości podstawy przez długość wysokości. Czy podobnie jest dla sześciorównoległoboków (rys. 7)? Nie bardzo. Nasza analogia trochę się chwieje, ale jeszcze można ją uratować, przyjmując odpowiednie, nieco sztuczne definicje podstawy i wysokości (rys. 8).

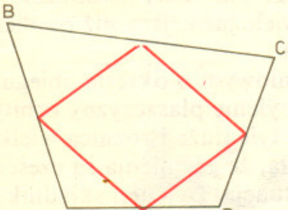

Rys. 7



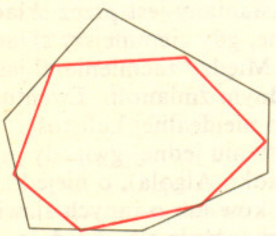
Rys. 8

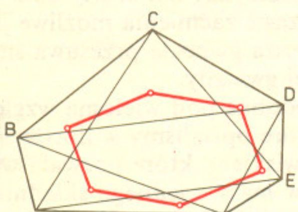


Weźmy dowolny czworokąt i połączmy środki jego boków. Utworzy się równoległobok (rys. 9). Połączmy wobec tego środki kolejnych boków sześciokąta (rys. 10). Spotkał nas zawód, wcale nie dostaliśmy sześciorównoległoboku. Czyżby rzeczywiście nasza analogia nie była taka dobra? Nie, tym razem sami sobie jesteśmy winni. Za dużo chcieliśmy. Sformułujmy odpowiednią własność czworokąta trochę inaczej:
Jeżeli w dowolnym czworokącie *ABCD* połączymy środki (ciężkości) kolejnych odcinków *AB*, *BC*, *CD*, *DA*, to otrzymamy równoległobok, i zastanówmy się, jak powinno wyglądać analogiczne twierdzenie dla sześciokątów.
Sensowny przykład to taki:
Jeżeli w dowolnym sześciokącie *ABCDEF* połączymy środki (ciężkości) kolejnych trójkątów *ABC*, *BCD*, *CDE*, *DEF*, *EFA*, *FAB*, to otrzymamy sześciorównoległobok, i rzeczywiście w tej wersji nasze twierdzenie się przenosi (rys. 11). Można to prosto wykazać posługując się geometrią analityczną i korzystając z tego, że współrzędne środka ciężkości układu punktów są średnimi arytmetycznymi współrzędnych danych punktów.

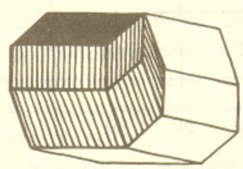


Rys. 9

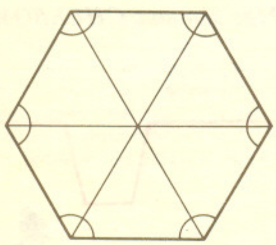

Rys. 10

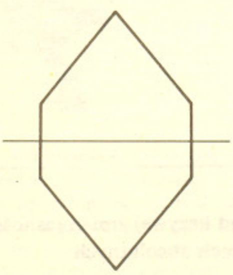


Rys. 11



Wszyscy wiemy, czym wyróżnia się prostokąt wśród równoległoboków. Ma wszystkie kąty proste (a więc równe), ma równe przekątne, ma oś symetrii prostopadłą do boków, można na nim opisać okrąg, można go otrzymać z kwadratu (czyli czworokąta foremnego) przez powinowactwo osiowe. Każda z tych własności wyróżnia prostokąt wśród równoległoboków. Co nazwać „prostokątem sześciokątnym"? Nie można powiedzieć, że jest nim sześciokąt o wszystkich kątach prostych, bo takiego sześciokąta nie ma. Pozostałe własności nadają się do przeniesienia na przypadek „sześciokątny" — tyle, że każda daje co innego (rys. 12, 13). Chyba rzeczywiście nie warto już ciągnąć naszej analogii. A może macie inne zdanie? Co by nazwać „rombem sześciokątnym"? Nie mamy tylko wątpliwości, że „sześciokwadrat" powinien być sześciokątem foremnym.

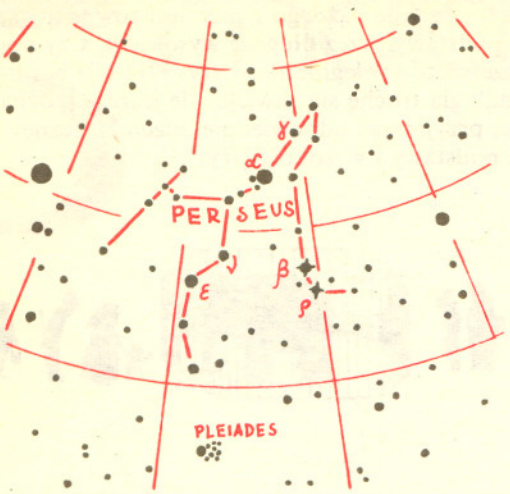

Rys. 12


Rys. 13

Małą Deltę opracował Michał SZUREK

Patrz w niebo

Patrząc wieczorem na niebo zauważymy nad południowym horyzontem gwiazdozbiór Barana (*Aries*, *Ari*) i prawie w zenicie gwiazdozbiór Perseusza (*Per*). W tej ostatniej konstelacji jedna gwiazda zasługuje na szczególną uwagę. Jest nią *β Persei*, czyli słynny Algol, o którym wspomnieliśmy już w naszym majowym kąciku. Jest to najjaśniejsza gwiazda zmienna na niebie. Astronomowie odkryli fakt, że jest ona zmienna, dopiero w XVII wieku, jednak bardzo łatwo, wiedząc już o tym, naocznie sprawdzić to odkrycie. Wystarczy odnaleźć Algola wśród gwiazd i kilkakrotnie, w odstępie paru godzin, porównać jego jasność z sąsiednimi gwiazdami. Najlepiej jest rozpocząć obserwację w poniedziałek, 19 listopada ok. godziny 20 i patrzeć, jak gwiazda słabnie, lub w sobotę 24 listopada ok. godziny 19 i obserwować wzrost jej jasności. Szybki spadek lub wzrost jasności gwiazdy trwa około 5 godzin. W maksimum jest ona niewiele słabsza od *αPer* i wyraźnie jaśniejsza niż *γPer*, natomiast w minimum jest tylko niewiele jaśniejsza niż okoliczne *ν* i *ϱPer* (patrz mapka obok).

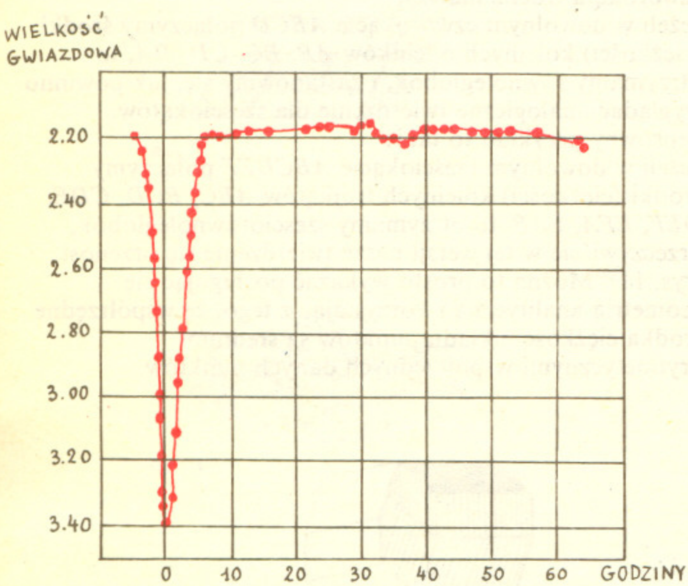


Algol jest układem zaćmieniowym o okresie obiegu 2 dni 20 godzin i 49 minut. Nachylenie płaszczyzny orbity do promienia widzenia jest na tyle duże i różnica wielkości składników jest na tyle mała, że zaćmienia są częściowe: nigdy nie zachodzi taka sytuacja, że jeden składnik układu całkowicie chowa się za drugim.

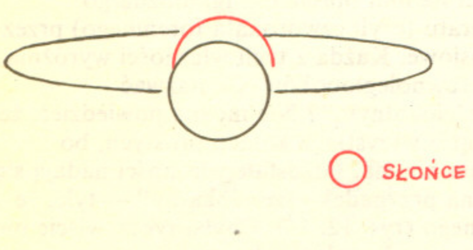
U gwiazd typu Algola (których znamy już prawie 3000) występują dwa zaćmienia: główne, gdy składnik o większej jasności powierzchniowej zasłaniany jest przez składnik o mniejszej jasności, i wtórne, gdy ciemniejszy składnik znajduje się za jaśniejszym. Między zaćmieniami jasność układu nie ulega prawie żadnym zmianom. Ewentualne wahania jasności świadczą o nieidealnej kulistości składników, o silnym oświetlaniu jednej gwiazdy przez drugą (jak właśnie w przypadku Algola), o niejednorodnej jasności powierzchni składników lub o innych zjawiskach w układzie. Jeśli obie gwiazdy różnią się wyraźnie wielkością i nachylenie płaszczyzny ich orbity do kierunku widzenia jest małe, to w czasie zaćmienia możliwe jest tzw. „płaskie dno", kiedy mniejsza gwiazda przesuwa się za tarczą (lub na tle) większej gwiazdy.

Układy typu Algola są podobne pod wieloma względami do układów typu *βLyr*, które opisaliśmy w lipcowej Delcie; podstawowym zjawiskiem, które pozwala wyróżnić te dwie klasy, jest przepływ masy z jednego składnika do drugiego, co występuje w układach typu *βLyr* i nie występuje w Algolach.

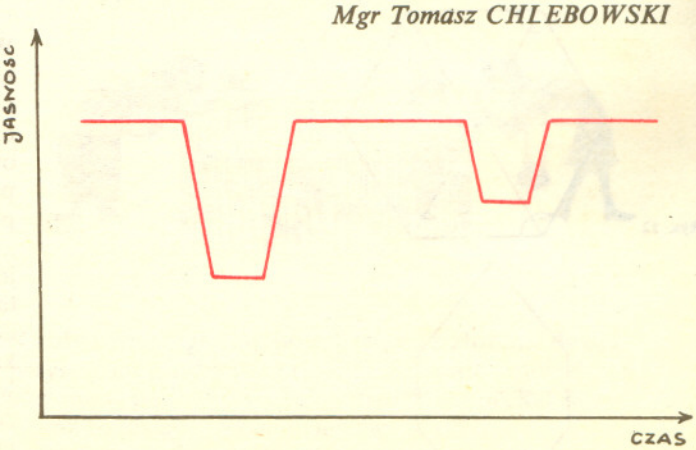
Mgr Tomasz CHLEBOWSKI



1. Krzywa zmian jasności układu *β Per* (Algola).



2. Algol w momencie minimum jasności (kiedy ciemny składnik zasłania największą część tarczy jasnej gwiazdy). Obok, dla porównania, zaznaczona jest wielkość tarczy słonecznej.



3. Schematyczny wygląd krzywej zmian jasności układu typu Algola o zaćmieniach absolutnych.

Laboratorium w lesie

Na tropie cząstek

Nie wszystkie zjawiska dają się zaobserwować naszym nieuzbrojonym okiem. Tak np., aby zaobserwować przepływ prądu, posługujemy się amperomierzem, aby zmierzyć długość danego obiektu, używamy przymiaru (niesłusznie nazywanego linijką).
Postarajmy się zaobserwować

Cząstki wirtualne

W lesie, czy zagajniku, w szczególności jeśli są to tereny podmiejskie, przesuwają się między drzewami chwiejne postacie. To nietrzeźwi. Pamiętając, że prawdziwy badacz nie cofa się przed niczym, przystąpmy do obserwacji (możemy i sami w warunkach domowych zrobić nietrzeźwego, przeznaczając około 0,5 litra 40% roztworu wodnego C_2H_5OH na 50 kg wagi trzeźwego i doliczając odpowiednią ilość na każde 10 kg jego wagi). Obserwując wnikliwie trasę, po której porusza się nietrzeźwy, spostrzegamy dwie ciekawe prawidłowości:

1 — Nietrzeźwy zmienia kierunek marszu napotykając przeszkodę (w naszym przypadku drzewo).
2 — Nietrzeźwy zmienia kierunek marszu również i bez widocznego powodu, tak jakby napotkana przeszkoda była dla naszego oka niewidzialna.

Jak wyjaśnić to zdumiewające zjawisko?

Otóż najwidoczniej nietrzeźwy w swej wędrówce po lesie zderza się z obiektami, których w żaden sposób nie można zaobserwować (rozpraszanie nietrzeźwych na cząsteczkach powietrza nie gra tu żadnej roli ze względu na bardzo małą masę tych cząsteczek). Obiekty te muszą mieć stosunkowo dużą masę (rzędu 1 kg lub więcej) na to, by w zauważalny sposób zmienić kierunek ruchu nietrzeźwego.
Taką samą sytuację spotykamy w świecie cząstek elementarnych. Wystarczy, jeśli na miejsce nietrzeźwych podstawimy np. elektrony, zamieniając przy okazji drzewa na ciężkie jądra atomowe. Wtedy owe niewidoczne obiekty przejdą we wspomniane na początku cząstki wirtualne.
Przypomnijmy pokrótce podstawowe własności cząstek wirtualnych. Po pierwsze, nie mogą one, z definicji, zostać zaobserwowane w żaden bezpośredni sposób. Możemy jedynie badać skutki ich obecności poprzez obserwację zmiany kierunku lotu cząstek rzeczywistych — w naszym przypadku nietrzeźwych. Po drugie, masa cząstki wirtualnej może być zupełnie dowolna i wiąże się z czasem trwania oddziaływań poprzez znaną zasadę nieoznaczoności

$$\Delta m \cdot \Delta t \geqslant \frac{1}{2}\hbar .$$

Przystępujemy do pomiarów. Z grupy nietrzeźwych wybieramy jednego łagodnego (w braku łagodnego możemy posłużyć się pomocą starszego brata) i obserwujemy jego ruch w określonym (dość dużym) czasie, licząc skrupulatnie liczbę zderzeń z drzewami (cząstkami!) wirtualnymi. Pomiary wykonujemy wielokrotnie dla różnych czasów, notując otrzymane wyniki w naszym dzienniku pomiarów. Następnie, dla każdego pomiaru obliczamy liczbę zderzeń na jednostkę czasu i wyciągamy średnią arytmetyczną. Otrzymamy w ten sposób średnią liczbę drzew (cząstek) wirtualnych zjawiających się w jednostce czasu. Pomiary możemy wykonać w lesie o różnym zagęszczeniu drzew, badając w ten sposób zależność liczby drzew wirtualnych od gęstości zadrzewienia. Odpowiada to oczywiście różnej gęstości jąder atomowych (np. protonów), przy czym maksymalna możliwa gęstość opisuje sytuację całkowicie zdegenerowanego gazu jądrowego, w którym cząstki wirtualne praktycznie wcale nie występują. Możemy to łatwo sprawdzić w lesie tak gęstym, że nasz nietrzeźwy z trudem przeciska się pomiędzy drzewami.
Wreszcie możemy wykonać nasze badania na otwartej przestrzeni (w próżni!). W ten sposób będziemy w stanie ocenić liczbę cząstek wirtualnych w próżni, czego nie udało się dotychczas osiągnąć żadnymi innymi metodami.
Na koniec propozycja dla eksperymentatorów bardziej zaawansowanych: Przy pomocy naszego nietrzeźwego (tu koniecznie łagodnego) możecie sprawdzić wyżej wypisaną zasadę nieoznaczoności. Wystarczy znać masę cząstki wirtualnej i czas trwania zderzenia z nią. Iloczyn tych wielkości powinien być większy od zamieszczonej w tablicach wartości stałej Plancka $\hbar$. Zastępując w tym iloczynie otrzymaną z pomiarów masę cząstki wirtualnej przez masę protonu, a czas trwania zderzenia przez typowy czas jądrowy (10^{-24} s) powinniście otrzymać liczbę niewiele różniącą się od wartości $\hbar$. Wynik ten jest jeszcze jednym argumentem na rzecz wirtualności obiektów, z którymi zderzają się nietrzeźwi.
A jak z obserwacji ruchu nietrzeźwego wyznaczyć masę owych cząstek i czas trwania zderzenia? Spróbujcie pogłowić się sami. Napiszcie do nas, jak sobie poradziliście. Najciekawsze wypowiedzi opublikujemy. Powodzenia!

Mme PIPSZTYCKA

Kolejni prezydenci USA w XX wieku mieli w imieniu lub nazwisku podwójną literę. Wyjątkiem był Eisenhower, który miał choć inicjał D.D., a ponadto był prezydentem 2 razy pod rząd. Na tej podstawie oczekiwano, że w wyborach w 1964 r. zwycięży znów Kennedy (chyba żeby miał kontrkandydata np. Rockefellera). Ale tragiczna śmierć Kennedy'ego w 1963 r. sprawiła, że ego następcą został Johnson i następni prezydenci nie mieli już podwójnej litery (Nixon, Ford, Carter).

Jeżeli 4 banany kosztują 3 centy,
to 3 banany kosztują 2 centy,
2 banany kosztują 1 centa,
1 banan kosztuje 0 centów
(opłaca się zatem kupować ten ostatni).

$1^2+28^2+31^2+32^2+55^2+61^2+68^2 =$
$= 17^2+20^2+23^2+44^2+49^2+64^2+67^2$
$1^4+28^4+31^4+32^4+55^4+61^4+68^4 =$
$= 17^4+20^4+23^4+44^4+49^4+64^4+67^4$
$1^6+28^6+31^6+32^6+55^6+61^6+68^6 =$
$= 17^6+20^6+23^6+44^6+49^6+64^6+67^6$
$1^8+28^8+31^8+32^8+55^8+61^8+68^8 =$
$= 17^8+20^8+23^8+44^8+49^9+64^8+67^8$
Niestety nie dla wszystkich wykładników jest analogicznie. Już dla 10 wzorek psuje się
$1^{10}+28^{10}+31^{10}+32^{10}+55^{10}+61^{10}+68^{10} =$
$= 17^{10}+10^{10}+23^{10}+44^{10}+49^{10}+64^{10}+67^{10}$,
a potem już jest zupełnie źle.

Jeżeli w kasie jest 8 banknotów 1000-złotowych, 8 stuzłotowych, 8 monet dziesięciozłotowych i 8 złotówek, to jest w niej 8888 zł. Zatem, gdy znajdzie się w niej 12 banknotów 1000-złotowych, 12 stuzłotowych, 12 dziesięciozłotówek i 12 złotówek, to będzie w niej 12121212 zł.

W dyskusji nad opisanym zjawiskiem zwrócono uwagę na promieniowanie Czerenkowa. Sprawa polega na tym, że przy wejściu w chaszcze, gdzie prędkość światła jest mała, ciało wypromieniowuje nadmiar energii w formie akustycznej.