

Rozwiązanie zadania F 203. W czasie swobodnego spadku gaz znajduje się w stanie nieważkości. Tuż po przecięciu nici gaz nie jest w równowadze termodynamicznej (różne gęstości na dole i na górze). Średnia energia kinetyczna cząsteczek gazu, określająca jego temperaturę, jest jednak wszędzie jednakowa. Przy przejściu do stanu równowagi gęstości wyrównają się, ale średnia energia kinetyczna cząsteczek pozostanie taka jak na początku.

Teraz przypuścmy, że każdy zbiór rozwiązalny ma rozwiązanie powtarzalne. Opiszemy algorytm pozwalający na stwierdzenie w skończonej liczbie kroków, czy dany zbiór jest rozwiązalny. Otóż będziemy kolejno analizowali wszystkie możliwe pokrycia kolejnych kwadratów o boku n . Dla pewnego n musimy stwierdzić, że zachodzi jedna z dwóch możliwości:

(1) Kwadrat o boku n nie daje się pokryć. Zgodnie z udowodnionym twierdzeniem ten przypadek zajdzie wtedy i tylko wtedy, gdy nasz zbiór jest nierozwiązalny.

(2) Wewnątrz kwadratu o boku n znajduje się powtarzalny prostokąt. Zgodnie z uczynionym przed chwilą założeniem ten przypadek zajdzie wtedy i tylko wtedy, gdy nasz zbiór jest rozwiązalny (a więc gdy ma rozwiązanie powtarzalne).

Przypadki (1) i (2) wykluczają się wzajemnie i natopkanie jednego z nich określa, czy zbiór jest rozwiązalny, czy też nie jest. Zauważmy wreszcie, że analiza wszystkich pokryć kwadratu o boku n wymaga tylko skończenie wielu kroków — bo takich pokryć jest skończenie wiele. Podobnie skończenie wielu kroków wymaga sprawdzenia, czy dany kwadrat zawiera powtarzalny prostokąt, bo zawiera on tylko skończenie wiele prostokątów.

Dla wykazania, że istnieją zbiory rozwiązalny nie mające rozwiązań powtarzalnych, wystarczy teraz zacytować za Hao Wangiem twierdzenie mówiące, że nie istnieje żaden algorytm pozwalający w skończonej liczbie kroków stwierdzić, czy dany zbiór skończony jest rozwiązalny, czy nie jest. Jako ćwiczenie (trudne!) pozostawmy Czytelnikowi znalezienie zbioru rozwiązalnego, bez rozwiązania powtarzalnego. Autorowi znany jest przykład takiego zbioru składającego się z 92 typów kamieni. Może ktoś znajdzie mniejszy?

Zainteresowanym podamy jeszcze, że niemożność skonstruowania algorytmu stwierdzającego rozwiązalność zbioru wynika stąd, że dla każdej maszyny Turinga można znaleźć taki skończony zbiór typów, że ta maszyna zatrzymuje się wtedy i tylko wtedy, gdy dany zbiór nie jest rozwiązalny, ale to jest już całkiem inna historia.

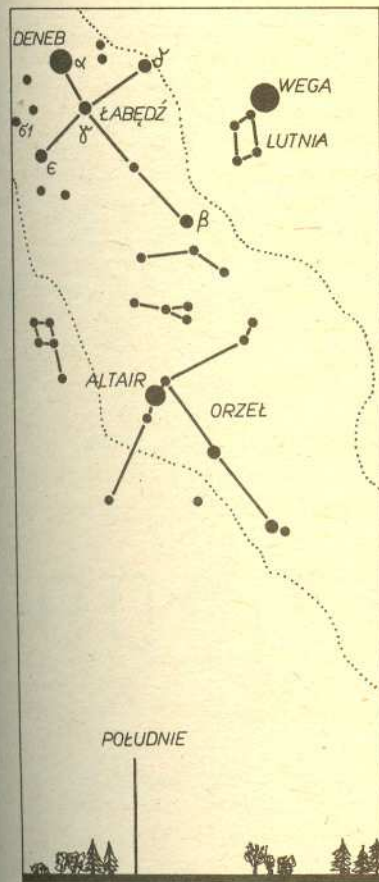
Patrz w niebo

Późnym latem w godzinach wieczornych na południe od zenitu góruje gwiazdozbiór Łabędzia. Bywa on również zwany Krzyżem Północy, ponieważ jego najjaśniejsze gwiazdy układają się niemal dokładnie w kształt krzyża. Łatwiej nawet dopatrzeć się tego kształtu niż w przypadku Krzyża Południa. Prawdziwa nazwa sugeruje jednak wyobrażenie lecącego po Drodze Mlecznej łabędzia o smukłej, wyciągniętej szyi.

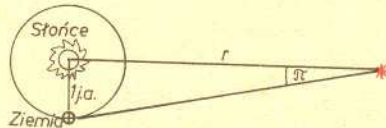
Charakterystyczny kształt gwiazdozbioru tworzy pięć jasnych gwiazd ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$ i ϵ — rys. 1). Najjaśniejsza z nich — Deneb — jest w rzeczywistości gwiazdą-nadolbrzymem o bardzo silnym blasku. Mimo dzielącej nas od niego odległości 1800 lat świetlnych świeci na niebie jako obiekt pierwszej wielkości gwiazdowej.

Zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku południowo-wschodniej sąsiadki Deneba — gwiazdy oznaczonej symbolem 61 *Cygni*. Jest to układ podwójny o łącznej, obserwowanej jasności składników zaledwie 4,8 mag. Zaledwie, ponieważ układ znajduje się w stosunkowo niewielkiej odległości od Słońca (11 lat świetlnych), a więc jego rzeczywista jasność jest bardzo mała.

Ta niepozorna gwiazdka zajmuje jednak poczesne miejsce w historii astronomii. W końcu lat trzydziestych ubiegłego stulecia Friedrich Bessel wyznaczył jako jedną z pierwszych jej heliocentryczną paralaksę. Zagadnienie przesunięć paralaktycznych gwiazd wystąpiło dopiero w czasach pokopernikańskich, gdy Ziemi przypisano ruch orbitalny dookoła Słońca. Wysiłki astronomów w kierunku obserwacyjnego wykrycia paralaks gwiazdowych przez trzy wieki były daremne, ponieważ technika obserwacyjna nie pozwalała na pomiary tak małych kątów. Ciekawe, że po tylu latach niepowodzeń przedsięwzięcie to powiodło się niemal jednocześnie niezależnie trzem astronomom. Oprócz Bessela Wilhelm Struve zmierzył paralaksę Węgi (α *Lyræ*), a Thomas Henderson w południowej Afryce wyznaczył tą metodą odległość gwiazdy α *Centauri*.



Rys. 1. Gwiazdozbiór Łabędzia i jego najbliższa okolica, widziane na przełomie sierpnia i września około godziny 21.



Rys. 2. Paralaks gwiazdy jest to kąt, pod którym z gwiazdy „widac” średni promień orbity ziemskiej. Nawet dla najbliższych gwiazd kąt ten jest mniejszy od jednej sekundy łuku. Paralaks π jest wygodną miarą odległości, gdyż wielkości te związane są prostą zależnością: $r = \frac{1}{\sin \pi}$, gdzie r wyraża się w jednostkach astronomicznych (j.a.).

Przy doborze gwiazdy, której paralaksę ma być zmierzona, należy kierować się pewnymi kryteriami wskazującymi na jej względną bliskość. Struve i Henderson zakładali, że gwiazdy jaśniejsze leżą bliżej niż słabsze, w związku z czym wybrali gwiazdy o dużych jasnościach obserwowanych. Bessel kierował się kryterium, według którego o bliskości gwiazdy świadczy jej duży ruch własny. Jak się później okazało, drugie kryterium jest trafniejsze, o czym świadczy choćby porównanie Deneba i 61 *Cygni*.

Do końca ubiegłego stulecia zmierzono około 100 paralaks gwiazd, co jest wynikiem dobrym, jeśli wziąć pod uwagę, jakie przyrządy były wówczas dostępne obserwatorom. Istotny postęp w tej dziedzinie nastąpił po 1905 roku, gdy Frank Schlesinger opracował stosowaną do czasów współczesnych technikę fotograficzną wyznaczania paralaks gwiazdowych. Liczba gwiazd o dokładnie wyznaczonych tą metodą odległościach sięga około 1000 i wydaje się, że jest to kres obecnych możliwości. Poprawienie dokładności można by osiągnąć stosując teleskop wyniesiony na możliwie daleką orbitę okołosłoneczną, co z jednej strony zwiększyłoby bazę obserwacji, a z drugiej wyeliminowałyby błędy wynikające z niekorzystnego wpływu atmosfery ziemskiej. Paralaksy heliocentryczne są pierwszym ogniwem w łańcuchu wzajemnie połączonych metod wyznaczania odległości obiektów niebieskich. Błędy tej metody pociągają za sobą istotne błędy w określaniu większych odległości: dalszych gwiazd (np. Deneb), galaktyk czy kwazarów.