

SPIS TREŚCI

NUMERU 8(164)

Jedność nauk przyrodniczych
prof. dr Józef Werle,
członek rzeczywisty PAN str. 1

Zadania str. 3

Czy geometrzy znają wszystkie grupy?
dr Zbigniew Marciniak str. 4

Czy istnieją dyski akrecyjne?
dr Zbigniew Loska str. 6

Mała Delta str. 8

Naprawdę się rusza str. 10

O tym, jak fizyki ciała stałego patrzy na układ okresowy pierwiastków
dr Andrzej Hennel str. 12

Klub 44 str. 14

Patrz w niebo str. 15

Drobniarzy str. 16

W następnym numerze:
Informatyka

„Delta”

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

Komitet Redakcyjny

dr Maciej Bryński
dr Bogdan Cichocki
dr Antoni L. Dawidowicz
dr Alicja Derkowska
doc. dr Jan A. Gaj
doc. dr Bolesław Gleichgewicht
doc. dr Tadeusz Jarzębowski
doc. dr Marcin Kubiak
mgr Andrzej Mąkowski
dr Zbigniew Plochocki
dr Jan Rempała
prof. dr Konrad Rudnicki
prof. dr Grzegorz Sitarski
prof. dr Józef I. Smak
prof. dr Kazimierz Stępień
prof. dr Mieczysław Subotowicz
doc. dr Andrzej Szymacha
doc. dr Aniela Wolska
prof. dr Andrzej Woszczyk
prof. dr Wojciech Zakowski —
przewodniczący

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty kwartalnej zł 105,— półrocznej zł 210,— rocznej zł 420,—

- dla osób prawnych — instytucji i zakładów pracy:
 - instytucje i zakłady pracy zlokalizowane w miastach wojewódzkich i pozostałych miastach, w których znajdują się siedziby oddziałów RSW „Prasa-Książka-Ruch”, zamawiają prenumeratę w tych oddziałach,
 - instytucje i zakłady pracy zlokalizowane w miejscowościach, gdzie nie ma oddziałów RSW „Prasa-Książka-Ruch” i na terenach wiejskich opłacają prenumeratę w urzędach pocztowych i u doręczycieli.
 - dla osób fizycznych — indywidualnych prenumeratorów:
 - osoby fizyczne zamieszkałe na wsi i w miejscowościach, gdzie nie ma oddziałów RSW „Prasa-Książka-Ruch”, opłacają prenumeratę w urzędach pocztowych i u doręczycieli,
 - osoby fizyczne zamieszkałe w miastach — siedzibach oddziałów RSW „Prasa-Książka-Ruch” opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych nadawczo-oddawczych właściwych dla miejsca zamieszkania prenumeratora. Wpłaty dokonują używając „blankietu wpłaty” na rachunek bankowy miejscowego oddziału RSW „Prasa-Książka-Ruch”.
 - Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto NBP XV Oddział w W-wie Nr 1153-201045-139-11. Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę pocztą zwykłą jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceńodawców indywidualnych i o 100% dla zlecających instytucji i zakładów pracy.
- Terminy przyjmowania prenumeraty na kraj i za granicę:
— do dnia 10 listopada na I kwartał, I półrocze roku następnego oraz cały rok następny,
— do dnia 1-go każdego miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty roku bieżącego.

Cena 1 egzemplarza zł 35,—

Redaguje kolegium w składzie:

mgr inż. Krzysztof Biesaga
mgr Maciej Jędrzejczak — z-ca red. nac.
mgr Krystyna Kordos — sekr. red.
dr hab. Marek Kordos — red. nac.
dr Tomasz Kwast — z-ca red. nac.
mgr inż. arch. Mariola Łotysz
dr Andrzej Majhofer
mgr Anna Rudnik
dr Jerzy Ryll
mgr Joanna Udalska
mgr Jan Zalewski

Adres Redakcji
ul. Koszykowa 6a
00-564 Warszawa
tel. 21-19-85

Krajowe Wydawnictwo Czasopism

RSW „Prasa—Książka—Ruch”
ul. Noakowskiego 14
00-666 Warszawa
tel. centr. 25-72-91 do 93
Biuro Reklam i Propagandy
tel. 25-56-26
Nakład 25 000 egz. Objętość 2 ark. wyd;
2,50 ark. druk;
papier offsetowy V kl. 70 g.
Wydrukowano w Drukarni
im. Rewolucji Październikowej
Warszawa, ul. Mińska 65.
Nr zam. 4449/12/87. K-4.

Jedność nauk przyrodniczych

Prof. dr Józef WERLE,
członek rzeczywisty PAN

Nauki przyrodnicze nie staną się wieżą Babel specjalistów

Ponad 400 lat rozwoju nowożytnych nauk przyrodniczych cechuje narastająca lawinowo liczba naukowo sprawdzonych faktów: nieznanych uprzednio zjawisk i obiektów przyrody. Warto zwrócić też uwagę na to, że coraz większa część naszej wiedzy przyrodniczej dotyczy zjawisk bezpośrednio zmysłowo niedostrzegalnych, które można wykryć i zbadać jedynie za pomocą odpowiedniej aparatury przygotowawczej, detekcyjnej i pomiarowej, jak np. różnorodnych akceleratorów, generatorów, mikroskopów, teleskopów, woltomierzy, amperomierzy, spektrometrów, liczników cząstek itd. Oszałamiający wzrost liczby faktów empirycznych prowadzi do powstawania coraz większych specjalizacji naukowych, wyłaniających się bądź przez podział dawniejszych dyscyplin, bądź w wyniku odkrywania zupełnie nowych zjawisk.

Wąska specjalizacja jest niewątpliwie konieczna i korzystna dla rozwoju nauki i jej zastosowań. Przy czysto fenomenologicznym podejściu do uprawianej specjalności wielu naukowców przecenia jednak odrębności wynikające nieuchronnie z wyboru różnych przedmiotów zainteresowania. Skłonni są oni wyolbrzymiać związane z tym konkretnie różnice specjalistycznego nazewnictwa, różnice rzeczowyście powodujące istotne trudności porozumienia się przedstawicieli różnych specjalności.

W szerokich warstwach społeczeństwa upowszechnił się więc skomplikowany obraz nauk przyrodniczych jako tworu zupełnie nie dającego się ogarnąć i zrozumieć, tworu przywodzącego na myśl biblijną opowieść o budowie wieży Babel. Czy rzeczywistość jest to obraz dobrze oddający aktualną sytuację nauk przyrodniczych? Czy współczesnym naukom przyrodniczym naprawdę grozi rozpadnięcie na zupełnie nie powiązane, wąskie specjalności, które nie będą miały wspólnego języka? Odpowiedź na te niepokojące pytania jest na szczęście negatywna. Otóż, niejako równoległe do szybkiego wzrostu liczby poznawanych faktów obserwujemy niezwykle frapujące i zadziwiające procesy scalania i ujednolicania (integracji) wszystkich nauk przyrodniczych. Integracja ta stała się możliwa dzięki wprowadzeniu do wszystkich nauk przyrodniczych tej samej strategii badawczej w postaci wspólnych, ogólnych zasad naukowej metody badań przyrodniczych i tego samego ogólnego języka, którym stał się język podstawowych pojęć fizyki. Wspólnota tego języka wynika z jednej strony ze stosowania w fizyce i chemii, astronomii i geologii, biologii i medycynie w zasadzie identycznych lub pokrewnych aparatów pomiarowych i z drugiej strony z możliwości opisanego coraz większego zakresu zjawisk przyrody przez powstające w ostatnich 150 latach coraz dokładniejsze, ogólniejsze i coraz bardziej syntetyczne, matematyczne teorie fizyczne.

Uznając fundamentalne znaczenie faktów empirycznych należy pamiętać, że nie można zrozumieć przyrody, nie można przewidywać nowych zjawisk i skutków działania praktycznego mając tylko — nawet bardzo dokładne — katalogi faktów. Przyrodę możemy zrozumieć jedynie za pomocą adekwatnych, syntetycznych teorii opisujących w jednolity sposób nieskończoną liczbę pozornie zupełnie odmiennych faktów, teorii uwypuklających głębokie związki zwane prawami natury. Ten zdumiewający i urzekający proces integracji nauk przyrodniczych nie jest powszechnie znany i należyć rozumiany.

Integracja fizyki makroskopowej

Postaram się więc naszkicować najważniejsze etapy tego procesu. Otóż: trzeba pamiętać, że jeszcze paręset lat temu fizykę, chemię, astronomię, geologię i biologię uważano za zupełnie niezależne nauki zajmujące się badaniami nie powiązanych zjawisk przyrody, wywołanych przez zupełnie odrębne siły fizyczne, chemiczne, witalne, geologiczne, astralne itd. To samo dotyczyło również różnych działów właściwej fizyki, a więc opisu zjawisk mechanicznych, optycznych, akustycznych, termicznych,

elektrycznych i magnetycznych, które również uważano za wzajemnie niezależne. Pierwszego przełomu w tym rozczłonkowanym obrazie przyrody dokonał już w końcu XVII w. Isaac Newton. Sformułował on trzy uniwersalne zasady mechaniki klasycznej i uzupełnił je zasadą powszechnego ciężenia. Teoria Newtona wyrażona w ścisłym, ilościowym języku matematycznym podawała bardzo prosty i jednolity opis wszystkich zjawisk mechanicznych zachodzących na Ziemi i poza nią. Na tej podstawie można było obliczyć ruchy dowolnych ciał ze znajomości działających na nie sił i warunków początkowych. Teoria Newtona opisuje bardzo dobrze zachowanie (makroskopowych) punktów materialnych oraz tzw. ośrodków ciągłych, tj. gazów, cieczy i ciał sprężystych. Te same ogólne równania mechaniki opisują także ruchy Słońca, planet, komet i innych ciał niebieskich. W ten sposób teoria ośrodków ciągłych, akustyka i astronomia pozycyjna stały się częścią mechaniki.

Następny ważny krok w kierunku unifikacji fizyki makroświata dokonał się dopiero w połowie XIX w., gdy sformułowano dwie pierwsze zasady termodynamiki, wiążące w ramach jednej wspólnej teorii zjawiska cieplne z mechanicznymi, zachodzącymi w ośrodkach ciągłych. Jeszcze bardziej spektakularne było osiągnięcie Jamesa Clerka Maxwella, który około 1870 r. powiązał w ramach jednej, stosunkowo prostej teorii zjawiska elektryczne, magnetyczne oraz optyczne i przewidział istnienie fal elektromagnetycznych o dowolnej długości. Własności statycznych pól elektrycznych, magnetycznych, prądów stałych i zmiennych, tudzież cała klasyczna optyka wynikają z równań Maxwella jako przypadki szczególne bądź przybliżenia. Sprezycowana została też postać siły działającej na poruszający się ładunek elektryczny, a więc siły, którą należało podstawić do równań mechaniki Newtona, by móc obliczyć ruchy ładunków w polu elektromagnetycznym. W ten sposób elektrodynamika została związana z mechaniką (dynamiką), co znajduje wyraz w samej nazwie tej teorii.

Istniejące początkowo trudności w interpretacji znaczenia oraz zasięgu stosowności równań Newtona i Maxwella zostały na początku XX w. usunięte przez Alberta Einsteina w jego słynnej szczególnej teorii względności. Teoria ta przewidywała wprowadzenie do równań Newtona pewnych poprawek, które jednak stają się istotne dopiero przy bardzo wielkich prędkościach rzędu prędkości światła. Tak skorygowana teoria Newtona wraz z powiązaną z nią elektrodynamiką i termodynamiką klasyczną stanowi trójcę najogólniejszych, syntetycznych klasycznych teorii makroskopowych, opisujących w jednolity sposób ogromny zakres zjawisk. W pewnej izolacji od tej trójcy pozostaje jeszcze ostatnia z wielkich teorii makroskopowych, zwana ogólną teorią względności lub teorią grawitacji Einsteina.

Integracja fizyki i chemii na bazie atomistyki

W drugiej połowie XVIII w. wprowadzono do chemii dokładne, fizyczne metody pomiarowe. Doprowadziło to wkrótce do odkrycia kilku zaskakujących praw stechiometrii: prawa stosunków stałych, stosunków wielokrotnych i stosunków równoważnikowych. Dalton wytłumaczył bardzo prosto te skądinąd niezrozumiałe prawa proponując unowocześnioną wersję hipotezy atomowo-molekularnej struktury materii. Według tej hipotezy podstawowymi, najmniejszymi i niepodzielnymi cząstkami (ziarnami) wszelkiej materii miały być atomy stosunkowo nielicznych pierwiastków chemicznych. Atomy mogą się łączyć w różnorodne konglomeraty zwane molekułami. Wszystkie molekuly tego samego związku chemicznego są jednakowe, tzn. mają taki sam skład atomowy i tę samą strukturę przestrzenną. Hipoteza Daltona stała się wkrótce przedmiotem intensywnych badań fizyków, którzy dostrzegli jej potencjalne możliwości wykraczające znacznie poza obszar chemii. Hipoteza ta stała się mianowicie głównym filarem niezwykle pasjonującego i ambitnego programu sprowadzenia (redukcji) wszelkich własności i praw makroświata do niewielu bardzo poglądowych i prostych własności mikroskopowych cząstek składowych. Począwszy od połowy XIX w. zaczęły powstawać modele tzw. kinetycznej teorii gazów jako najprostszyc ciał makroskopowych. Modele te dawały prostą interpretację takich makroskopowych wielkości, jak temperatura, energia wewnętrzna, entropia itd. Z drugiej strony udało się za ich pomocą wyprowadzić równania stanu gazów oraz obliczyć różne parametry makroskopowe, np. współczynniki lepkości, dyfuzji itp.

Zgodnie z tym programem własności ciał makroskopowych miały wynikać jako wartości średnie z odpowiednich praw i własności mikrocząstek. Powstały więc różne klasyczne teorie statystyczne proponujące różne sposoby uśredniania, ale oparte na założeniu, że prawa fizyki mikroświata są w zasadzie takie same jak znane już prawa mechaniki makroświata.

Na początku XX w. stało się jasne, że założenie to nie może być prawdziwe. Poza tym już w końcu XIX w. odkryto ziarnistą strukturę elektryczności i fakt, że atomy nie są sztywnymi, niepodzielnymi kulkami materii, lecz zawierają elektrony i dodatnie ładunki elektryczne. Kilkanaście lat po odkryciu jądra atomowego, około 1925 r., powstała mechanika kwantowa atomów i molekuł. Usunęła ona poprzednie sprzeczności postulując dla mikroświata zupełnie inne, kwantowe prawa fizyki. Ta koncepcyjnie zupełnie nowa, rewolucyjna teoria opisuje w jednolity sposób i w doskonałej zgodzie z doświadczeniem ogromny zakres zjawisk zarówno tzw. czysto fizycznych, jak i zaliczanych dawniej do „czystej chemii”. Piękną, ilościową interpretację znajdującą w mechanice kwantowej liczne odkryte przez chemików prawidłowości, jak np. okresowy układ pierwiastków oraz dawniej raczej niejasne pojęcia powinowactwa, podobieństwa chemicznego i wartościowości. Tak to już około 50 lat temu dokonano się ostateczne włączenie chemii do fizyki. Z teoretycznego punktu widzenia chemia stała się więc częścią fizyki. Oznacza to, że chemia nie ma odrębnych ogólnych teorii, a zjawiska zwane chemicznymi opisywane są w zadowalający sposób przez już istniejące teorie fizyczne: termodynamikę, elektrodynamikę ośrodków ciągłych, a przede wszystkim przez mechanikę kwantową wraz z opartymi na niej teoriami statystycznymi. Język pojęć fizyki stał się językiem chemii. Oczywiście nie dotyczy to np. nazewnictwa związków chemicznych, ale nie ono jest przecież istotne, lecz własności tych związków opisywane za pomocą pojęć fizycznych.

Unifikacja fundamentalnych oddziaływań

Proces powstawania coraz bardziej syntetycznych, coraz ogólniejszych i dokładniejszych teorii mikroświata nie zakończył się, oczywiście, na mechanice kwantowej. Około 1950 r. powstała jeszcze ogólniejsza teoria zwana elektrodynamiką kwantową. Opisuje ona w doskonałej ilościowej zgodzie z doświadczeniem oddziaływania elektronów ze skwantowanym polem promieniowania elektromagnetycznego. Jest to w tej chwili najdoskonalsza z istniejących, dobrze sprawdzonych już teorii mikroświata, obejmująca ogromny zakres zjawisk. Tak się bowiem szczęśliwie składa, że o własnościach fizycznych, chemicznych i ... biologicznych atomów, molekuł, jonów i złożonych z nich ciał makroskopowych w normalnych ziemskich warunkach decydują wyłącznie oddziaływania elektromagnetyczne, które są wystarczająco dobrze opisane przez elektrodynamikę kwantową, lub nawet — w bardzo szerokim zakresie — przez mechanikę kwantową.

Po odkryciu w drugiej połowie XX w. licznych nowych cząstek elementarnych (mezonów, barionów, leptonów itd.), a nawet subelementarnych (kwarków, gluonów) fizycy dążą do konstrukcji jeszcze ogólniejszej teorii cząstek elementarnych czy raczej oddziaływań elementarnych. Na szczęście są tylko cztery zasadniczo różne typy oddziaływań elementarnych: grawitacyjne, słabe, elektromagnetyczne i silne. Te ostatnie, najmniej znane i najbardziej kłopotliwe, są odpowiedzialne m.in. za silne związanie neutronów i protonów w jądrach atomowych, za wielkie ilości energii wyzwolanej w procesach jądrowych zachodzących w reaktorach i bombach jądrowych oraz we wnętrzu Słońca i innych gwiazd.

Bardzo niedawno, bo w ostatnim dziesięcioleciu, dokonał się dalszy znaczny postęp na drodze unifikacji opisu różnych zjawisk przyrody. Powstała mianowicie teoria integrująca oddziaływania słabe z elektromagnetycznymi. Szereg ważnych przewidywań tej nowej teorii znalazło już swoje eksperymentalne potwierdzenie (np. istnienie nowych, ciężkich bozonów W i Z oraz istnienie słabych prądów neutralnych). W tej sytuacji coraz częściej używa się terminu oddziaływania elektro-słabe, podkreślającego odkryte związki.

Sytuacja z silnymi oddziaływaniami nie jest jeszcze równie zadowalająca, choć tzw. chromodynamika kwantowa jest uważana przez wielu fizyków za poważną kandydatkę do statusu fundamentalnej i uniwersalnej teorii wszelkich silnych oddziaływań. Jest to jednak teoria nader skomplikowana oraz trudna do stosowania i chociażby z tego powodu jeszcze

niedostatecznie sprawdzona. Niezależnie od niej rozwijane są od wielu lat liczne modele matematyczne opisujące różne własności cząstek elementarnych oraz jąder i reakcji jądrowych. Choć nie mają one charakteru uniwersalnego, to mają duże walory praktyczne i teoretyczne. Pozwalają bowiem nie tylko wykonywać oszacowania potrzebne np. do konstruowania reaktorów jądrowych i bomb, lecz także na zrozumienie procesów zachodzących we wnętrzu Słońca i innych gwiazd oraz ewolucji całego Wszechświata.

Podjęmuje się też próby konstrukcji jeszcze bardziej syntetycznych i ogólnych modeli integrujących wszystkie fundamentalne typy oddziaływań. Mimo ich matematycznego piękna mają one charakter zbyt spekulatywny i nie mogą być jeszcze uznane za sprawdzone teorie fizyczne. Niemniej jednak należy pamiętać, że — w świetle dotychczasowych sukcesów w tworzeniu coraz ogólniejszych teorii fizycznych coraz wyższego rzędu — wiara fizyków w istnienie jednolitej teorii wszystkich fundamentalnych oddziaływań ma realne podstawy i nie jest czysto irracjonalną mrzonką grupy oderwanych od rzeczywistości marzycieli.

Patrząc wstecz na dotychczasową historię integracyjnych osiągnięć teorii fizycznych należy wyodrębnić dwa etapy. Na pierwszym etapie miało miejsce scalenie wielu pozornie zupełnie różnych zjawisk w ramach zaledwie paru syntetycznych makroskopowych teorii (powiązanych także wzajemnie, choć jeszcze raczej luźno). Odkryte na tym etapie związki i prawa przyrody są urzekająco, niemal cudownie proste i pogładowe. Na drugim etapie w centrum zainteresowania fizyków znalazły się badania mikroświata, a więc kolejno: molekuł, atomów, jonów, jąder, cząstek elementarnych i wreszcie subelementarnych. Własności mikrocząstek są interesujące same w sobie, ale równie ważne są ich makroskopowe konsekwencje, tzn. własności ciał makroskopowych wynikające z ich mikroskopowej struktury.

Niestety, mikrocząstki nie są bezpośrednio zmysłowo dostrzegalne i do ich badania potrzebna jest skomplikowana aparatura przygotowawcza i pomiarowa oraz długi łańcuch obliczeń i rozumowań. Ponadto od powstania mechaniki kwantowej wiemy, że prawa fizyki mikroświata są inne od praw makroświata. Teorie mikroskopowe są więc z natury rzeczy mniej pogładowe, bardziej abstrakcyjne, a związek między występującymi w teorii symbolami a wynikami pomiarów jest nader złożony. W tej sytuacji musi zdumiewać, że mimo tych trudności udało się w ostatnich kilkudziesięciu latach poznać dobrze tak wiele zaskakujących własności mikroświata i wykorzystać wiele z nich do celów praktycznych. Wspólnota fundamentalnych oddziaływań między mikrocząstkami wchodzącymi w skład wszystkich form materii stanowi bardzo przekonywujące i pogładowe uzasadnienie dwóch bardzo ogólnych, ale niezwykle stymulujących zasad integrujących całe przyrodoznawstwo, a mianowicie zasady jedności materii i uniwersalności praw fizyki. I rzeczywiście, teorie fizyczne opisują w zadowalający i jednolity sposób ogromny obszar zjawisk nie tylko z zakresu należącego do tradycyjnej fizyki, lecz także astronomii, chemii i geologii, a więc całej przyrody nieożywionej.

Uniwersalne fizyko-chemiczne podstawy procesów życiowych

Powstaje frapujące pytanie, w jakim stopniu ta integracja nauk przyrodniczych obejmuje biologię, a więc przyrodę ożywioną. Przez bardzo długi okres w centrum zainteresowania biologów znajdowało się poszukiwanie i rejestrowanie uprzednio nieznanych, ale występujących w naturze gatunków roślin i zwierząt. Dopiero około połowy XVIII w. Linneusz rozszerzył ubogą, pochodzącą jeszcze od Arystotelesa klasyfikację roślin i zwierząt tworząc nową, bardziej systematyczną i rozbudowaną, opartą na pojęciach rodziny, rodzaju, gatunku i odmiany. Również on opierał się jednak na powierzchniowych podobieństwach i różnicach dających się dostrzec gołym okiem lub za pomocą najprostszych narzędzi wspomagających wzrok. Głębsza pomoc fizyki była dla tego zakresu badań biologicznych właściwie niepotrzebna. To samo można powiedzieć także o anatomii, która mimo bardzo starożytnego rodowodu aż do czasów najnowszych była czysto opisowa i nie dociekała przyczyn badanych zjawisk.

Natomiast fizjologia była niemal od początku swego istnienia znacznie mocniej związana z fizyką i chemią. Związek ten pogłębiał się coraz bardziej w toku historycznego rozwoju tego działu biologii. W połowie XIX w. powstały dwie wielkie teorie

biologiczne: sformułowana przez Charlesa Darwina teoria ewolucji i komórkowa teoria życia. Obie teorie odegrały ważną rolę integracyjną w biologii. Teoria ewolucji postulowała daleko idącą zmienność gatunków roślin i zwierząt, implikując możliwość powstawania w historii życia na Ziemi coraz liczniejszych, coraz bardziej różnorodnych i złożonych organizmów wywodzących się ze znacznie mniejszej liczby ciągów ewolucyjnych. Te zaś przypuszczalnie wyrastały ze wspólnego pnia w postaci bardzo prymitywnych, najprostszych form życia. Teoria komórkowa głosiła, że wszystkie organizmy żywe składają się z bardzo podobnych elementów składowych, którymi są komórki. Nasuwa się od razu analogia pojęć komórki w biologii i atomu w fizyce i chemii. Stało się jasne, że w komórkach należy szukać klucza do zrozumienia podstawowych procesów życiowych: rozmnażania, dziedziczenia, wzrostu, metabolizmu, wreszcie chorób, zwyrodnienia, starzenia się i śmierci. Rozwój badań wnętrza komórki wymagał wprowadzenia coraz bardziej wyrafinowanych, ilościowych metod fizyki i chemii. Doprowadziło to do wyodrębnienia biochemii i biofizyki jako nauk mających na celu rozwiązywanie problemów biologicznych za pomocą metod eksperymentalnych i pojęć teoretycznych chemii i fizyki. Szczególnie szybki i bogaty w fundamentalne odkrycia rozwój tych badań nastąpił w ciągu ostatnich paru dziesiątków lat. Okazało się, że decydująca dla funkcjonowania komórki, a w szczególności dla procesów dziedziczenia, wzrostu, powstawania chorób genetycznych, mutacji itd. jest struktura wielkich molekuł kwasów nukleinowych, białek, enzymów itp. Badaniem składu, struktury geometrycznej i procesów replikacji tych molekuł zajmuje się najnowsza i najbardziej podstawowa nauka o życiu, a mianowicie biologia molekularna. Operuje ona niemal wyłącznie pojęciami i metodami eksperymentalnymi fizyki i chemii, które doprowadziły już do kilku fundamentalnych odkryć, np. do ustalenia struktury DNA, RNA, rozwikłania tzw. kodu genetycznego — sposobu przekazywania informacji genetycznej przy podziale komórek itd., itd.

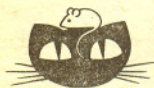
Oczywiście jest to dopiero początek, a do zrozumienia tajemnic życia brakuje nam jeszcze bardzo wiele, ale dotychczasowe osiągnięcia badawcze i praktyczne zastosowania biofizyki

i biochemii, a szczególnie biologii molekularnej, wzmacniają nasze przekonanie o stosowności zasad jedności materii i uniwersalności praw fizyki również do organizmów żywych. Powstaje jednak pytanie, czy wszystkie procesy życiowe dają się sprowadzić do odpowiednich procesów fizyko-chemicznych. Ze względu na niezwykle skomplikowaną budowę organizmów żywych z pewnością nie uda się nigdy osiągnąć w pełni tego celu. Niemniej jednak należy iść w tym kierunku dalej — bo jest to w każdym razie bardzo płodny, obiecujący i stymulujący kierunek badań, ponieważ proponuje konkretne środki i prowadzi do konkretnych, sprawdzalnych, ilościowych wyników.

Nawet przyjmując, że prawa fizyki wystarczają do opisu wszelkich organizmów i procesów życiowych, nie oznacza to jeszcze, że pełna redukcja biologii do fizyki i chemii będzie kiedykolwiek wykonalna. Nawet jeśli przypuścimy, że znamy już (lub wkrótce poznamy) potrzebne do tego teorii fizyczne (co nie jest jeszcze zupełnie pewne), to nie widać technicznych możliwości dokonania dostatecznie dokładnej analizy wszystkich konsekwencji tych teorii zastosowanych do tak skomplikowanych tworów jak żywe organizmy. Sądzę więc, że program naukowy polegający na badaniu struktury ważnych dla życia molekuł i przebiegu reakcji między nimi będzie jeszcze długo dostarczał wielu fascynujących i fundamentalnych odkryć wyjaśniających podstawy życia w języku fizyki mikroświata. Natomiast dla zrozumienia funkcjonowania całych organizmów żywych — skomplikowanych tworów makroskopowych — obecne języki i teorie fizyki są z pewnością niewystarczające. Konieczne będzie więc jednoczesne tworzenie i doskonalenie adekwatnych języków makroskopowych (holistycznych). Czy przyszłe, doskonalsze od dzisiejszych języki makroskopowej biologii będą miały ścisły, ilościowy i komunikatywny charakter języków fizycznych? W tej chwili wydaje się to bardzo trudne, ale dążenie do wprowadzania — gdzie się tylko da — metod ilościowych z pewnością stymuluje badania naukowe.

Natomiast założenie z góry bezskuteczności takich dążeń prowadzi do zaniechania uczynienia z biologii nauki możliwie ścisłej. Jeśli istnieją (a pewnie istnieją) granice ścisłego poznania, to granice te powinna wyznaczyć nam sama natura, a nie subiektywne pesymizm i nieuzasadnione spekulacje umysłu ludzkiego.

Zadania



Redaguje dr Rafał SZTENCEL

M 478. Na każdym polu szachownicy o wymiarach 19×19 stoi pionek. Przesuwamy każdy pionek na sąsiednie (w pionie lub poziomie) pole. Czy może zdarzyć się tak, by w dalszym ciągu na każdym polu stał jeden pionek?

Rozwiązanie na str. 14

M 479. Wielomian stopnia m przyjmuje wartości całkowite w punktach $a, a+1, \dots, a+m$, dla pewnego a całkowitego. Udowodnić, że dla każdego x całkowitego $f(x)$ jest całkowite.

Rozwiązanie na str. 14

M 480. Mamy w_1 woreczków, zawierających co najmniej jedną monetę, w_2 — co najmniej dwie, ..., w_k — co najmniej k . Żaden woreczek nie zawiera więcej niż k monet. Ile jest razem monet?

Rozwiązanie na str. 7

F 226. Dach nachylony do poziomu pod kątem $\varphi = 30^\circ$, pokryty jest ołowianymi płytami o masie m . W ciągu doby temperatura zmienia się od $T_1 = 10^\circ\text{C}$ w nocy do $T_2 = 20^\circ\text{C}$ w dzień powodując ochładzanie się i ogrzewanie pokrycia dachu. Przyjmując, że długość płyty wynosi $l = 1$ m, oszacować, na jaką odległość od położenia początkowego spełnie w dół pojedyncza płyta w ciągu jednego miesiąca ($n = 30$ dób). Współczynnik tarcia ołowianej płyty o konstrukcję dachu wynosi $\mu = 0,7$ ($\mu > \tan\varphi$), a współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej $\alpha = 3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Dodatkowo zakładamy, że nagrzewanie odbywa się na tyle wolno, że płyta pozostaje cały czas w stanie równowagi mechanicznej (por. Delta nr 4/1983, gdzie podobne zadanie było analizowane jakościowo).

Rozwiązanie na str. 6

F 227. W rurce o polu przekroju S , zamkniętej z jednego końca, znajduje się tłok o masie m . Umieszczony jest on w odległości l od zamkniętego końca. Po obu stronach tłoka znajduje się powietrze o ciśnieniu p_0 (drugi koniec rurki jest otwarty). Rurka zaczyna wirować z prędkością kątową ω wokół pionowej osi przechodzącej przez zamknięty koniec. W jakiej odległości od zamkniętego końca znajdzie się tłok? Tarcie zaniedbujemy, a temperaturę powietrza można przyjąć za stałą.

Rozwiązanie na str. 5

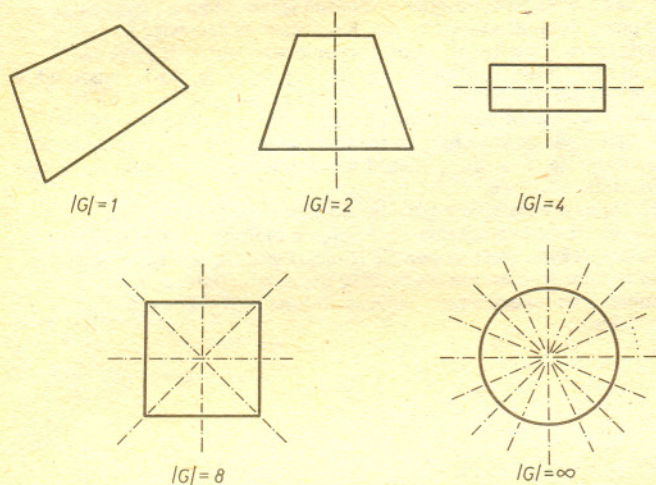
Redaguje dr Rafał STAROŃSKI

Z pojęciem grupy spotykamy się na lekcji geometrii. Dla zadanej figury, np. wielokąta, wyróżniamy zbiór tych izometrii płaszczyzny, które zachowują naszą figurę. Zbiór ten tworzy grupę, ze składaniem przekształceń jako działaniem grupowym. Pozwala ona mierzyć symetryczność rozważanego obiektu: im bardziej symetryczny, tym bogatsza jest jego grupa.

Niech w zbiorze G będzie określone działanie dwuargumentowe i wyróżniony element e . Zbiór G nazwiemy grupą, jeśli spełnione są warunki:

- a) $a(bc) = (ab)c$,
- b) $ae = ea = a$,
- c) dla każdego $a \in G$ istnieje $a' \in G$ taki, że $aa' = a'a = e$.

Jeśli ponadto dla dowolnych $a, b \in G$ zachodzi $ab = ba$, to grupę nazywamy przemienną.



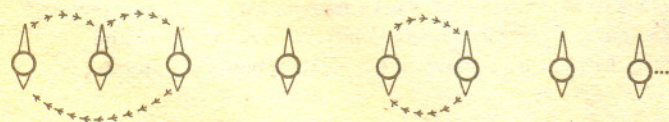
$|G|$ oznacza liczbę elementów w grupie G .

Podobnie możemy badać grupy symetrii brył, a nawet figur wyżej wymiarowych.

Można też rozważać zadanie odwrotne: mamy opisaną grupę G , czy istnieje figura F , dla której G jest grupą izometrii. Jeśli ją znajdziemy, to mówimy, że zrealizowaliśmy G jako grupę izometrii figury F . Np. grupę liczb całkowitych z dodawaniem można zrealizować jako grupę izometrii następującej figury:



Przykłady grup można też uzyskiwać na różnych drogach, na przykład tak. Niech N oznacza zbiór liczb naturalnych. Permutację $\sigma: N \rightarrow N$ nazwiemy leniwą, jeśli mamy $\sigma(n) \neq n$ tylko dla skończenia wielu liczb n . Inaczej mówiąc, σ zostawia prawie wszystko po staremu. Łatwo sprawdzić, że zbiór permutacji leniwych tworzy grupę ze względu na składanie przekształceń. Oznaczamy ją S_∞ . Jest ona dobrym modelem opisującym zachowanie (nieskończonego) stada wron, które siedzą rzędem na śniegu — co jakiś czas kilka spośród nich zamienia się miejscami. A oto widok z góry po takiej zamianie:



Ślady na śniegu znaczą sposób poruszania się wron, czyli opisują pewną permutację leniwą. Ślady te układają się w zamknięte wianuszki, co matematycy zwykli nazywać rozkładem permutacji na cykle.

Grupa S_∞ ma ciekawą własność: wszystkie istniejące na świecie grupy skończone są jej podgrupami.

Podgrupą grupy G nazywamy podzbiór w G , który jest grupą względem mnożenia w G .

Zastanówmy się nad następującym pytaniem: czy grupa S_∞ mogła się pojawić na lekcji geometrii? Innymi słowami, czy można zrealizować S_∞ jako grupę izometrii pewnej figury w n -wymiarowej przestrzeni euklidesowej E^n . To nic, że dla $n \geq 4$ nie potrafimy sobie wyobrazić przestrzeni n -wymiarowej. Dla nas E^n jest po prostu zbiorem n -tek liczb rzeczywistych: (x_1, \dots, x_n) , podobnie jak płaszczyznę zwykłą utożsamiamy ze zbiorem par (x_1, x_2) . W E^n możemy uprawiać geometrię, np. mierzyć odległość wzorem $[(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2]^{1/2}$.

Ponieważ nie widać oczywistej odpowiedzi na nasze pytanie, spróbujemy zanurzyć S_∞ w izometrii „po kawałku”. Dla $k = 2, 3, \dots$ oznaczmy przez S_k podzbiór S_∞ składający się z tych permutacji, które nie ruszają $k+1, k+2, \dots$. Oczywiście S_k są skończonymi podgrupami grupy S_∞ , która jest ich mnogościową sumą.

Nie ma kłopotu z realizacją geometryczną grupy S_k . Możemy ją bowiem zanurzyć w grupę izometrii przestrzeni E^k : żądamy, by permutacja σ działała według wzoru $\sigma(x_1, \dots, x_k) = (x_{\sigma(1)}, \dots, x_{\sigma(k)})$. (Oczywiście są to izometrie — patrz: wzór na odległość!)

Zadanie. Zrealizować grupę S_3 za pomocą izometrii płaszczyzny.

Niestety, nie jest to droga, która nas może doprowadzić do celu: przecież wymiar przestrzeni rośnie, gdy zanurzamy coraz większe podgrupy S_k . My chcielibyśmy, żeby cała grupa S_∞ siedziała w izometriach jednej, skończonej wymiarowej przestrzeni.

Ustalmy więc E^n i zbadajmy, jakie warunki spełniają podgrupy izometrii tej przestrzeni. Po pierwsze zauważmy, że liczba elementów w grupie nie ma znaczenia. Istotnie, dla dowolnej liczby naturalnej m obroty wokół ustalonej prostej o wielokrotności kąta $\alpha = 360^\circ/m$ tworzą grupę o m elementach. Nie jest też przeszkodą do zanurzenia w izometrię nieprzemienność grupy. Istotnie, wynik złożenia przekształceń zwykle zależy od kolejności ich wykonania (pomyśl o wkładaniu skarpetek i butów). Na przykład: grupa symetrii trójkąta równobocznego nie jest przemienna.

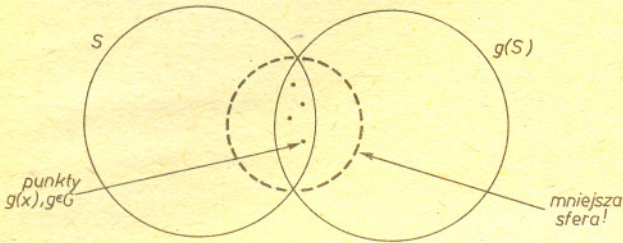
Zadanie. Ile elementów będzie miała grupa złożona z obrotów o całkowite wielokrotności kąta $\sqrt{2} \cdot 360^\circ$?

Naprawdę istotną własność odkrył Kamil Jordan w 1878 roku: skończona podgrupa izometrii E^n musi mieć „dużą” podgrupę przemienną. Dokładniej

Twierdzenie. Dla każdej liczby naturalnej n istnieje taka stała c_n , że dowolna skończona grupa G izometrii przestrzeni E^n ma przemienną podgrupę A spełniającą nierówność $|G|/|A| \leq c_n$.

Podkreślmy, że stała c_n nie zależy od grupy G , więc im większa jest grupa izometrii, tym większą grupę przemienną musi ona zawierać.

A oto szkic dowodu twierdzenia Jordana. Zauważmy najpierw, że istnieje punkt w E^n , którego nie porusza żadna izometria z grupy G . W tym celu bierzemy dowolny punkt $x \in E^n$ i rozważamy sferę $S(r)$ o możliwie najmniejszym promieniu r , obejmującą wszystkie punkty postaci $g(x)$, gdzie $g \in G$. Poniższy obrazek dowodzi, że zachodzi równość $g(S(r)) = S(r)$ dla wszystkich $g \in G$.



Środek sfery $S(r)$ jest szukany punktem stałym. Umieszczamy w nim początek prostokątnego układu współrzędnych.

Dowolne przekształcenie ciągle f przestrzeni E^n w siebie odwzorowuje sferę $S(1)$ o promieniu 1 i środku w początku układu współrzędnych na zbiór $f(S(1))$. Oznaczmy przez $\|f\|$ odległość najdalszego punktu z $f(S(1))$ od początku układu.

Zadanie: dla dowolnych przekształceń f, g zachodzi

- i) $\|f \pm g\| \leq \|f\| + \|g\|$,
- ii) $\|f \circ g\| \leq \|f\| \|g\|$,
- iii) jeśli a jest izometrią, to $\|a \circ f\| = \|f \circ a\| = \|f\|$.

Liczbą $\|a - b\|$ będziemy mierzyć odległość między izometriami a i b .

Kluczowy argument jest taki: jeśli izometrie a, b są blisko identyczności, to muszą być przemiennie: $ab = ba$. Oznaczmy $[a, b] = aba^{-1}b^{-1}$. Mamy dla $[a, b] \neq id$

$$\|id - [a, b]\| = \|ab - ba\| = \|(id - a)(id - b) - (id - b)(id - a)\| \leq 2 \|id - a\| \cdot \|id - b\|.$$

Jeśli teraz założymy, że $\|id - a\| < 1/2$, to $\|id - [a, b]\| < \|id - b\|$. Podstawiając w miejsce b kolejno $b_1 = [a, b]$, $b_2 = [a, [a, b]]$, $b_3 = [a, [a, [a, b]]]$... dostajemy malejący ciąg liczb

$$\|id - b\| > \|id - b_1\| > \|id - b_2\| > \|id - b_3\| > \dots$$

Ale te liczby mierzą odległość między identycznością i elementami b_i skończonej grupy G . Zatem któraś z nich jest zerem. Jeśli jest to b_1 , to $\|id - [a, b]\| = 0$; stąd $[a, b] = id$ i $ab = ba$. W ogólnym przypadku dostajemy $b_k = id$ dla pewnego k , ale wtedy można wykazać, że także $b_{k-1} = \dots = b_1 = id$.

Rozwiązanie zadania F 227. Równanie ruchu obrotowego tłka zapiszemy w postaci

$$m\omega^2 x = (p_0 - p) S.$$

Warunek nieruchomości tłka względem rurki ma postać

$$px = p_0 l,$$

gdzie p oznacza ciśnienie między tłkiem a zamkniętym końcem wirującej rurki, x jest końcowym położeniem tłka. Stąd otrzymujemy równanie kwadratowe na x

$$\frac{m\omega^2}{p_0 S} x^2 - x + l = 0,$$

Łatwo teraz o podgrupę przemienną: zdefiniujemy A jako najmniejszą podgrupę, zawierającą wszystkie izometrie $g \in G$, które spełniają warunek $\|g - id\| < 1/2$.

Aby znaleźć stałą Jordana, każdej izometrii $g \in G$ przypiszemy n^2 liczb. Bierzemy wersory naszego układu współrzędnych: v_1, \dots, v_n i wypisujemy kolejno współrzędne ich obrazów:

$$g(v_i) = (g_{i1}, \dots, g_{in}).$$

Ponieważ wektor $g(v_i)$ pozostał na sferze $S(1)$, to $|g_{ij}| \leq 1$. Otrzymaliśmy w ten sposób włożenie grupy G w kostkę n^2 -wymiarową:

$$G \rightarrow \langle -1, 1 \rangle^{n^2},$$

$$g \mapsto (g_{11}, \dots, g_{nn}).$$

Łatwo sprawdzić, że zachodzi nierówność:

$$\|g - h\| \leq n \sqrt{n} \max\{|g_{ij} - h_{ij}|\}.$$

Dzielimy teraz kostkę $\langle -1, 1 \rangle^{n^2}$ na małe kosteczki o boku $1/(2n^2 + 1)$. Jest ich więc $c_n = (4n^2 + 2)^{n^2}$. To jest szukana stała.

Zadanie. Jeśli A jest podgrupą w G , to $|G|/|A|$ jest równe maksymalnej liczbie takich elementów $g_1, \dots, g_N \in G$, że dla $i \neq j$ mamy $g_i g_j^{-1} \in A$.

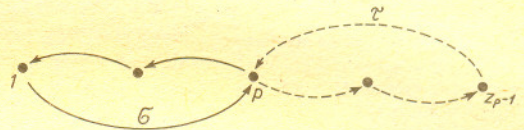
Weźmy $g_1, \dots, g_N \in G$ i $N > c_n$. Wtedy obrazy (przy włożeniu w kostkę) dwóch elementów g_i, g_j leżą w tej samej małej kosteczce, więc

$$\|g_i g_j^{-1} - id\| = \|g_i - g_j\| \leq n \cdot \sqrt{n} \cdot 1/(2n^2 + 1) < 1/2,$$

a zatem $g_i g_j^{-1} \in A$. Na mocy zadania $|G|/|A| \leq c_n$. □

Wszystkie znane dowody twierdzenia Jordana dają znacznie zawyżone wartości c_n . Najlepsze oszacowanie nie jest znane.

Mimo tego możemy teraz pokazać, że grupa S_∞ nie da się zrealizować geometrycznie w żadnej przestrzeni E^n . Gdyby to było możliwe, to wybralibyśmy liczbę pierwszą $p > c_n + 1$ i rozważyli podgrupę $S_{2p-1} \subset S_\infty$. Na mocy twierdzenia Jordana S_{2p-1} ma dużą przemienną podgrupę A . Niech σ przesuwa cyklicznie liczby $1, 2, \dots, p$ i niech τ robi to samo z liczbami $p, p+1, \dots, 2p-1$.



Pośród permutacji $\sigma, \sigma^2, \dots, \sigma^{p-1}$ są dwie: σ^l, σ^k takie, że $\sigma^l (\sigma^k)^{-1} \in A$ ($p-1 > c_n$). Istnieje zatem $0 < k < p$ takie, że $\sigma^k \in A$. Podobnie istnieje $0 < l < p$ takie, że $\tau^l \in A$. Ale

$$(\sigma^k \cdot \tau^l)(p) = p + l \neq p - k = (\tau^l \circ \sigma^k)(p),$$

czyli elementy $\sigma^k, \tau^l \in A$ nie są przemiennie. Ta sprzeczność dowodzi, że grupa S_∞ nie mogła pojawić się na lekcji geometrii.



Rozwiązanie zadania F 227. Równanie ruchu obrotowego tłka zapiszemy w postaci

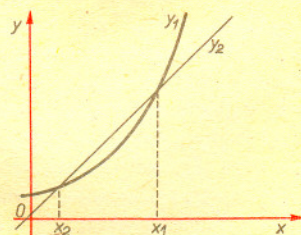
$$m\omega^2 x = (p_0 - p) S.$$

Warunek nieruchomości tłka względem rurki ma postać

$$px = p_0 l,$$

gdzie p oznacza ciśnienie między tłkiem a zamkniętym końcem wirującej rurki, x jest końcowym położeniem tłka. Stąd otrzymujemy równanie kwadratowe na x

$$\frac{m\omega^2}{p_0 S} x^2 - x + l = 0,$$



którego pierwiastki są równe odpowiednio

$$x_{1,2} = \frac{p_0 S}{2m\omega^2} \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4m\omega^2 l}{p_0 S}} \right).$$

Oczywiście musi być spełniony warunek $4m\omega^2 l / p_0 S < 1$, gdyż inaczej tłok wyleci z rurki. Aby stwierdzić, czy oba pierwiastki są rozwiązaniami, spójrzmy na rysunek, na którym przedstawiono wykresy funkcji $y_1 = \frac{m\omega^2}{p_0 S} x^2 + l$ i $y_2 = x$. Przecięcie tych wykresów daje dwa pierwiastki x_1 i x_2 równania kwadratowego. Łatwo zauważyć, że x_1 odpowiada niestabilnemu położeniu równowagi, a x_2 — stabilnemu. A więc końcowe położenie tłka określone jest przez

$$x_2 = \frac{p_0 S}{2m\omega^2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4m\omega^2 l}{p_0 S}} \right).$$



Czy istnieją dyski akrecyjne?

Rozwiązanie zadania F 226. Ponieważ płycę utrzymuje na dachu siła tarcia, więc przy jej nagrzewaniu w ciągu dnia muszą istnieć punkty płyty nieruchome względem konstrukcji dachu. Oznaczmy x_0 ich odległość od dolnej krawędzi płyty.

W czasie kurczenia się (przy ochładzaniu w nocy) nieruchome będą inne punkty płyty — ich odległość od dolnej krawędzi oznaczmy x'_0 . W czasie nagrzewania część płyty poniżej punktu nieruchomego spęła w dół, a część powyżej przesuwa się w górę. W efekcie tych ruchów na górną część płyty działa siła tarcia

$$f_1 = mg\mu \frac{l-x_0}{l} \cos \varphi \text{ skierowana w dół,}$$

wzdłuż dachu. Podobnie na dolną część

$$\text{działa siła tarcia } f_2 = mg\mu \frac{x_0}{l} \cos \varphi$$

skierowana w górę. Działa również składowa siła ciężkości, $mg \sin \varphi$. Jeśli płyta pozostaje cały czas w stanie równowagi, to suma sił skierowanych wzdłuż dachu musi być równa zeru:

$$-mg\mu \left(1 - \frac{x_0}{l}\right) \cos \varphi + mg\mu \frac{x_0}{l} \cos \varphi - mgs \sin \varphi = 0,$$

$$\text{skąd } x_0 = l \frac{\sin \varphi + \mu \cos \varphi}{2\mu \cos \varphi}.$$

W ten sposób w czasie nagrzewania dolna krawędź przesunie się względem dachu na odległość

$$\Delta x_0 = \frac{\alpha l}{2\mu} (T_2 - T_1) \cdot \frac{\sin \varphi + \mu \cos \varphi}{\cos \varphi}.$$

W czasie ochładzania się dolna część przesuwa się w górę, w kierunku nieruchomego punktu x'_0 , natomiast górna przesuwa się w dół. Podobnie jak w przypadku rozszerzania

$$\text{otrzymujemy } x'_0 = \frac{l}{2\mu} \cdot \frac{\mu \cos \varphi - \sin \varphi}{\cos \varphi},$$

skąd otrzymujemy, że w czasie ochładzania dolna krawędź przesuwa się do góry o

$$\Delta x'_0 = \frac{\alpha l}{2\mu} (T_2 - T_1) \cdot \frac{\mu \cos \varphi - \sin \varphi}{\cos \varphi}.$$

Tak więc w ciągu jednej doby zmiana położenia dolnej krawędzi wynosi $\Delta l = \Delta x_0 -$

$$- \Delta x'_0 = \frac{\alpha l}{\mu} (T_2 - T_1) \operatorname{tg} \varphi. \text{ W ciągu miesiąca}$$

przesunięcie to będzie wynosić $\Delta L = n \Delta l \approx \approx 8 \text{ cm}$.

Promieniowanie synchrotronowe jest to promieniowanie, jakie emitują naładowane cząstki szybko poruszające się w silnym polu magnetycznym.

Powierzchnia Roche'a ogranicza obszar, wewnątrz którego siły grawitacyjne jednej gwiazdy dominują nad wpływami drugiej. Przy obliczaniu kształtów powierzchni Roche'a bierze się pod uwagę siły odśrodkowe (układ gwiazd przecież rotuje). Każda z gwiazd w układzie ma swą powierzchnię Roche'a, która jest tym większa, im masywniejsza jest gwiazda. Powierzchnie te stykają się w jednym punkcie na linii łączącej środki mas gwiazd, zwanym wewnętrznym punktem Lagrange'a.

W gwiazdach nowych wybuchy zachodzą co kilka, kilkadziesiąt lub kilkaset lat, w zmiennych kataklizmicznych (zwanych też nowymi karłowatymi) wybuchy powtarzają się co kilka — kilkadziesiąt dni.

Dr Zbigniew LOSKA

Do niedawna panowało przekonanie, że reakcje termojądrowe są najwydajniejszym źródłem energii w przyrodzie. Zastosowanie w astronomii nowych technik obserwacyjnych pozwoliło odkryć obiekty emitujące olbrzymie ilości energii na falach radiowych i w promieniowaniu rentgenowskim. Reakcje jądrowe zapewniające zwykłym gwiazdom miliardy lat życia okazały się w tych przypadkach zbyt mało wydajne. Dziś sądzimy, że głównym mechanizmem świecenia takich obiektów jest wyzwolenie grawitacyjnej energii potencjalnej w trakcie spadania materii na przyciągającą ją ciało. Proces ten nazywamy akrecją.

Akrecja materii na zwykłą gwiazdę nie ma praktycznie żadnego znaczenia w porównaniu z wydajnością procesów jądrowych w samej gwiazdzie. Może ona stanowić główne źródło energii dla tzw. gwiazd zwartych, czyli białych karłów, gwiazd neutronowych lub czarnych dziur. Białe karły i gwiazdy neutronowe mają masy rzędu masy Słońca, ale daleko mniejsze rozmiary (odpowiednio 10 tys. km i 10 km). Ilość energii grawitacyjnej wyzwolonej podczas akrecji jednostki masy materii na gwiazdę o masie M i promieniu R wyraża się co do rzędu wielkości ogólnym wzorem:

$$\Delta E \approx \frac{GM}{R},$$

gdzie G jest stałą grawitacji. Widzimy zatem, że akrecja na gwiazdę neutronową jest sto tysięcy razy wydajniejsza od akrecji na Słońce. Łatwo też obliczyć, że gram materii spadając na gwiazdę neutronową wyzwala energię około 10^{20} ergów. W najwydajniejszym procesie zamiany wodoru w hel najwyżej 0,7% masy spoczynkowej może zostać zamienione w energię. Z jednego grama uzyskujemy wówczas około $6 \cdot 10^{18}$ ergów, a więc dwudziestokrotnie mniej niż w przypadku akrecji na gwiazdę neutronową.

Większość gwiazd w galaktykach występuje w układach podwójnych. Aby przekonać się, jak ważną rolę odgrywa akrecja, przyjrzyjmy się bliżej ciasnym układom podwójnym. Są to układy gwiazd o okresie obiegu rzędu godzin i tak małych rozmiarach, że zmieściłyby się we wnętrzu Słońca, a niektóre nawet we wnętrzu Jowisza. Co zatem zwróciło naszą uwagę na te — zdawałoby się — tak niepozorne twory? Otóż okazało się, że są to jedne z najjaśniejszych, wysyłających największe ilości energii obiektów w galaktyce. Bywają one setki tysięcy razy jaśniejsze niż Słońce. W świetle widzialnym wiele z nich niczym szczególnym się nie wyróżnia, dopiero w zakresie nadfioletowym i rentgenowskim stają się jednymi z najjaśniejszych obiektów na niebie. Wiele z nich czasami bardzo gwałtownie wybucha zwiększając w ciągu kilku dni swoją jasność, nierazdo tysiąckrotnie i wyrzucając materię w przestrzeń wokółgwiazdową. Wśród ciasnych układów podwójnych są również i takie, które zachowują się w miarę spokojnie. Nie wybuchają, lecz świecą tak silnie w zakresie rentgenowskim i gamma, że ilość energii przez nie wydzielana nie może być wytłumaczona żadnymi procesami termojądrowymi. Również wysyłane przez wiele z nich promieniowanie synchrotronowe przemawia za tym, że reakcje termojądrowe nie mogą stanowić źródła energii w tych obiektach.

Akrecja jest najbardziej efektywna wówczas, gdy następuje na białego karła, gwiazdę neutronową lub czarną dziurę. Wprawdzie te dwa ostatnie obiekty powstają w wyniku wybuchu supernowej, ale wybuch taki nie musi prowadzić do zniszczenia układu podwójnego. Możemy wobec tego wyobrazić sobie następującą sytuację. Mamy ciasny układ podwójny, którego jeden składnik jest gwiazdą normalną i wypełnia swoją powierzchnię Roche'a, drugi zaś jest zwartą gwiazdą. Przez wewnętrzny punkt Lagrange'a materia przepływa w okolicy zwartej gwiazdy tworząc wokół niej dysk akrecyjny, gdyż mając moment pędu nie może opaść na nią bezpośrednio. Tarcie wewnętrzne w dysku (lepkość) powoduje, że silnie się on rozgrzewa i intensywnie świeci. Cząstki gazu tracąc w ten sposób energię i moment pędu opadają po spirali na gwiazdę zwartą. Gdy w układzie mamy białego karła lub gwiazdę neutronową, to w dysku akrecyjnym wydziela się tylko część dostępnej grawitacyjnej energii potencjalnej tworzącego go gazu. Reszta wyzwolana jest w cienkiej warstwie granicznej między nim a powierzchnią akrejującej gwiazdy. Jeśli tempo przepływu materii przez dysk jest małe, może stać się on niestabilny i wybuchać rozpraszając się w przestrzeni. Mamy wówczas do czynienia z tak zwaną zmienną kataklizmiczną. Kolejny wybuch nastąpi dopiero, gdy z materii dostarczonej przez drugą gwiazdę dysk akrecyjny zostanie odtworzony. Gdy tempo przepływu materii przez dysk jest duże, zachowuje się on spokojnie. Opadająca z niego materia osiada na powierzchni białego karła. W pewnym momencie zaczynają w niej zachodzić gwałtownie reakcje termojądrowe powodując wybuch. Tego rodzaju gwiazdy nazywa się gwiazdami nowymi. Przebieg akrecji wygląda inaczej, gdy gwiazda neutronowa lub biały karzeł ma silne pole magnetyczne — a nie jest to rzecz rzadka. Istnieją białe karły z polami magnetycznymi o natężeniu milionów gausów,

ELEKTRONY I FOTONY SPOTYKAJĄ SILNE POLA

Elektrony i fotony przechodzące przez materię produkują nowe czastki. Elektrony emitują fotony - jest to tzw. promieniowanie hamowania, a fotony mogą zmieniać się w pary elektron-pozyton. Oba te efekty spowodowane są oddziaływaniem z polem elektrycznym jądra lub sieci krystalicznej i są dobrze zrozumiałe na gruncie teorii oddziaływań elektromagnetycznych - elektrodynamiki kwantowej. Nowe i ciekawe efekty mogą wystąpić w bardzo silnych polach, gdy elektrony oddziałują z spinem elektronu z polem staje się porównywalna z jego masą. Ma to miejsce, np. gdy czastka porusza się równoległe do osi kryształu, którego temperaturę obniżono dostatecznie, by ruchy termiczne atomów sieci nie zaburzały pola.

Warunki takie osiągnięto w Europejskim Ośrodku Badań Jądrowych (CERN) w Genewie. Naukowcy z laboratoriów z Albany (USA), Annecy i Lyonu (Francja) naświetlali kryształ germanu o grubości 0,2 cm, ochłodzony do temperatury 100 K wiązka elektronów i fotonów o energiach do 150 GeV (1 GeV to miliard elektronowoltów). Kąt między osią kryształu a kierunkiem wiązki był nie większy niż 5°. Poczynając od energii fotonów równej 30 GeV zaobserwowano szybki wzrost prawdopodobieństwa produkcji par elektronowo-pozytonowych. Przy energii 150 GeV prawdopodobieństwo to jest około 10 razy większe niż w warunkach, gdy osie kryształu i wiązki nie są równoległe lub temperatura jest zbyt duża.

Elektrony przechodzące przez kryształ emitują do 80% swej energii w postaci fotonów poruszających się wzdłuż jego osi. Choć całkowita wypromieniowywana energia zgadza się z obliczeniami teoretycznymi, to nie jest jasne, dlaczego energie tworzonych fotonów są tak duże. Aby głębiej zbadać te interesujące zjawiska, planuje się doświadczenia przy użyciu cieńszych kryształów, co powinno zmniejszyć prawdopodobieństwo powtórnego oddziaływania produktów pierwotnej reakcji.

Na podstawie "CERN Courier" opracował Maciej Górski

Weźmy pod uwagę dwa odległe od siebie rejony jądra aktywnej galaktyki. Aby oba naraz mogły zmienić jasność, jeden musi „wiedzieć” o zmianie jasności drugiego. Ponieważ sygnały mogą się przemieszczać co najwyżej z prędkością światła, oznacza to, że jeśli znacząca część promieniowania zmienia się na przykład w ciągu dwóch godzin, to emitujący obszar nie może być większy niż dwie godziny świetlne.

a w gwiazdach neutronowych wartości te sięgają miliardów gausów. Materia opadająca na zwartą gwiazdę musi wtedy spływać wzdłuż linii pola w okolicy jej biegunów magnetycznych wysyłając intensywne promieniowanie synchronotrone. Nagromadzenie opadającej materii może prowadzić do wybuchów analogicznych jak wybuchy nowych, z tym tylko, że obszar przez nie ogarnięty ogranicza się do okolic biegunów, a nie jak w nowych — całego pasa równikowego. Wybuchy te obserwujemy głównie w promieniowaniu rentgenowskim. Prawdopodobnie mechanizm taki odpowiedzialny jest za aktywność bersterów.

Okazuje się również, że akrecja w układzie podwójnym może być odpowiedzialna za wybuchy pewnego typu supernowych. Otóż: gdy mamy w nim białego karła o masie nieznacznie mniejszej od masy Chandrasekhara (porównaj *Delta* 3/1987), to zbierając z dysku materię biały karzeł może przekroczyć tę granicę. Wybuch wówczas jako tzw. supernowa I typu stając się gwiazdą neutronową lub zostaje rozerwany.

Zauważmy, że różnorodne zachowania wyjaśniliśmy za pomocą jednego tylko procesu — akrecji w ciasnym układzie podwójnym. Sądzi się, że jest ona odpowiedzialna za aktywność takich obiektów we Wszechświecie, w których nie jesteśmy w stanie zaobserwować jej bezpośrednio. Na przykład — badając nowe karłowate w okresach między wybuchami widzimy białego karła, dysk akrecyjny otaczający go i tak zwaną gorącą płamę powstającą w miejscu zderzenia materii zasilającej dysk z jego zewnętrznym brzegiem.

Z podobną aktywnością jak w ciasnych układach podwójnych, ale w o wiele większej skali, mamy do czynienia w przypadku obiektów pozagalaktycznych. Niektóre z nich emitują w wąskich zakresach widma (fale radiowe lub promieniowanie rentgenowskie czy gamma) tysiące razy więcej energii niż zwykle galaktyki, w których świecą jedynie gwiazdy i gorący gaz. W obiektach tych widać przede wszystkim intensywnie świecące, punktowe jądro na tle galaktyki spiralnej (galaktyki Seyferta) lub eliptycznej (galaktyki typu N). W przypadku kwazarów i lacertyd śladów galaktyki na ogół nie można się dopatrzeć. Wszystkie te obiekty są z reguły również silnymi radioźródłami, a niektóre wyrzucają ze swych jąder wąskie strugi relatywistycznych elektronów emitujących promieniowanie synchronotrone. Świadczy to o istnieniu pola magnetycznego związanego z wypływającą materią. Strugi te o długości kilku lat świetlnych przechodzą w rozległe włókna położone prawie symetrycznie po obu stronach jądra. Widziane na falach radiowych włókna te mają rozmiary setek tysięcy lat świetlnych. Kończą się one olbrzymimi chmurami gazu rozciągającymi się nierzadko na wiele milionów lat świetlnych od obiektu centralnego. Chmury te mają olbrzymią energię rzędu 10^{60} ergów i emitują ją w postaci fal radiowych. Centralne źródło tych olbrzymich struktur, położone głęboko we wnętrzu jądra galaktyki, ma rozmiary dużo mniejsze niż zdolność rozdzielcza obecnych instrumentów. Choć aktywne galaktyki różnią się zarówno ilością wydzielanej energii, jak i wyglądem, mają jednak wiele cech wspólnych. Przede wszystkim są znacznie jaśniejsze niż zwyczajne galaktyki, przy czym kwazary wysuwają się pod tym względem na czoło. Większość z nich zmienia swoją jasność w okresie miesięcy lub lat, ale niektóre wykazują silne zmiany jasności w ciągu kilku dni. Taka szybka zmienność jasności świadczy o bardzo małych rozmiarach obszaru produkującego promieniowanie (co najwyżej kilka dni świetlnych). Mimo wielu zagadek związanych ze sposobem działania centralnego obiektu jedno jest pewne — źródłem energii nie mogą być reakcje termojądrowe.

Istnieje wiele teorii próbujących wyjaśnić powody aktywności tych obiektów: wybuchy supernowych w jądrze, supermasywne gwiazdy (o masach setek milionów mas Słońca) utrzymywane w równowadze silnym polem magnetycznym (magnetoidy) bądź bardzo szybką rotacją (spinary). Teorie te są w stanie wyjaśnić tylko część cech aktywnych galaktyk. Najbardziej obiecującą wydaje się jednak teoria zakładająca istnienie masywnej czarnej dziury. Czarna dziura o masie 10^8 mas Słońca ma rozmiary rzędu kilkuset milionów kilometrów, czyli kilkudziesięciu minut świetlnych, jest więc odpowiednio mała. Silne pole grawitacyjne czarnej dziury powoduje rozrywanie gwiazd przebiegających zbyt blisko niej. Obserwowaną aktywność zapewnia akrecja co najwyżej kilku mas Słońca w ciągu roku. Silne pole magnetyczne w okolicy czarnej dziury przyspiesza naładowane czastki do wysokich energii — powstaje silne promieniowanie synchronotrone, a jej osłona rotacji wyznacza kierunek wyrzutu strumieni cząstek. Przypuszcza się, że wokół czarnej dziury tworzy się tak zwany gruby dysk akrecyjny — prawie całkowicie ją otaczający i zostawiający wolne jedynie dwa wąskie lejki w pobliżu osi rotacji. W lejach tych tworzą się strugi relatywistycznych elektronów, skierowane w przeciwne strony. Dysk taki może się utworzyć dzięki temu, że materia dostająca się w pobliże czarnej dziury ma moment pędu — bierze bowiem udział w rotacji całej galaktyki. Proces akrecji na czarną dziurę może trwać dziesiątki milionów lat zapewniając długowieczność jądom aktywnych galaktyk.

Jak widzimy, argumenty na rzecz istnienia dysków akrecyjnych w aktywnych jądrach galaktyk są jedynie pośrednie. Ze względu na olbrzymie ich odległości nie jesteśmy w stanie zajrzeć jeszcze do ich wnętrza. Mamy jednak nadzieję, że najbliższa przyszłość pozwoli i w tym przypadku odpowiedzieć na pytanie, czy aktywność ta ma swoją przyczynę w akrecji, a więc w grawitacji.



Rozwiązanie zadania M 480. Odpowiedź bżmi

$$1 \cdot (w_1 - w_2) + 2(w_2 - w_3) + \dots + (k-1)(w_{k-1} - w_k) + k \cdot w_k = w_1 + \dots + w_k.$$

5 mała delta

Konchoidograf

Jak wiadomo, na ogół nie można podzielić kąta na trzy równe części za pomocą cyrkla i linijki. Na ogół, bo są kąty dające się tak podzielić — choćby kąt 90° . Ale dających się podzielić kątów jest znacznie mniej od pozostałych.

Jeśli jednak na linijce mamy wyróżnione jakieś dwa punkty (a więc np. gdy korzystamy z linijki z podziałką), rzecz da się zrobić. Mianowicie tak:

rysujemy okrąg o środku w wierzchołku kąta AOB (tego, który chcemy podzielić) i o promieniu równym odległości wyróżnionych punktów na linijce. przedłużamy ramię OB poza punkt O aż do przecięcia z okręgiem (punkt P), przykładamy linijkę do punktu P tak, by jeden z wyróżnionych punktów znalazł się na ramieniu OA , a drugi na okręgu (punkty Q i R).

Kąt ROQ jest równy trzeciej części kąta AOB . Zauważmy bowiem, że $\triangle POR$ i $\triangle ORQ$ są równoramienne. Stąd

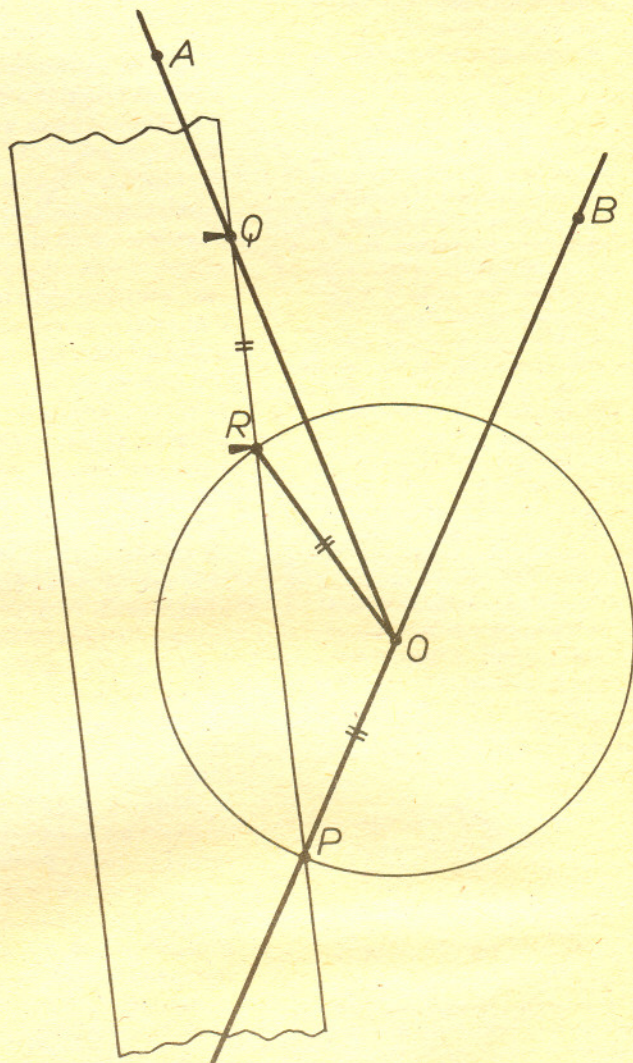
$$\sphericalangle OPR = \sphericalangle ORP \quad \text{i} \quad \sphericalangle ROQ = \sphericalangle RQO.$$

Z twierdzenia o kącie zewnętrznym dla $\triangle POR$ i $\triangle POQ$ mamy

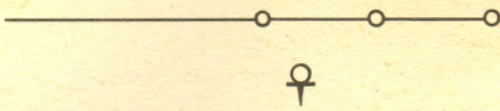
$$\begin{aligned} \sphericalangle ORP &= \sphericalangle ROQ + \sphericalangle RQO \quad \text{i} \\ \sphericalangle QOB &= \sphericalangle PQO + \sphericalangle OPQ. \end{aligned}$$

Łącznie więc

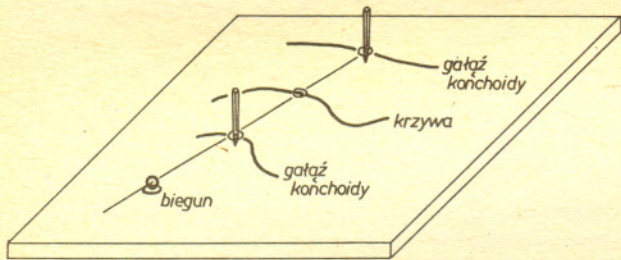
$$\sphericalangle AOB = \sphericalangle QOB = \sphericalangle RQO + \sphericalangle ORP = 3\sphericalangle ROQ.$$



Ten sposób rozwiązania trysekcji kąta był ponoć znany już Archimedesowi. Starożytni używali nawet specjalnego przyrządu do wykonywania podobnych konstrukcji i badali, jakie figury można nim narysować. Z pewnych względów była to linijka z trzema punktami (środkowy był środkiem pozostałych) — jak jednak każdy z Czytelników łatwo sprawdzi, nie wnosi to nic nowego: każdą figurę narysowaną takim przyrządem da się narysować także takim z dwoma punktami.

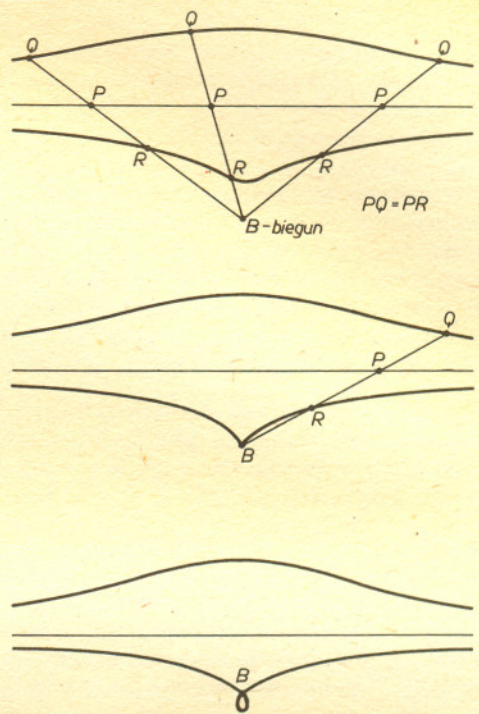


Widoczny na rysunku przyrząd można samemu wykonać z drutu. Dodatkowy element to pinezka z uszkiem, przez które może się swobodnie przesuwac drut. Używa się konchoidografu tak: w pierwsze i trzecie oczko wtykamy pisaki (można tylko w jedno z nich). W jakimś miejscu stołu (dykty leżące na stole) wpinamy pinezkę. W jej uszko wkładamy drut. Jeśli teraz środkowym oczkiem wodzimy po jakiejś krzywej, to pisaki rysują nam konchoidę tej krzywej o biegunie w punkcie wbicia pinezki.

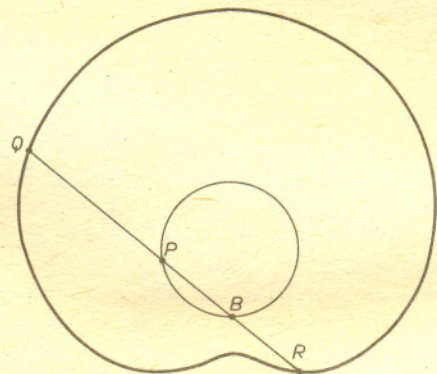
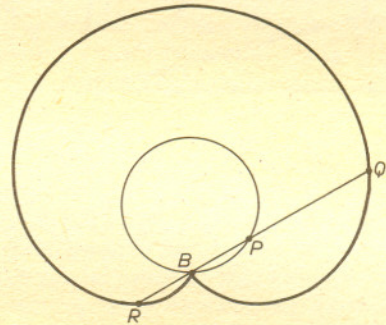
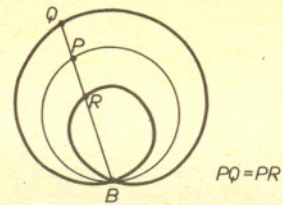


Dlaczego zdecydowano się na nazwę „muszla” (koncha) dla tak otrzymanych krzywych — trudno powiedzieć. Konchoidy okazały się jednak bardzo ciekawymi krzywymi. Najbardziej znane są konchoidy prostej (konchoida Nikomedesa) i okręgu, gdy biegun leży na nim (ślimak Pascala).

Konchoida jest zbiorem punktów, które leżą o stałą odległość bliżej lub dalej od bieguna niż punkty krzywej. Dla małych odległości bieguna od krzywej mogą wystąpić techniczne trudności w używaniu naszego przyrządu (jakie?). Zawsze jednak da się jakoś je ominąć i rysować konchoidy różnych krzywych, a także badać ich własności.



Konchoidy Nikomedesa dla różnych wartości stosunku odległości bieguna od prostej do odległości oczek konchoidografu.



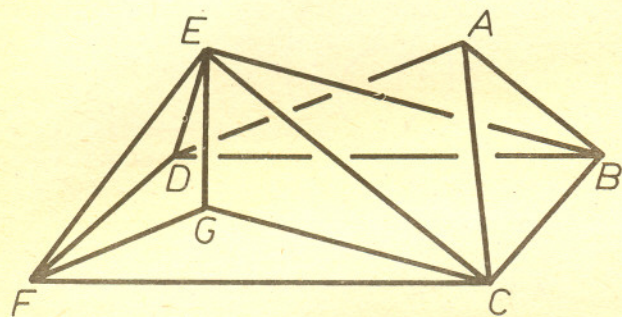
Ślimaki Pascala dla różnej odległości oczek konchoidografu. Środkowa (gdzie odległość ta jest równa średnicy okręgu) to kardioda (podobno przypomina serce). Ciekawe, że można ją otrzymać również zupełnie inaczej — jako tor punktu leżącego na okręgu o promieniu równym promieniowi okręgu danego i toczącego się po danym okręgu.

Naprawdę się rusza

W *Małej Delcie* w poprzednim numerze podaliśmy siatki dwóch ruchomych wielościanów. Teraz, zgodnie z zapowiedzią, przedstawimy dowód, że wielościan Connelly'ego jest naprawdę ruchomy. Dowód taki jest niezbędny, bo istnienie tekturnego modelu, który się rusza, może wynikać z niedokładności wykonania, sprężystości i elastyczności tekturny itp. Na zakończenie podamy jeden z takich przykładów.

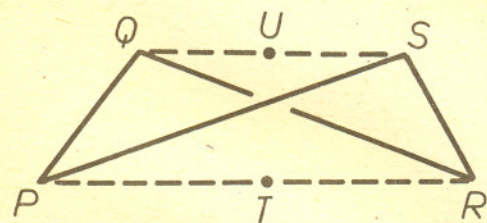
Pod tekstem jest reprodukowana siatka wielościanu Connelly'ego, którego ten dowód dotyczy. Podane też są długości poszczególnych krawędzi. Wygodnie skleja się taki wielościan, gdy $a \geq 1$ cm.

A teraz zaczynamy dowód. Wykonajmy (może być w wyobraźni) model krawędziowy jak na rysunku 1. Zauważmy, że wszystkie powstałe trójkąty (jest ich 6) możemy pokryć tekturną bez wpływu na ruchomość otrzymanej figury (nie jest ona wielościanem). Otrzymana figura rusza się. Mianowicie, trzymając punkty C i D na jednym poziomie możemy punkty B i F przemieścić w dół. Cztery trójkąty o wierzchołku E stanowią powierzchnię boczną ostrosłupa, a więc nie przeszkadzają w ruchu — po prostu krawędzie EB i EF zблиżają się. Punkt A , jako należący tylko do dwóch ścian, też nie ogranicza ruchu.



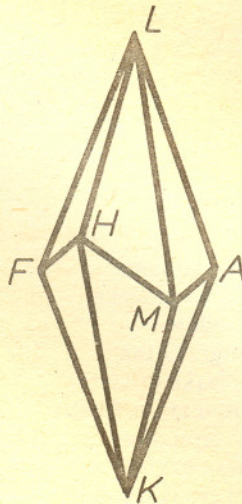
Rys. 1. $BCFD$ to prostokąt, ABC i DEF to trójkąty równoboczne, $AD = BE = CE$.

A teraz zadanie pomocnicze: jeśli $PQ = RS$ i $PS = RQ$ oraz środki T i U odcinków PR i QS są różne, to prosta TU jest prostopadła do obu tych odcinków. Jak łatwo zauważyć, wystarczy wykazać, że $TU \perp PR$, to zaś wynika z przystawiania trójkątów PTU i RTU ($PT = RT$ z założenia, TU wspólne, PU i RU to środkowe w przystających trójkątach PQS i RSQ — rys. 2).



Rys. 2

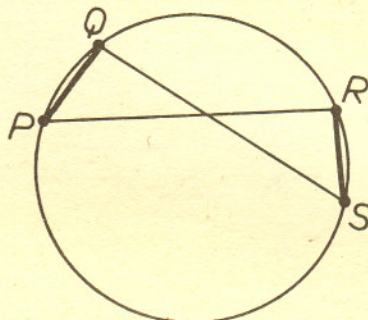
Z tego zadania wynika, że łamana zamknięta $BCFD$ ma w każdym położeniu oś symetrii — prostą łączącą środki BF i CD . Ponieważ punkt A jest połączony z B , C i D krawędziami o takich samych długościach jak krawędzie łączące E z F , D i C , więc punkty A i E leżą symetrycznie względem tej samej osi. Stąd mamy (choć tego nie zakładaliśmy) $AF = EB$ — odległość AF jest stała.



A teraz zupełnie inna figura — budujemy model krawędziowy jak na rysunku 3. Pokrywamy tekturną wszystkie 6 trójkątów. Otrzymana figura się rusza — możemy mianowicie zблиżać (bądź oddalać) punkty K i L . Pozostałe wierzchołki będą wtedy leżały na płaszczyźnie symetralnej odcinka KL , co więcej — na pewnym (zależnym od odległości KL) okręgu.

Rys. 3. Wszystkie krawędzie wychodzące z K i z L są równe oraz $AM = FH$.

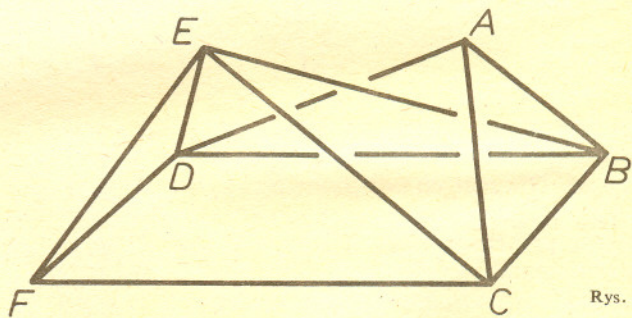
Znow zadanie pomocnicze: jeśli punkty P, Q, R, S leżą kolejno na okręgu i $PQ = RS$, to $PR = SQ$. Wobec równości cięciw PQ i RS mamy równość łuków PQR i QRS , a więc i równość zamykających je cięciw (rys. 4).



Rys. 4

Z zadania tego wynika, że w dowolnym położeniu modelu z rysunku 3 odległość AF jest równa odległości MH , a więc stała.

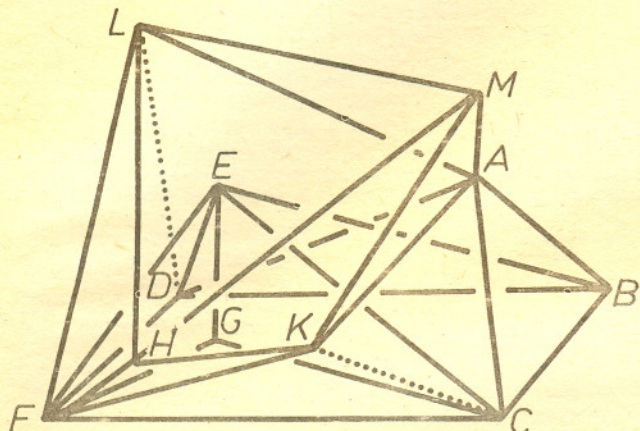
Dobranie w obu modelach tych samych nazw dla końców odcinków o stałej długości sugeruje, że chcemy te punkty zlepić. Ustawmy model z rysunku 3 (w którym AF jest tej samej długości co AF z rysunku 1) tak, by punkt M był wysunięty ku nam i zlepijmy punkty A i F obu modeli. Nie da się! Przeszkadza mianowicie ściana CEF i punkt H , który „chciałby” ją przebić. Trudno, musimy zmodyfikować model z rysunku 1 robiąc wnękę na punkt H — zastępujemy ścianę CEF trzema innymi (rys. 5).



Rys. 5

Teraz już można punkty A , jak też punkty F , zlepić. Każdy ze zlepionych modeli może się teraz poruszać niezależnie, choć mniej — ruch modelu z rysunku 1 (a właściwie 5) z jednej strony jest ograniczony przez ściany ABD i EDB (dlatego mówiliśmy o ruchu B i F w dół, a nie w górę), choć to ograniczenie miał i przed sklejeniem z modelem z rysunku 3. Ma jednak teraz i ograniczenie z drugiej strony — przez dotknięcie krawędzi CE do (podobnej de litery Z) łamanej $AMHF$, a dokładniej jej odcinka MH . To samo ogranicza ruch drugiego ze sklejonych modeli.

Model otrzymany po sklejeniu nie jest, oczywiście, wielościanem — ma 8 luźnych krawędzi (AC, FC, AD, FD — pierwszy i AK, FK, AL, FL — drugi). Z podanych nazw wynika, że zaklejamy otwory czterema trójkątami: AKC, FKC, ALD i FLD . I praca zakończona. Model się rusza, choć teraz obie części razem. Ale nowe ograniczenia ruchu nie powstały.

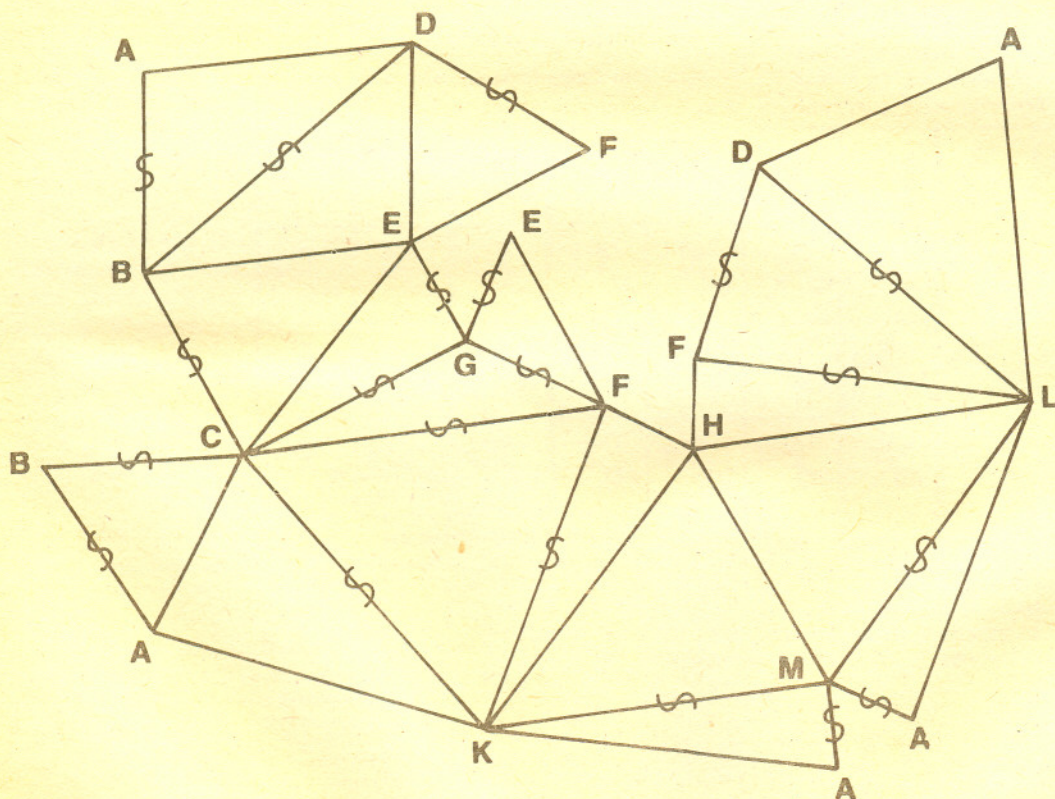


Rys. 6

Jedynym kłopotem przy budowie siatki wielościanu jest właściwy dobór proporcji odcinków AF, AM i AK . Chodzi o to, by końcowe zaklejenie było możliwe. Dlatego podaliśmy dokładne wymiary.

Radzimy w wykonanym (lepiej z siatki, niż stopniowo według przebiegu dowodu) wielościanie zrobić okrągłe okienko w ścianie CFK i przez nie oglądać, jak podczas poruszania punktami B i F (lub K i L) krawędzie CE i MH dotykają się i oddalają.

A teraz obiecany wielościan o oszukany ruch. Dwa jednakowe ośmiokąty foremne dzielimy na połowy, następnie sklejamy z nich cztery ostrosłupy bez podstaw. Z nich — dwa ośmiociany o dwóch nie sklejonych krótszych krawędziach. Ustawiamy osie tych ośmiocianów pod kątem prostym i łączymy



- $AB = AC = BC = DE =$
- $= DF = EF = 9a,$
- $AD = BE = CE = HM = 12a,$
- $AK = AL = FK = FL =$
- $= HK = HL = KM = LM =$
- $= 15a,$
- $AM = FH = 4a,$
- $BD = CF = CK = DL = 16a,$
- $CG = 11a,$
- $EG = 5a,$
- $FG = 7a.$

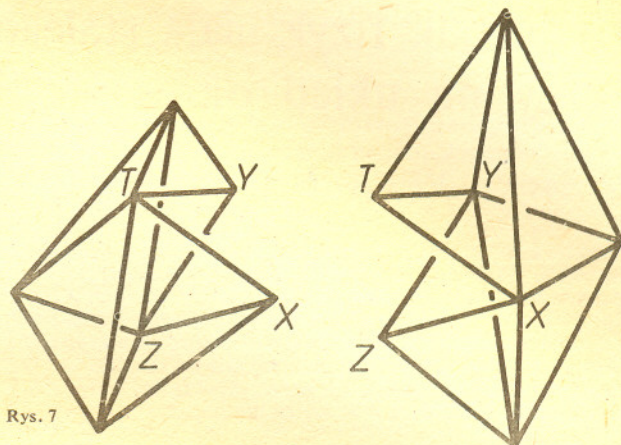
Opracowali

dr Jerzy

BEDNARCZUK

i dr hab. Marek

KORDOS



Rys. 7

je „otwartymi pyszczkami”. Ten piękny przykład podał nam Tadeusz Wojszcz.

Posiadany przez nas model tego wielościanu rusza się — każdy z ośmiocianów można przez ściśnięcie w „kącikach ust” rozplaszczyc, a wówczas drugi „zamyka pyszczek” i staje się regularnym ośmiocianem. Ruch uzyskany przez spłaszczenie na zmianę lewego bądź prawego ośmiocianu jest znacznie większy niż w wielościanie Connelly’ego. Jak jednak przekonać się, że to oszustwo?

My użyliśmy takiego sposobu. Znaleźliśmy funkcję f , która odległości „kącików ust” przyporządkowuje odległość „czubków warg”. Zatem z lewej jest $f(TZ) = XY$, a z prawej $f(XY) = TZ$. A więc musi być $ff(\alpha) = \alpha$ dla każdej liczby α z przedziału

$\langle 0, \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot XZ \rangle$. (Czytelnik zechce uzasadnić, że w takim właśnie

zakresie zmienia się zarówno XY , jak TZ .) Sprawdziliśmy, czy $ff(\alpha) = \alpha$ i okazało się, że tak nie jest. Obliczając $ff(\alpha)$ dla α branych co $0,05 \cdot XZ$ największą różnicę $|ff(\alpha) - \alpha|$ otrzymaliśmy dla $\alpha = 0,2 \cdot XZ$ i wyniosła ona $0,1 \cdot XZ$. Ale może, przy jakiejś zmianie proporcji, model Wojszcza będzie się ruszał? Nie wiemy.

O tym, jak fizyk ciała stałego patrzy na układ okresowy pierwiastków

Dr Andrzej HENNEL

W trakcie nauki chemii pierwiastki dzieli się na ogół na metale i niemetale. Fizycy z kolei przeprowadzając klasyfikację ciał stałych wyróżniają przewodniki, czyli metale i półmetale; dalej półprzewodniki oraz nieprzewodniki, czyli izolatory. Na dodatek istnieją różne odmiany alotropowe pierwiastków, czyli kryształy o różnych własnościach fizycznych i tym samym składzie chemicznym. Można tu wymienić na przykład fosfor biały i czarny, cynę białą i szarą oraz szereg innych.

W tej sytuacji pojawiają się bardzo istotne pytania, na które nie zawsze można znaleźć odpowiedzi przeglądając książki zarówno z chemii, jak i fizyki:

- 1) Jak należy sklasyfikować poszczególne pierwiastki chemiczne z punktu widzenia fizyka ciała stałego?
- 2) Czy położenie w układzie okresowym może nam pozwolić przewidzieć własności kryształów danego pierwiastka?
- 3) Czy można przewidywać własności najprostszych dwuskładnikowych związków chemicznych?

W poniższym artykule spróbujemy w sposób możliwie prosty odpowiedzieć na powyższe pytania, w tym celu należy zdefiniować szereg istotnych pojęć, które posłużą w dalszej dyskusji.

Wiązania chemiczne

Zacznijmy od wiązań chemicznych, za pomocą których atomy łączą się w kryształy. Istnieją cztery główne typy wiązań: metaliczne, kowalencyjne, jonowe i molekularne. Ich podstawowe własności są następujące:

Wiązanie metaliczne jest, jak sama nazwa wskazuje, wiązaniem pomiędzy atomami metali. Idealny kryształ metalu należy sobie wyobrazić jako regularnie ułożone jony otoczone równomiernie ze wszystkich stron „morzem” elektronów. Bez kierunkowości wiązania metalicznego jest powodem takich własności metali, jak ich kowalność i ciągliwość czy też łatwość tworzenia stopów.

Wiązanie kowalencyjne jest to wiązanie o charakterze kierunkowym, wytworzone przez wyraźne maksima gęstości elektronów zlokalizowane pomiędzy atomami kryształu. Najbliższym idealnego wiązania kowalencyjnego jest kryształ węgla — diament. Kryształy kowalencyjne mogą być bardzo twarde, jednocześnie jednak są kruche.

Wiązanie molekularne jest to słabe wiązanie łączące poszczególne cząsteczki (molekuły) tworzące dany kryształ. Molekuły są elektrycznie obojętne, jednakże mogą w nich indukować się dipole elektryczne, których oddziaływanie powoduje powstanie kryształów. Wiązanie molekularne łączy na przykład cząsteczki gazów H_2 , O_2 czy N_2 w kryształy w niskich temperaturach.

Wiązanie jonowe, możliwe jedynie w związkach chemicznych, polega na przeniesieniu elektronu z jednego atomu na drugi, a następnie związaniu wielu takich jonów w kryształ. Klasycznymi przykładami wiązania jonowego są związki metali alkalicznych z chlorowcami, takie jak NaCl (chlorek sodu).

Wyżej wymienione wiązania są tylko granicznymi przykładami istniejących realnie w kryształach wiązań, wielokrotnie będziemy spotykać się z ich jednoczesnym współistnieniem.

Przewodnictwo elektryczne

Strukturę energetyczną ciał stałych tworzą pasma powstające z atomowych poziomów energetycznych. Wypełnienie tych pasm przez elektrony warunkuje szereg własności danego materiału. Rozpatrując ciała stałe z punktu widzenia własności elektrycznych dzielimy je więc w sposób następujący:

Metale — bardzo dobre przewodniki (koncentracja swobodnych elektronów w paśmie przewodnictwa rzędu 10^{22} cm^{-3}).

Półmetale — przewodniki, w których koncentracja nośników prądu jest o kilka rzędów wielkości niższa niż w metalach i słabo zależy od temperatury.

Półprzewodniki — substancje, w których nośniki prądu otrzymuje się przez domieszkowanie lub termiczne i optyczne wzbudzenie elektronów z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa oddzielonego przerwą energetyczną.

Izolatory — inaczej zwane dielektrykami, materiały o wysokim oporze, które nie mają własności półprzewodników.

Układ okresowy

Popatrzmy teraz na układ okresowy pierwiastków chemicznych.

4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg
12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca
30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr
48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba
80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	KRYSZTAŁY JONOWE				

KRYSZTAŁY KOWALENCYJNE

→ ←

PÓLPRZEWODNIKI

→ ←

☐ METALE

☐ PÓLMETALE

☐ KRYSZTAŁY MOLEKULARNE

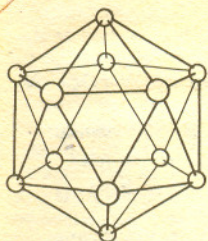
☐ Kowalencyjne

☐ Wiązania mieszane

Pomińmy metale przejściowe i przenieśmy metale alkaliczne wraz z częścią wapniowców na prawą stronę układu. Przyczyny tych zmian będą wyjaśnione w dalszej części artykułu.

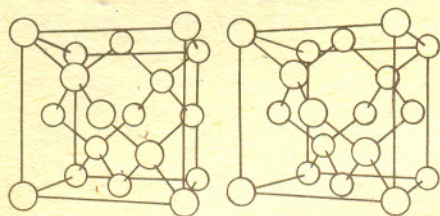
Oba skrzydła tak skonstruowanego układu zajmują obecnie metale; część centralną — pierwiastki tworzące kryształy molekularne — dielektryki. Najciekawsze natomiast są własności kryształów powstających z pierwiastków trzeciej, czwartej i piątej kolumny, które zostaną omówione szczegółowo.

Bor — jest półprzewodnikiem, zbudowanym z silnie, niemal metalicznie, związanych dwudziestościanów foremnych (ikosaedrów) B_{12} , które łączą się za pomocą wiązań kowalencyjnych w kilka bardziej złożonych struktur. Przerwa energetyczna najlepiej poznanego β -romboedrycznego boru wynosi około 1,6 eV.

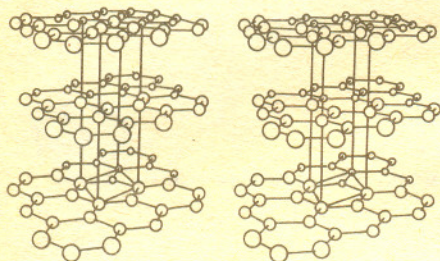


Ikosaedr atomów boru.

Węgiel — może być półprzewodnikiem o przerwie energetycznej wynoszącej około 5 eV (kowalencyjna struktura diamentu) lub też półmetalem (grafit) o koncentracjach elektronów i dziur wynoszących około $3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Grafit zbudowany jest z kowalencyjnie związanych warstw, które łączą się wiązaniem molekularnym.



Struktura diamentu.

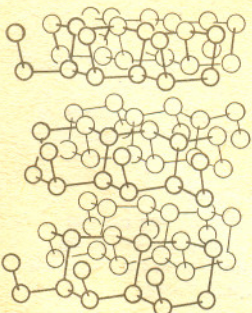


Struktura grafitu.

Krzem i german — są półprzewodnikami o wiązaniu kowalencyjnym i przerwach energetycznych wynoszących odpowiednio około 1,1 eV i 0,7 eV.

Cyna — występuje w dwóch różnych postaciach krystalicznych. Może być metalem podobnie jak ołów (cyna biała) lub też granicznym przypadkiem półprzewodnika o strukturze kowalencyjnej i przerwie energetycznej równej zero (cyna szara).

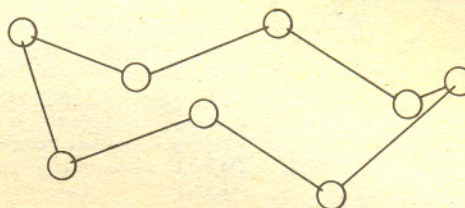
Fosfor — tworzy kryształy molekularne (dielektryki) zbudowane z cząsteczek P_4 (fosfor biały) lub też jest półprzewodnikiem o strukturze warstwowej (podobnie jak grafit) i przerwie energetycznej równej około 0,3 eV (fosfor czarny).



Struktura fosforu czarnego.

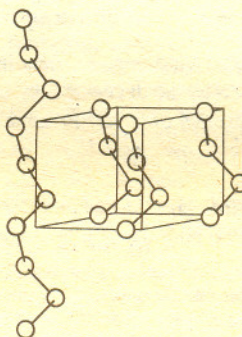
Arsen, antymon i bizmut — są półmetalami zbudowanymi z warstw połączonych wiązaniem molekularnym (podobnie jak grafit i fosfor czarny). Koncentracje elektronów i dziur w tych kryształach wynoszą odpowiednio $2 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, $5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ i $3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

Siarka — jest dielektrykiem zbudowanym z cząsteczek S_8 (siarka ortorombowa i jednoskośna).



Cząsteczka siarki.

Selen i tellur — są półprzewodnikami o przerwach energetycznych wynoszących odpowiednio około 1,8 eV i 0,3 eV. Atomy tych pierwiastków łączą się wiązaniem kowalencyjnym w łańcuchy, które z kolei wiążą się ze sobą wiązaniem molekularnym. Warto dodać, że można otrzymać również selen jednoskośny (Se_8), który jest dielektrykiem podobnie jak siarka.



Łańcuch selenowy.

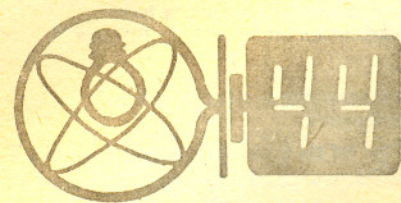
Jak widać z tego krótkiego przeglądu, istnieje wyraźny związek między miejscem danego pierwiastka w układzie okresowym, strukturą krystaliczną jego kryształów i ich własnościami fizycznymi. Nie znając w ogóle własności kryształów jakiegoś pierwiastka można więc je przewidywać korzystając wyłącznie z informacji o jego sąsiadach. Na przykład można spodziewać się, że obok trwałego półmetalicznego arsenu (tzw. arsen szary) może istnieć jakaś inna jego odmiana. I rzeczywiście — odkryto również nietrwały arsen żółty, który jest kryształem molekularnym, analogicznie jak fosfor biały.

Własności związków

Obecnie nadeszła pora, aby wyjaśnić niestandardową strukturę naszego układu okresowego. Wyróżnione są w nim: kolumna węgla i kolumna gazów szlachetnych. Okazuje się, że jeżeli będziemy tworzyć teraz dwuskładnikowe związki chemiczne z pierwiastków znajdujących się po obu stronach kolumny węgla, to otrzymamy związki o przeważających własnościach kowalencyjnych, które będą na ogół półprzewodnikami. Są to takie kryształy, jak GaAs, ZnSe czy HgTe. Nawet heksagonalny BN, krystalizujący w strukturze grafitu, jest też półprzewodnikiem.

Z kolei tworząc analogicznie związki z pierwiastkami położonych po obu stronach kolumny gazów szlachetnych otrzymuje się związki jonowe o własnościach dielektrycznych, takie jak NaCl, KBr czy CaO. Warto zauważyć, że magnez występuje dwukrotnie w tym układzie (w pierwszej i ostatniej kolumnie), co wiąże się z faktem, że związki takie, jak MgS czy MgSe występują zarówno w strukturach kowalencyjnych, jak i jonowych. Podobne własności ma szereg związków metali przejściowych, które w konsekwencji można umieszczać po jednej i drugiej stronie naszego układu.

Na zakończenie warto zauważyć, że tak skonstruowany układ pozwala również na przewidywanie własności kryształów związków pierwiastków promieniotwórczych, takich jak polon, astat, franc czy rad. Pierwiastki te mogłyby znaleźć się w najniższym wierszu układu, na prawo od bizmutu. Niektóre z nich mają bardzo krótki czas życia (rzędu godzin lub minut) i otrzymywanie oraz badanie ich związków jest przez to dosyć kłopotliwe.



Skrót. regulaminu

Każdy może nadsyłać rozwiązania zadań z numeru n w terminie do końca miesiąca $n+2$. Szkice rozwiązań zamieszczamy w numerze $n+4$. Można nadsyłać rozwiązania czterech, trzech, dwóch lub jednego zadania (każde na oddzielnej kartce), można to robić co miesiąc lub z dowolnymi przerwami. Rozwiązania zadań z matematyki i z fizyki należy przysyłać w oddzielnych kopertach, umieszczając na kopercie dopisek: Klub 44 M lub Klub 44 F. Oceniamy zadania w skali od 0 do 1 z dokładnością do 0,1. Ocenę mnożymy przez współczynnik trudności danego zadania: $WT = 4 - 3 S/N$, gdzie S oznacza sumę ocen za rozwiązanie tego zadania, a N — liczbę osób, które nadesłały rozwiązanie choćby jednego zadania z danego numeru w danej konkurencji (M lub F) — i tyle punktów otrzymują nadsyłający. Po zgromadzeniu 44 punktów, w dowolnym czasie i w którejkolwiek z dwóch konkurencji (M lub F), zostaje on członkiem Klubu 44, a nadwyżka punktów jest zaliczana do ponownego udziału. Trzykrotnie członkostwo — to tytuł Weterana. Szczegółowy regulamin został wydrukowany w numerze 1/1987.

Zadania z fizyki nr 51, 52

Redaguje dr Andrzej NADOLNY

51. Sprężysta kula pada na idealnie gładką tarczę pod kątem θ z prędkością v_k , jak na rysunku. Przyjmując doskonale sprężyste odbicie kuli od tarczy, obliczyć prędkość v_t , jaką winna mieć tarcza w chwili zderzenia, aby tor kuli po odbiciu tworzył kąt prosty z kierunkiem padania.

52. Wiadomo, że różnoimienne ładunki na okładkach kondensatora są, co do wartości, równe. Co by się działo, gdyby ładunek jednej z okładek był nieco większy, na przykład o 1%, od ładunku drugiej okładki? Przeanalizować sytuację na przykładzie kondensatora o pojemności $10 \mu\text{F}$ naładowanego do napięcia 10 V .

Rozwiązania zadań z fizyki z numeru 4/1987

Przypominamy treść zadań:

47. Wolframowe włókno żarówki próżniowej ma przy nominalnym napięciu zasilającym $3,5 \text{ V}$ temperaturę 2000 K . Jaka będzie temperatura włókna podczas zasilania żarówki napięciem $4,5 \text{ V}$? Przy jakim orientacyjnie napięciu nastąpi stopienie włókna? Można przyjąć, że wolfram w wysokiej temperaturze promieniuje jak ciało doskonale czarne. Opór właściwy wolframu jest w przybliżeniu proporcjonalny do $T^{1/2}$ (T — temperatura). Temperatura topnienia wolframu wynosi 3650 K .

48. Posiadanie pary uszu ułatwia nam określenie kierunku, z którego dochodzi dany dźwięk. Stwierdzono, że dokładność, z jaką można ten kierunek wyznaczyć, zależy od częstotliwości dźwięku, przy czym w przedziale częstotliwości od 2 kHz do 5 kHz jest ona wyraźnie mniejsza, aniżeli dla częstotliwości niższych oraz wyższych. Jakie przyczyny fizyczne mogą być odpowiedzialne za to zjawisko?

47. Przyjmujemy, że moc wydzielana we włóknie

$$(1) \quad M = \frac{U^2}{R} = \frac{\pi r^2 U^2}{l \rho}$$

(U — napięcie zasilające, R — opór włókna, r — promień przekroju drutu włókna, l — długość włókna, ρ — opór właściwy wolframu) jest równa mocy wypromieniowanej

$$(2) \quad M' = 2\pi r l \sigma (T^4 - T_0^4)$$

(σ — stała Stefana-Boltzmann, T — temperatura włókna, T_0 — temperatura otoczenia). Ze względu na $T \gg T_0$ stosujemy postać przybliżoną wzoru (2):

$$(3) \quad M' = 2\pi r l \sigma T^4.$$

Z przyrównania wyrażeń (1) i (3) otrzymujemy wzór na temperaturę włókna

$$T = \left(\frac{r U^2}{2 \sigma l^2 \rho} \right)^{1/4} = A U^{1/2} \rho^{-1/4} \quad (A — stała).$$

Po podstawieniu do niego zależności $\rho = B T^k$ (B — pewna stała, $k = 1, 2$) uzyskujemy związek między temperaturą a napięciem

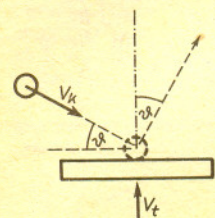
$$T = C U^v,$$

w którym C — stała, $v = \frac{2}{4+k}$.

Podstawiając $U = 3,5 \text{ V}$, $T = 2000 \text{ K}$, wyznaczamy stąd wartość C . W końcu obliczamy temperaturę odpowiadającą napięciu $4,5 \text{ V} - 2200 \text{ K}$ oraz napięcie odpowiadające temperaturze $3650 \text{ K} - 16,7 \text{ V}$ (w rzeczywistości stopienie włókna nastąpiłoby z pewnością już przy niższym napięciu).

48. W odbieraniu wrażeń słuchowych występuje różnica natężeń fal dźwiękowych dochodzących do obu uszu oraz różnica faz między tymi falami. Pierwszy czynnik ma istotne znaczenie dla fal krótszych od rozmiarów głowy ($v \gtrsim 5 \text{ kHz}$), które ulegają stosunkowo słabej dyfrakcji na głowie jako przeszkodzie. Drugi czynnik odgrywa rolę dla fal dłuższych od rozstawu uszu ($v \lesssim 2 \text{ kHz}$). Dla pośredniego przedziału częstotliwości wynika stąd upośledzenie kierunkowości słyszenia.

Termin nadsyłania rozwiązań: 31 X 1987



Czołówka ligi zadaniowej "Klub 44 F" po uwzględnieniu ocen rozwiązań zadań 42 /WT=2,16/ i 44 /WT=3,39/ z numeru 2/1987

Aleksander Surma	- Myszków	44,02pkt
Piotr Bała	- Toruń	40,10pkt
Robert Repucha	- Gołdap	38,97pkt
Anna Gluza	- Toruń	36,36pkt
Jacek Stelmach	- Zabrze	35,47pkt
Jerzy Lipkowski	- Elbląg	33,26pkt
Piotr Wach	- Katowice	31,98pkt

Fan Surma jako czwarty osiągnął 44 punkty.



Rozwiązanie zadania M 478. Przypuśćmy, że pionki można przesuwac w podany sposób. Rozpatrzmy dowolne pole p_1 , z którego pionek został przesunięty na pole p_2 . Z kolei pionek z p_2 został przesunięty na p_3 , itd. Po parzystej liczbie kroków wrócimy na pole p_1 . Istotnie, ponieważ wróciliśmy do punktu wyjścia, liczba kroków w dół równa jest liczbie kroków w górę; to samo odnosi się do kroków w lewo i w prawo. Łączna liczba kroków jest więc parzysta i równa się liczbie pól w naszym cyklu.

Całą szachownicę można podzielić na takie cykle, zatem liczba pól na szachownicy musiałaby być parzysta — a nie jest.



Rozwiązanie zadania M 479. Zdefiniujemy wielomiany:

$$f_1(x) = f(x+1) - f(x), f_2(x) = f_1(x) - f_1(x+1), \dots$$

$$f_m(x) = f_{m-1}(x+1) - f_{m-1}(x).$$

Mamy teraz

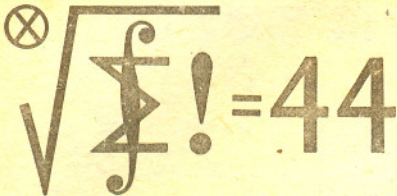
$$f(a+1) = f(a) + f_1(a); f(a+2) = f(a) + 2f_1(a) + f_2(a), \dots$$

a ogólnie dla każdego naturalnego n

$$f(a+n) = f(a) + \binom{n}{1} f_1(a) + \binom{n}{2} f_2(a) + \dots + \binom{n}{m} f_m(a).$$

Wystarczy zauważyć, że $f_k(a)$ są liczbami całkowitymi, zatem $f(a+n)$ jest całkowite dla dowolnych n naturalnych.

Powyższe rozumowanie stosuje się także do wielomianu $g(x) = f(-x)$. Dlatego $f(a+n)$ jest całkowite dla każdego n całkowitego.



153. Ciąg $(a(n))$, $n = 1, 2, 3, \dots$, jest określony przez warunki: $a(2k) = a(k)$ dla $k \geq 1$, $a(4k+1) = -1$ dla $k \geq 0$, $a(4k+3) = 0$ dla $k \geq 0$. Czy ciąg ten jest od pewnego miejsca okresowy?

154. Dla jakich liczb naturalnych $n \geq 3$ można poprowadzić przez wierzchołki n -kąta foremnego n równoległych prostych (w płaszczyźnie tego wielokąta) tak, by każdy wierzchołek leżał na innej prostej i żeby odległości między sąsiednimi prostymi były takie same?

Zadanie 154 przysłał pan Jerzy Janowicz z Bolesławca.

Rozwiązania zadań z matematyki z numeru 4/1987

Przypominamy treść zadań:

149. Niech b będzie średnią arytmetyczną długości wszystkich boków pewnego wielokąta wypukłego, a d — średnią arytmetyczną długości wszystkich przekątnych tego wielokąta. Dowieść, że $b < d$.

150. Dowieść, że wielomian $f(x) = x^4 + ax^3 + bx^2 + cx + d$, gdzie $d > 0$, $c^2 + a^2d < 4bd$, nie ma pierwiastków rzeczywistych.

149. Oznaczmy przez n liczbę boków, a przez m liczbę przekątnych danego wielokąta W . Weźmy pod uwagę dowolny czworokąt Q , którego dwoma przeciwległymi bokami są dwa nieprzyległe boki wielokąta W ; oznaczmy sumę ich długości przez $b(Q)$. Przekątne Q są też przekątnymi W ; oznaczmy sumę ich długości przez $d(Q)$. Oczywiście $b(Q) < d(Q)$. Zatem $\sum_Q b(Q) < \sum_Q d(Q)$ (*); sumowanie jest rozciągnięte na wszystkie dopuszczalne czworokąty Q .

Każdy bok W występuje w sumie $\sum b(Q)$ jednakową liczbę razy; oznaczmy ją przez k . Podobnie każda przekątna występuje w sumie $\sum d(Q)$ jednakową liczbę razy; oznaczmy ją przez l . A ponieważ po obu stronach nierówności (*) mamy tyle samo par odcinków, musi zachodzić proporcja $k : l = m : n$. Wobec tego

$$1 < \frac{\sum d(Q)}{\sum b(Q)} = \frac{l \cdot (\text{suma długości wszystkich przekątnych})}{k \cdot (\text{suma długości wszystkich boków})} = \frac{lmd}{knb} = \frac{d}{b}$$

150. Jeśli $x \neq 0$, to

$$f(x) > x^4 + ax^3 + \frac{c^2 + a^2d}{4d} x^2 + cx + d = \left(x^2 + \frac{ax}{2}\right)^2 + \left(\frac{cx}{2\sqrt{d}} + \sqrt{d}\right)^2 \geq 0;$$

a $f(0) = d > 0$ z założenia.

Patrz w niebo

Uważni obserwatorzy nieba być może zwrócili uwagę na fakt, że w ciągu ostatnich kilku miesięcy Księżyc czasem wznosi się szczególnie wysoko nad horyzontem, innym znów razem jego wędrówka po niebie odbywa się szczególnie nisko. Różnice te będą wyjątkowo dobrze widoczne we wrześniu, a więc tym, którzy jeszcze nie zauważyli osobliwego zachowania naszego satelity, radzimy nie zwlekać — następnym razem podobne zjawisko będzie można zaobserwować dopiero w 2006 roku.

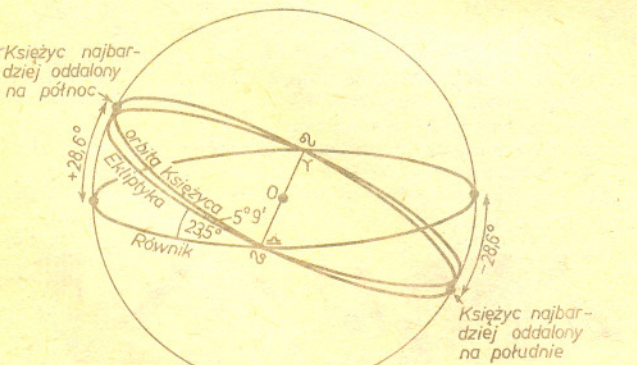
Wyjaśnienie przyczyny występowania dużych różnic w wysokościach Księżyca podczas jego górnych kulminacji jest proste: Płaszczyzna orbity Księżyca jest nachylona pod kątem $5^\circ 9'$ do płaszczyzny ekliptyki, ta zaś pod kątem $23^\circ 27'$ do płaszczyzny równika niebieskiego. Gdy wszystkie trzy płaszczyzny przecinają się wzdluż jednej prostej (tj. gdy węzły orbity Księżyca pokrywają się z punktami równonocy), orbita Księżyca może osiągać największe lub najmniejsze nachylenie w stosunku do równika, a tym samym do horyzontu. Nachylenie jest największe, gdy punkt równonocy wiosennej pokrywa się z węzłem wstępującym (rysunek), a najmniejsze, gdy pokrywa się

on z węzłem zstępującym. W sytuacjach, gdy węzły nie pokrywają się z punktami równonocy, nachylenie przyjmuje wartości pośrednie. Węzły dokonują pełnego obiegu po ekliptyce w ciągu 18,6 lat, w tym więc czasie można zaobserwować wszystkie możliwe tory Księżyca wśród gwiazd.

W 1987 roku węzeł wstępujący znajduje się właśnie w pobliżu równika niebieskiego — w gwiazdozbiorze Ryb. Wobec tego Księżyc jest najbardziej oddalony od ekliptyki wędrując na tle gwiazdozbioru Bliźniat. Ten obszar ekliptyki jest z kolei najbardziej oddalony na północ od równika. Zsumowanie tych dwóch efektów prowadzi do sytuacji, w której maksymalna północna deklinacja Księżyca może osiągnąć aż $28^\circ 36'$. Podobnie — największą deklinację południową osiąga Księżyc w gwiazdozbiorze Strzelca.

8 listopada węzeł wstępujący znajdzie się dokładnie w punkcie równonocy wiosennej. Jednak już 15 września Księżyc będzie górował na największej wysokości nad horyzontem — równej 67° . W dwa tygodnie później — 30 września, gdy przesunie się do przeciwnego punktu swej orbity, będzie górował na najmniejszej wysokości — zaledwie 9° nad horyzontem. (Wysokości górowania zależą, oczywiście, od szerokości geograficznej miejsca obserwacji — tu podane są dla Warszawy.) W latach, w których nachylenie orbity Księżyca jest przeciwne do nachylenia ekliptyki, różnice między maksymalnymi wysokościami górowania dochodzą zaledwie 37° , a tu mamy aż o 20° więcej!

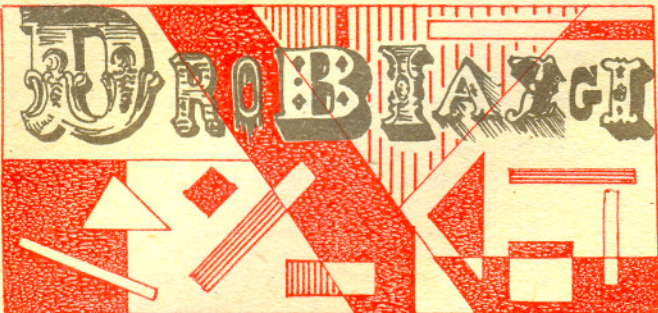
Aby przekonać się, jak duże są zmiany wysokości górowania Księżyca wynikające z ruchu węzłów, najlepiej przeprowadzić obserwację w odstępie kilku lat. 17 września Księżyc będący w ostatniej kwadrze przybliży się najbardziej do Polluksa (β Gem), jasnej gwiazdy z konstelacji Bliźniat. Za kilka lat minie β Gem w znacznie większej odległości.



*Księżyc najbardziej oddalony na północ

Księżyc najbardziej oddalony na południe

mgr Joanna UDALSKA



Suma odległości k_1, k_2, k_3 dowolnego punktu płaszczyzny od wierzchołków dowolnie ustalonego trójkąta spełnia warunek

$$k_1 + k_2 + k_3 \geq 2\sqrt{3}S,$$

gdzie S to pole trójkąta. Równość zachodzi tylko w tym przypadku, gdy trójkąt jest równoboczny, a punkt jest jego środkiem. W przypadku, gdy ograniczymy się do punktów wewnętrznych trójkąta i oznaczymy przez l_1, l_2, l_3 odległości punktu od boków trójkąta, to mamy

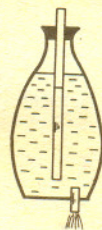
$$(*) \quad k_1 + k_2 + k_3 \geq 2(l_1 + l_2 + l_3),$$

przy czym równość ma miejsce w tej sytuacji co poprzednio. Nierówność (*) może być wyrażona i tak: średnia arytmetyczna k_i jest nie mniejsza od podwojonej średniej arytmetycznej l_i .

Okazuje się, że w zdaniu tym można średnią arytmetyczną zastąpić średnią geometryczną, a także średnią harmoniczną, i zdanie pozostanie prawdziwe. Jest to tym dziwniejsze, że takie trzy nierówności dla dowolnych liczb (a nie „wziętych z trójkąta”) bynajmniej nie są równoważne.

Jak wszystkie miary stosowane w przyrodoznawstwie, tak i jasności gwiazd mają swoje wzorce. Pierwszy zestaw takich wzorców powstał na początku XX w. w USA jako tzw. północny ciąg biegunowy. Zawierał on jasności (zmierzone fotograficznie) niemal stu gwiazd leżących w pobliżu północnego bieguna nieba. Jasności gwiazd pokrywały zakres od 4 do 21 mag. Katalog tych gwiazd był następnie rozszerzany i ulepszony i przez kilkadziesiąt lat był w powszechnym użyciu. Obecnie nie jest już używany, a wzorcowe gwiazdy o jasnościach pomierzonych fotoelektrycznie rozrzucone są możliwie jednorodnie po całym niebie.

Rysunek przedstawia tzw. flaszkę Mariotte'a stosowaną jako dozownik cieczy. Jest to naczynie zamknięte szczelnym korkiem, przez który przechodzi rurka. Dolny koniec rurki znajduje się blisko dna naczynia. Kiedy ciecz zaczyna wypływać przez otwór w dnie, jej poziom obniża się, co powoduje zmniejszenie się ciśnienia powietrza we flaszce. To z kolei prowadzi do obniżenia się poziomu cieczy w rurce poniżej poziomu cieczy w naczyniu. Równowaga ustala się wtedy, gdy powietrze całkowicie wypełni rurkę. Wtedy prędkość wypływu przestaje zależeć od poziomu cieczy we flaszce (dlaczego?).



Cząstki elementarne przyspieszane w akceleratorach wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne (promieniowanie synchrotronowe) o długościach fal zbliżonych do promieni Roentgena. Podjęto już próby zastosowania promieniowania synchrotronowego do badania naczyń wieńcowych. Przeprowadzono liczne doświadczenia na zwierzętach, a ostatnio otrzymano również tą techniką pierwsze obrazy naczyń wieńcowych ludzi. Na razie nie miały one jakości wystarczającej do użytku klinicznego. Nowa technika, obecnie jeszcze bardzo droga (średni koszt zdjęcia około 3500 dolarów), jest mniej szkodliwa niż metody stosowane obecnie. Wiązka promieniowania synchrotronowego jest bardzo wąska, ma dużą intensywność i ciągłe widmo — pozwala to zmniejszyć dawkę promieniowania absorbowanego przez pacjenta.



Para w równowadze z mieszaniną różnych cieczy ma na ogół inny skład niż mieszanina. Tak np. para nad mieszaniną wody i alkoholu jest bogatsza w alkohol. Na tej różnicy składu pary i cieczy oparta jest metoda rozdzielania substancji przez destylację. Skraplając parę pochodzącą z pierwszych chwil destylacji otrzymamy mieszaninę zawierającą więcej bardziej lotnego składnika niż mieszanina wyjściowa; pozostała ciecz będzie, oczywiście, miała większą zawartość składnika mniej lotnego. Warto jednak wiedzieć, że para nad cieczą zawierającą 95% alkoholu i 5% wody ma ten sam skład co ciecz i rozdzielenie składników przez destylację nie jest możliwe.

Graf składa się ze zbioru wierzchołków i połączeń między pewnymi z nich, tzw. krawędzi; obrazujemy go rysunkiem zwanym reprezentacją: wierzchołki przedstawiamy jako punkty płaszczyzny, krawędzie jako krzywe łączące je. Jeśli dwie krzywe obrazujące różne krawędzie mają punkt wspólny co najwyżej we wspólnym wierzchołku, daną reprezentację nazywamy płaską. Graf, który ma reprezentację płaską, nazywamy planarnym. Można udowodnić, że graf planarny prosty (tj. taki, że nie ma w nim różnych krawędzi łączących te same wierzchołki i żaden wierzchołek nie jest połączony ze sobą) ma reprezentację płaską, przy której krawędzie są obrazowane przez odcinki. Nie wiemy zaś, czy dla każdego n można znaleźć n punktów takich, że każdy graf prosty, planarny o n wierzchołkach ma reprezentację płaską, przy której jego wierzchołki są obrazowane przez te właśnie punkty, a jego krawędzie przez odcinki.

Najjaśniejszymi kometami obserwowanymi z Ziemi były: Kometą Dzienną z 1744 roku i kometą 1882 II. Kometą Dzienną 1744 (kometą Cheseaux) 25 lutego 1744 widoczna była na niebie w odległości tylko 12° od Słońca, jej jasność oszacowano na -5 mag. Kometą 1882 II w połowie września 1882 roku obserwowana była w ciągu dnia nieuzbrojonym okiem; była wtedy jaśniejsza od Księżyca w pełni. Faktycznie najjaśniejszą kometą była kometą z 1729 roku. 31 lipca 1729 widoczna była nieuzbrojonym okiem będąc w tym dniu w odległości 3,1 j.a. od Ziemi i 4,1 j.a. od Słońca.

Łatwo jest podzielić kwadrat na dowolną parzystą (równą $2n$) liczbę trójkątów o równych polach. W tym celu wystarczy jedną z przekątnych podzielić na n równych części i punkty podziału połączyć z wierzchołkami kwadratu, które nie są końcami podzielonej przekątnej. Natomiast okazuje się, że kwadrat nie może być podzielony na nieparzystą liczbę trójkątów o równych polach. Oczywiście dowód tego faktu jest znacznie trudniejszy, niż znalezienie podziału na parzystą liczbę trójkątów.

Większość z występujących na Ziemi pierwiastków chemicznych zarejestrowano w widmie słonecznym. Wiele z nich występuje tam tylko w ilościach śladowych. Jednak niska względna zawartość w materii słonecznej odpowiada zwykle dużym wartościom bezwzględny. Na przykład w Słońcu przypada średnio zaledwie 9 atomów złota na każde 10^{12} atomów wodoru. Wydaje się więc, że złota jest tam zupełnie niewiele, pamiętajmy jednak, że masa Słońca jest równa $2 \cdot 10^{27}$ ton. W rezultacie nasza gwiazda zawiera około $2 \cdot 10^{18}$ ton złota. Przy obecnych cenach ilość ta jest warta około 10^{25} dolarów. Skarb ten jest jednak zabezpieczony w jednym z najpewniejszych sejfów we Wszechświecie.

10^{-18}



GROMADA KULISTA

* α CMi

α CMa

*

Słońce

* Ross 248

Krüger 60

→ 12 cm

61 Cyg

*

* α Cen

* Barnard

* Ross 154

α Aql

*

p Oph

*

Do centrum Galaktyki
w tej skali 330 m

NAJBLIŻSZE GWIAZDY
LEŻĄCE W POBLIŻU
DROGI MLECZNEJ

10^{17} m \approx 3,3 pc

