

# Jeśli Słońce zmniejszyć do rozmiarów grochu...

Dr Tomasz

CHLEBOWSKI

Popularyzacja egzotycznych procesów zachodzących w Kosmosie zmusza astronomów do poszukiwania obrazowych porównań, aby ułatwić Czytelnikowi wyobrażenie sobie ogromnych odległości, gęstości, mas i tak dalej. Chciałbym dzisiaj przedstawić kilka przykładów tego typu pomagania wyobraźni. Większość z nich zaczerpnąłem z popularnych książek o astronomii, niektóre jednak pochodzą z oryginalnych publikacji ogłaszanych w specjalistycznych czasopiśmiech.

Zacznijmy od współczesnych instrumentów astronomicznych. Obecnie budowane radioteleskopy (współpracując ze sobą) osiągają zdolność rozdzielczą  $10^{-4}$  sekundy łuku. Prawda, że ta informacja niewiele daje? Natomiast jeśli powiemy, że przy użyciu takiego systemu teleskopów można określić z Ziemi, czy *Delta* leżąca na Księżycu (jeśli ktoś ją tam by zabrał i jeśli świeciłaby w zakresie radiowym) wydrukowana jest w formacie A4 czy A5, to ta informacja mówi już więcej. Odległość Księżyca od Ziemi potrafimy obecnie mierzyć z dokładnością do kilkunastu centymetrów (chodzi oczywiście o odległość do określonego punktu na jego powierzchni).

Projektowane obecnie instrumenty mają imponujące parametry. Duży Teleskop Kosmiczny, który będzie wystrzelony w Kosmos prawdopodobnie w 1986 roku, ma zwierciadło o średnicy ok. 2,5 m wyszlifowane tak dokładnie, że gdyby z tą samą względną dokładnością wyrównać powierzchnię Polski, to największe odchylenia od idealnego kształtu miałyby mniej niż 2,5 cm. Czułość takich instrumentów jest również ogromna. Projektowany system radioteleskopów CYKLOP będzie mógł bez trudu „podsłuchiwać” lokalne programy telewizyjne i radiowe (o ile takie istnieją) z hipotetycznych planet krążących wokół kilku najbliższych gwiazd.

Wspomnijmy tu o pływach skorupy ziemskiej wywołanych oddziaływaniem Księżyca. Tarcie wewnętrzne (w skorupie ziemskiej, wodach, a także atmosferze) towarzyszące ruchom pływowym powoduje zamianę energii kinetycznej rotującej Ziemi na ciepło w tempie wystarczającym do ogrzania w ciągu każdej sekundy półtora tysiąca ton wody o 100 stopni. Siła przyciągania Ziemi i Księżyca jest tak duża, że gdyby nagle miała zniknąć, a Ziemiańskie chcieliby utrzymać własnego satelitę na orbicie, musieliby przywiązać go liną, np. konopną, o grubości około 500 km! Mieszkańcy Jowisza chcąc utrzymać się wokół Słońca musieliby użyć liny o grubości 23 000 km, prawie 2 razy większej niż średnica Ziemi. Ciekawe, jak by to zrobili!?

Ziemia znajduje się pod ciągłym ostrzałem cząstek promieniowania kosmicznego; najszybsze cząstki niosą ok.  $10^{20}$  eV. Po prostu liczba. Jednak jest to tyle, że jeden proton przekazując tę energię mógłby ogrzać 1 gram wody o 4 stopnie. Promieniowanie radiowe odbierane przez nas z Kosmosu ma natomiast niewiarygodnie małe natężenie. Praca wykonana przy podniesieniu tego numeru *Delta* o kilkanaście centymetrów jest większa niż energia zebrana przez wszystkie radioteleskopy na Ziemi (razem) od początku radioastronomii.

A energie procesów zachodzących we Wszechświecie są niewiarygodnie duże. Weźmy dla przykładu gwiazdy neutronowe, bardzo gęste (jak — o tym niżej) obiekty o promieniach ok. 10 km. Ich atmosfery mają kilka centymetrów grubości. Przynajmniej niektóre z tych gwiazd (pulsary) wirują bardzo szybko wokół osi — najszybsza z nich obraca się ok. 600 razy na sekundę. Okres ich obrotu jest bardzo stabilny. Gdyby regulować według nich nasze zegarki, różnica 1 s względem czasu atomowego wystąpiłaby po miliardach lat (mowa tu o najbardziej stabilnych pulsarach, przy założeniu, że zmiany okresu są stałe). Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni gwiazdy neutronowej jest tak duże, że praca wykonana przy podniesieniu tego egzemplarza *Delta* na wysokość 1 cm ponad powierzchnię gwiazdy jest na Ziemi równoważna 30 tysiącom wypraw 100 kilogramowego człowieka na Mount Everest (z poziomu morza). Jasność radiowa pulsara w Krabie i jego magnetosfery jest tak duża, że gdyby całą tę otoczkę magnetyczną pokryć najpotężniejszymi antenami nadawczymi o powierzchniach efektywnych 1 ha każda (byłoby ich 100 milionów), to i tak ich łączna moc wynosiłaby zaledwie jedną dziesięciomiliardową mocy promieniowania radiowego pulsara.

Wspomnieliśmy o gęstościach gwiazd neutronowych. Warto je tu przedstawić na tle ogromnej rozpiętości gęstości występujących w Kosmosie. Najniższe gęstości występują w przestrzeni międzygalaktycznej. Trudno jest tam znaleźć jedną cząstkę w sześcianie o boku 1 m. Gęstość materii międzygwiazdowej jest milionokrotnie większa. Średnia gęstość gwiazd — nadolbrzymów wynosi  $10^{-7}$  g/cm<sup>3</sup>; jest to ok. 10 tysięcy razy mniej niż gęstość powietrza w warunkach normalnych.

Kilka lat temu odkryto istnienie atmosfery na Merkury, oceniono jej gęstość i ciśnienie na powierzchni —  $2 \times 10^{-9}$  milibara. Znowu ta liczba mało mówi w porównaniu ze stwierdzeniem, że *cała* atmosfera Merkurego ma masę kilku ton, taką samą masę ma powietrze zawarte w sześcianie o boku 20 m (w warunkach normalnych na Ziemi). W drodze ku coraz wyższym gęstościom mijamy białe karły, średnia ich gęstość to 10 ton sprasowanych w 1 cm<sup>3</sup>. Z jednego litra takiej materii można by wybudować transatlantyk. Wszelkie rekordy biją jednak





wspomniane już gwiazdy neutronowe (nie mówiąc o czarnych dziurach, gdzie trudno określić sens fizyczny pojęcia gęstości) — tam masa Słońca mieści się w kuli o promieniu 10 km. Z jednej łyżeczki do herbaty zaczerpniętej tam materii można by zbudować samochody dla wszystkich ludzi żyjących na Ziemi.

Mimo że gęstości obłoków międzygwiazdowych są znikome, to ich rozmiary są na tyle duże, że masy tych obłoków są znowu niewiarygodnie ogromne. Kilka lat temu odkryto ślady związku  $C_2H_5OH$  (znanego niektórym pod nazwą alkoholu etylowego) w obłoku Sagittarius B2 w pobliżu centrum Galaktyki. Amerykański astronom J. Greenstein chcąc na łamach czasopisma „The Astrophysical Journal Letters” unaooczyć, jak dużo tego związku znajduje się w chmurze Sgr B2, napisał, że jest tam  $10^{28}$  ćwiartek tego związku i „przewyższa to wszystko, co uzyskali ludzie na drodze fermentacji alkoholowej, odkąd istnieje zapis historii”. To jest eufemizm, proszę Państwa! W obłoku Sgr B2 jest tyle alkoholu, że gdyby przerobić go na szampan i gdyby każdy mieszkaniec Ziemi wybudował sobie basen o powierzchni Polski i głębokości 1 m (większość mieszkańców Ziemi to dzieci — żeby się nie potopiły!), to mógłby w tym basenie kąpać się przez całe życie, zmieniając w nim szampan co 10 dni.

Przykładów takich można mnożyć tysiące. Każdy chyba przyzna, że lepiej trafiają do wyobraźni niż suche liczby.

## Klub 44

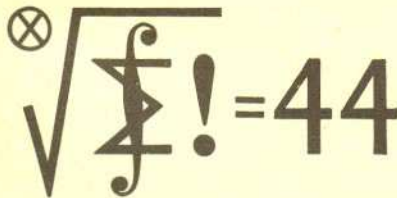
Czołówka ligi zadaniowej „Klub 44”

po uwzględnieniu ocen rozwiązań  
zadań z numeru 5/1983

Ryszard Pagacz	- Zawadzkie	39,42pkt
Artur Smolczyk	- Tarnów Op.	38,68pkt
Tomasz Biegański	- Lublin	38,33pkt
Andrzej Pawłowski	- Zabrze	36,82pkt
Marian Roman	- Ełk	35,98pkt
Paweł Kamiński	- Warszawa	35,89pkt
Marek Gażek	- Milanówek	32,02pkt
Marek Prauza	- Poraj	31,77pkt

Współczynniki trudności zadań:

55 - 2,27    56 - 2,46    57 - 2,28



### Nasza okładka:

**Mgławica Helix (NGC 7293)** ma widomą średnicę prawie taką jak tarcza Księżyca, rozkład koloru (niebieski w centrum, coraz bardziej czerwony na zewnątrz) pozwala na wyznaczenie temperatur i obfitości pierwiastków w mgławicy. W zewnętrznych częściach widoczne są białe-czerwone smułki, wszystkie skierowane od centralnej gwiazdy oświetlającej gaz mgławicy.

## Liga zadaniowa Wydziału Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego i Redakcji „Delfi”

Redaguje dr Marcin E. KUCZMA

### Skrót regulaminu

Każdy może nadsyłać rozwiązania zadań z numeru  $n$  w terminie do końca miesiąca  $n+2$ . Szkice rozwiązań zamieszczamy w nr  $n+4$ . Można nadsyłać rozwiązania trzech, dwóch lub jednego zadania (każde na oddzielnej kartce), można to robić co miesiąc lub z dowolnymi przerwami. Oceniamy zadania w skali od 0 do 1 z dokładnością do 0,1. Ocenę mnożymy przez

$$4 - 3 \cdot \frac{\text{suma ocen za rozwiązania danego zadania}}{\text{liczba osób, które nadesłały choć jedno rozwiązanie z numeru}}$$

i tyle punktów otrzymuje nadsyłający. Po zgromadzeniu 44 punktów (w dowolnym czasie) zostaje on członkiem Klubu, a nadwyżka punktów jest zaliczana do ponownego udziału. Trzykrotnie członkostwo — to tytuł Weterana.

Szczegółowy regulamin został wydrukowany w nr 9/1981.

Zadania nr 67, 68, 69

Termin nadsyłania rozwiązań 31.01.1984 r.

67. Szereg liczbowy  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  ma tę własność, że każdy jego wyraz, począwszy od drugiego, równa się sinusowi sumy wyrazów poprzedzających:  $a_n = \sin(a_1 + \dots + a_{n-1})$ . Wykazać zbieżność tego szeregu i przedyskutować zależność jego sumy od wartości wyrazu początkowego  $a_1$ .

68. Każdy bok trójkąta  $ABC$  o danym polu  $S$  podzielono na trzy równ

$$AA_1 = A_1A_2 = A_2B = AB/3, \quad BB_1 = B_1B_2 = B_2C = BC \\ CC_1 = C_1C_2 = C_2A = CA/3.$$

Obliczyć pole części wspólnej trójkątów  $A_1B_1C_1$  i  $A_2B_2C_2$ .

69. Do turnieju w pewnej dyscyplinie sportu przystąpiło 1024 zawodników. Ósma część spośród nich to zawodowcy, reszta — amatorzy. W pojedynku z amatorem zawodowiec zwycięża z prawdopodobieństwem 0,6; remisów nie ma. Turniej jest rozgrywany systemem pucharowym. Uczestnicy otrzymują numery startowe od 1 do 1024. W pierwszej rundzie rozgrywek nr 1 walczy z nr 2, nr 3 z nr 4 itd. W drugiej rundzie zwycięzca meczu 1/2 spotyka się ze zwycięzcą meczu 3/4, zwycięzca meczu 5/6 ze zwycięzcą 7/8 itd. Triumfatorzy wymienionych spotkań drugiej rundy tworzą pierwszą parę przeciwników w trzeciej rundzie itd. Runda dziesiąta to pojedynczy mecz — finał turnieju. Zawodowcy zostali rozstawieni i otrzymali numery startowe będące wielokrotnościami liczby 8. Co jest bardziej prawdopodobne: zdobycie pucharu przez zawodowca czy przez amatora?

Zadanie 68 przysłał nasz Czytelnik pan Piotr Bernatowicz z Zambrowa.