

Wszechświat i pustka

Konrad RUDNICKI

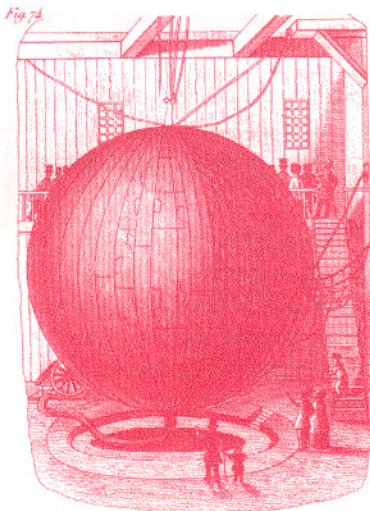
Łatwo stwierdzić, że bynajmniej nie za czasów jakichś starożytnych Rzymian, ale właśnie sto lat temu wyobrażano sobie Wszechświat jako wielką, zapewne nieskończoną pustkę, w której się gdzieś znajdują odosobnione bryły materii – ciała niebieskie. Wystarczy wziąć do ręki jakąkolwiek popularną książkę astronomiczną z początku XX wieku, aby znaleźć w niej odbicie poglądu, że nasza Ziemia jest odizolowanym ciałem niebieskim, na które działają tylko siły grawitacyjne odległych globów – Słońca, Księżyca i (trudno zauważalne) innych planet, oraz światło i ciepło Słońca. Wprawdzie Akademia Francuska jeszcze w XIX wieku przyznała się do pomyłki i uznała, że kamienie (meteoryty) mogą spadać z nieba, a więc, że w przestrzeni międzyplanetarnej krążą jakieś bryłki materii, ale łączna masa tych bryłek jest przecież znikomą. Znano też światło zodiakalne i rozumiano, że to jakieś pyły w pobliżu płaszczyzny ekliptyki, ale właśnie to światło wydawało się zjawiskiem tym bardziej tajemniczym, im konkretniej sobie wyobrażano pustotę pozostałej przestrzeni kosmicznej.

Impulsem do innego spojrzenia na Wszechświat było ostateczne stwierdzenie w pierwszej połowie minionego dopiero co wieku, że tak, jak sądzili William i John Herschlowie, mgławice spiralne są galaktykami. Ponieważ tych galaktyk nie widać w obszarach nieba położonych w Drodze Mlecznej, a raczej trudno było przypuszczać, żeby struktura Wszechświata stosowała się do przestrzennego ułożenia naszej Galaktyki, więc powstała hipoteza ekstynkcji międzygwiazdowej, ciemnej materii w płaszczyźnie galaktycznej zasłaniającej w tych kierunkach widok na daleki Kosmos. Ta hipoteza została szybko potwierdzona przez obserwacje jasności i barw gwiazd. Nasz układ gwiazdowy przestał być w świadomości astronomów pusty, lecz stał się wypełniony niezmiernie subtelną wprawdzie, ale wszędzie obecną materią pyłową. Potem nastąpiło odkrycie międzygwiazdowego gazu towarzyszącego pyłom lub występującego samodzielnie. Zarazem coraz to nowe prace dokumentowały obecność gazów i pyłów również w przestrzeni międzygalaktycznej.

Innym ważnym wydarzeniem było odkrycie promieni kosmicznych. W ciągu kolejnych dziesięcioleci XX wieku poznano wielką różnorodność cząstek elementarnych, obdarzonych ładunkami elektrycznymi i neutralnych, przychodzących z różnych obszarów Wszechświata. Niektóre z nich mają niewyobrażalnie wielką energię. Zarazem obserwacje pozaatmosferyczne pozwoliły stwierdzić, że ciała niebieskie wysyłają nie tylko fale optyczne, ale wszelkiego rodzaju promieniowanie elektromagnetyczne od długich fal radiowych aż po dziedzinę promieniowania gamma. Różnorodność sygnałów docierających z różnych okolic Wszechświata do rozmaitych ciał niebieskich, a w ich liczbie do Ziemi, wzrosła więc znacznie. Okazało się, że nasza planeta nie jest tak odizolowana od świata, jak się dawniej zdawało.

Rozwój astronautyki przyniósł też niespodziewane odkrycia w naszym układzie planetarnym. Oto materia słoneczna okazała się nie tylko przejawiać w protuberancjach, słonecznej koronie i w świetle zodiakalnym, ale w postaci wiatru słonecznego przenikać cały nasz układ planetarny, daleko poza orbity Neptuna i Plutona. Można powiedzieć, że Ziemia i inne planety poruszają się wewnątrz owego wiatru, czyli w najbardziej zewnętrznych i stale się rozszerzających warstwach atmosfery słonecznej. Słońce działa bezpośrednio na Ziemię. Można to nawet sformułować tak, że żyjemy wewnątrz Słońca, którego działanie odczuwamy nie tylko w pływach oceanicznych, ale również w postaci burz magnetycznych, zór polarnych i innych zjawisk znanych geofizykom, radiotechnikom, a ostatnio również biologom i lekarzom. Widoczna tarcza słoneczna z plamami, pochodniami i wybuchami jest tylko jakby monitorem informującym nas, co Słońce w danej chwili robi. Poczucie pustki rozciągającej się między nami a Słońcem znikło.

Poznaliśmy, że wokół Ziemi ponad warstwami powietrza mamy jeszcze wypełnione naładowanymi cząstkami pasy van Allena, dowiedzieliśmy się o istnieniu ledwie widocznych pyłowych satelitów Ziemi.





Rozwiązanie zadania F 542.

Na dole balonu ciśnienia wewnętrzne i zewnętrzne są takie same (dlaczego?). Wyobraźmy sobie, że zmieniamy kształt balonu tak, aby był on otwartym od dołu walcem o wysokości H i polu podstawy $P = V/H$. Wtedy jedynymi siłami działającymi w kierunku pionowym na powłokę balonu są siła ciężkości i różnica parć na górną podstawę walca. W takim razie różnica ciśnień musi wynosić

$$\Delta p = MgH/V,$$

co dla wysokości $H \approx 30$ m daje różnicę około 0,5 hPa.

Jeśli w trakcie przepływu nieściśliwego płynu nie jest wykonywana żadna praca, to z prawa Bernoulliego wynika, że całkowite ciśnienie jest stałe

$$p = p_s + \frac{1}{2}\rho v^2$$

(gdzie p_s to ciśnienie statyczne, a połowa iloczynu gęstości ρ i kwadratu prędkości przepływu v odpowiada tzw. ciśnieniu dynamicznemu). W takim razie

$$\Delta p_s = \frac{1}{2}\rho(v^2 - v_0^2).$$

Jeżeli przyjmiemy, że $v_0 = 0$, to różnicę $\Delta p_s = 0,5$ hPa uzyskamy dla prędkości przepływu

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p_s}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{29 \text{ kg/22,4 m}^3}} \approx 9 \text{ m/s}.$$

Przy ponownym czytaniu napisanego zauważyłem, że podałem wybiórczo kilka nazwisk, pomijając inne, ważniejsze, a więc, że należałoby ten tekst uzupełnić przynajmniej dziesiątkami dalszych nazwisk. Ponadto do co drugiego zdania należałoby dać przypis na marginesie lub na dole strony, na czym polega wspomniane odkrycie, jaką metodą go dokonano, jakim instrumentem i kiedy. Tylko że konsekwentnie wszystko uzupełniając i wyjaśniając, otrzymałoby się przynajmniej stustronicową monografię. Po namyśle więc zamiast wielu przypisów daję tylko ten jeden. A tego, czego nie napisałem, Czytelnik zechce sam poszukać w obszernej literaturze, choćby i tej popularnej, aby rzetelnej.

Okazało się, że ziemską atmosferę nie tylko się powoli rozprasza w przestrzeni międzyplanetarnej, ale i odwrotnie – stale jest wzbogacana przez otaczające ją środowisko. Wpada w nią i pozostaje co roku wiele ton materii, między innymi w postaci żelaza meteorowego oraz wody z warkoczy lub pozostałości komet. Część tej materii opada na powierzchnię naszej planety wzbogacając skład gleby.

Odkrywano też pomalą w coraz to nowych obszarach przestrzeni międzygwiazdowej pola elektromagnetyczne. W ten sposób zapełniła się ta przestrzeń w świadomości naukowców nie tylko pyłami i gazami, ale również polami fizycznymi. Pola mają energię. Energia jest materią. Substancja międzygwiazdowa naszej, czy innej galaktyki, to nie tylko bezkształtne masy gazu i pyłu tu i ówdzie przypadkowo skupiające się w masywniejsze mgławice, lecz fizyczne pola o określonych, skomplikowanych, ale bynajmniej nie tylko chaotycznych ukształtowaniach.

W latach pięćdziesiątych Fritz Zwicky odkrył pierwsze galaktyki o znikomej jasności powierzchniowej. W ostatnich dziesięcioleciach astronom amator, ale fachowy fotograf, David Malin, wynalazł sposób ich masowego fotografowania, odkrywania – tak zwaną metodę „malinizacji”. Znalazło się tych galaktyk mnóstwo. Do dziś nie wiadomo, jak się przedstawia stosunek ich liczby do liczby galaktyk „zwykłych”. Rzecz pozostaje w trakcie badań. W każdym razie, biorąc pod uwagę ich istnienie, widać, że przestrzeń Wszechświata jest znacznie „ściślej” wypełniona galaktykami, niż dotychczas uważano. Owe galaktyki małej jasności powierzchniowej są bynajmniej nie tylko karłowate, jak sądzono pierwotnie. Z badań kinematycznych wynika, że są wśród nich również układy gwiazdowe nie ustępujące pod względem rozmiarów i masy wielkim galaktykom „normalnym”. Są one przy tym przezroczyste. Ich masy nie są więc zawarte ani w jasnych gwiazdach, ani w ciemnych pyłach. W świadomości astronomów pusta przestrzeń – tym razem pomiędzy łatwo widocznymi galaktykami – znów się zagęściła.

Dane o ciemnej międzygalaktycznej materii wygaszającej światło widzialne, a promieniującej w podczerwieni i radiowo, oraz o galaktykach o nikłej jasności powierzchniowej, które się między innymi przejawiają w subtelnej poświacie wewnątrz odległych gromad galaktyk, zostały uzupełnione wiadomościami o międzygalaktycznych polach elektromagnetycznych. Niewiele o nich wiemy, ale istnieją one ponad wszelką wątpliwość. W końcowych dziesięcioleciach XX wieku stało się już jasne, że gromady galaktyk są dość szczelnie wypełnione różnymi rodzajami materii.

Lubiącym rozmyślać o „pustych przestrzeniach Wszechświata” pozostawały jeszcze przez pewien czas obszary pomiędzy wielkimi zagęszczeniami gromad galaktyk, stanowiące bąble w „pianie Woronoja”, której strukturę podobno ma nasz Wszechświat. Te obszary nazwano nawet pustkami międzygalaktycznymi. Nim jednak upłynął XX wiek, również w nich odkryto pola elektromagnetyczne. Istnieją też poszlaki obserwacyjne o istnieniu tam ciemnych pyłów i gazów.

Można by też wspomnieć o egzotycznych formach materii występujących w galaktykach i pomiędzy nimi, jeszcze wprawdzie nie odkrytych, ale istniejących według opinii teoretyków. Ograniczamy się jednak do wspomnienia tylko tego, co już zostało obserwacyjnie odkryte.

Obraz Wszechświata z końca XX wieku jest więc całkiem różny od obrazu z jego początków. Nie pusta przestrzeń z pojedynczymi, odizolowanymi ciałami kosmicznymi, lecz skomplikowany konglomerat pól fizycznych i materii w różnych stanach skupienia, przenikających wszystko, wiążących wszystko między sobą. I choć nadal uważamy za istotne grawitacyjne oddziaływania masywnych centrów, nie sposób dziś zrozumieć Wszechświat bez uwzględnienia strug materii wyrzucanej w burzliwych procesach i poruszającej się czasem z podświetlnymi prędkościami, fal uderzeniowych i wszelkiego rodzaju wzajemnego przenikania różnych rodzajów materii. Badania klimatologiczne, a także dotyczące wpływu fal radiowych na człowieka, pokazały, że to, co się dzieje na Ziemi, jest związane w każdym razie z całą Galaktyką, jeśli nie z całym

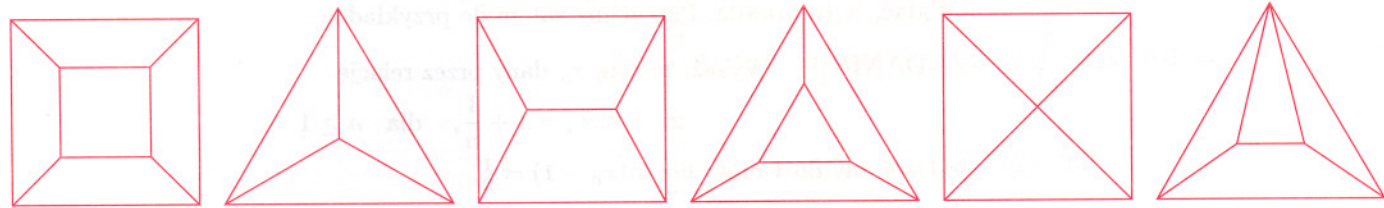
Wszecchiwiatem. Powstała nowa gałąź nauki – kosmoekologia, mająca znaczenie dla praktycznych dziedzin życia.

Ten współczesny obraz wydaje się nam dziś całkiem poprawny, tak jak w początku wieku XX wydawał się obraz ówczesny. Co powiedzą potomni przy końcu XXI wieku o obrazie obecnym? Jakie będą widzieli w nim braki? Jakie nowe odkrycia do tego czasu istotnie zmieniają jego „koloryt”?

Ile jest wielościanów z sześcioma ścianami?

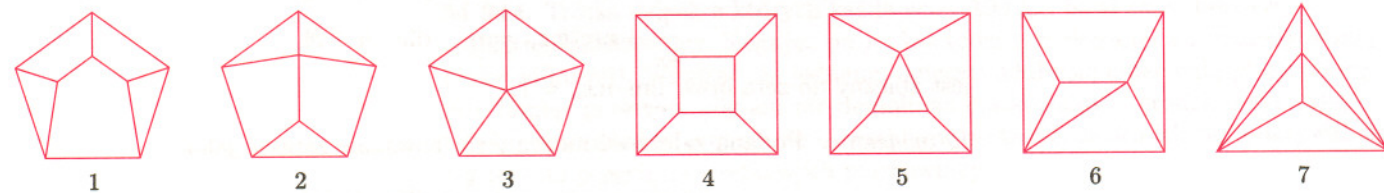
Marek KORDOS

Gdy mamy przed sobą wielościan wypukły z jedną przezroczystą ścianą, to możemy tak do niej zbliżyć oko, aby zobaczyć przez nią wszystkie jego inne ściany, krawędzie i wierzchołki. Mądrze mówimy o tym obrazku: *diagram Schlegela*. Jeśli wielościan ma wszystkie ściany takie same, to jego diagram wygląda tak samo, niezależnie od tego, która ściana jest przezroczysta. Gdy są jednak różne ściany, to diagram można narysować na kilka sposobów.

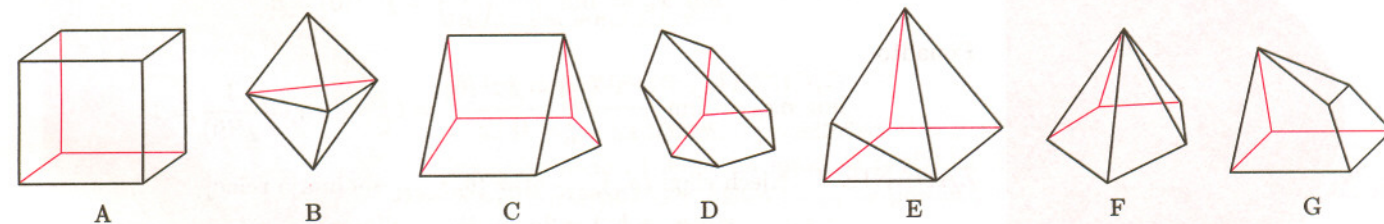


Uważamy, że wielościany są tego samego typu, gdy mają tyle samo ścian, krawędzi i wierzchołków oraz gdy można je tak wzajemnie przyporządkować, że odpowiednie ściany mają tyle samo boków, a w odpowiednich wierzchołkach zbiega się tyle samo krawędzi; np. sześcian jest tego samego typu, co każdy graniastosłup czworokątny.

Na rysunku wyżej są (jedyne) diagramy sześcianu i czworościanu oraz po dwa różne diagramy graniastosłupa trójkątnego i ostrosłupa czworokątnego. Wielościan z czterema ścianami jest tylko jeden: to czworościan. Nie wywoła pewnie wielu protestów stwierdzenie, że wielościany z pięcioma ścianami są dwa: graniastosłup trójkątny i ostrosłup czworokątny. Gdy jednak zapytać o wielościany z sześcioma ścianami, to mało kto będzie potrafił wskazać aż siedem różnych takich wielościanów. Czytający ten tekst będzie potrafił, bo właśnie prezentujemy diagramy wszystkich siedmiu.



Aby jednak nie miał zbyt łatwego życia, prezentujemy także siedem obrazków w perspektywie równoległej, przedstawiających te wielościany. Proszę dopasować wielościany do ich diagramów.



Kto ma także ochotę na trening intelektualny, może odpowiedzieć na pytania:

- które z tych wielościanów mogą mieć wszystkie krawędzie równe?
- ile różnych diagramów mają poszczególne sześciościennne wielościany?
- jak udowodnić, że więcej sześciościennych wielościanów nie ma?

Gdy kto chce zaimponować komuś erudycją, to może zapamiętać, że różnych wielościanów 7-ściennych jest 34, 8-ściennych 257, 9-ściennych 2606, 10-ściennych 31 538, 11-ściennych 435 641, a 12-ściennych ponad pięć milionów. Zainteresowanych dalszymi szczegółami prosimy o kontakt.