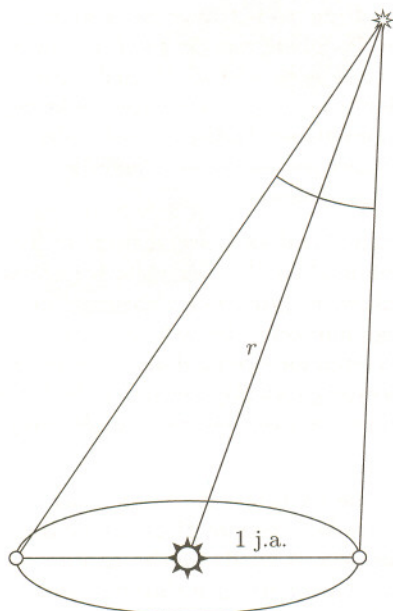
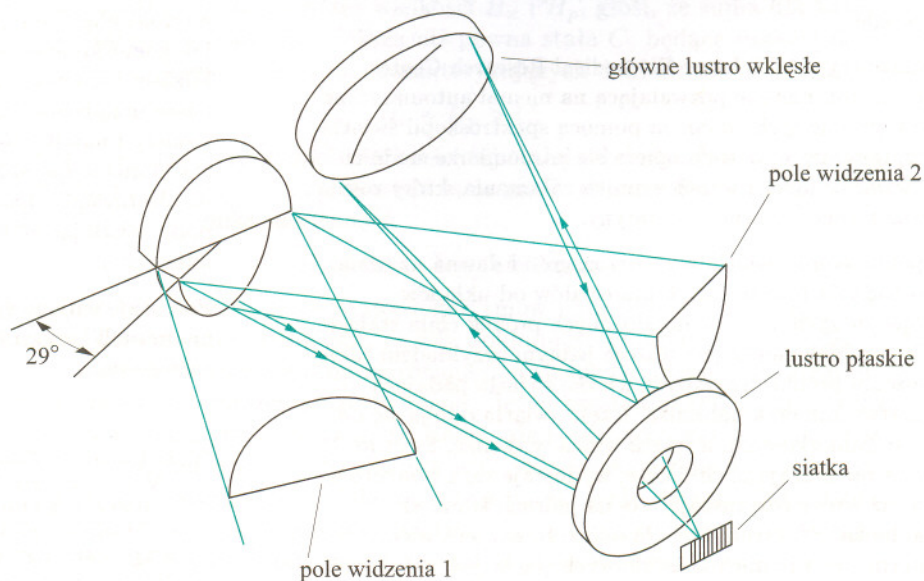


Pomiar paralaksy gwiazdy to najrzetelniejszy sposób wyznaczenia jej odległości. Paralaksą (roczną, inaczej heliocentryczną) gwiazdy nazywa się kąt, pod jakim widziałoby się z niej promień ziemskiej orbity. Wyznaczenie tego kąta dla jakiejś gwiazdy polega w zasadzie na zmierzeniu (na niebie lub na zdjęciach) położenia tej gwiazdy względem gwiazd okolicznych (domyślnie – dalszych) dwa razy w odstępach pół roku. Zapewnia to, że obserwator zobaczy badaną gwiazdę z jej otoczeniem z punktów rozdzielonych odległością 300 mln km. Gwiazda „bliższa” powinna w czasie między obserwacjami lekko się przesunąć, a z pomiaru tego kąтового przesunięcia można już wyznaczyć odległość gwiazdy – jest to zwyczajna zasada dalmierza (rys. 1). Nawiasem mówiąc, niemożność zmierzenia paralaks uważano kiedyś (w czasach przedteleskopowych) za argument przeciw heliocentrycznemu modelowi Układu Słonecznego. W czasach Kopernika nikt (poza nim) nie podejrzewał, że gwiazdy mogą być tak odległe, co okazało się dopiero po zastosowaniu teleskopów, i to wcale nie najmniejszych.

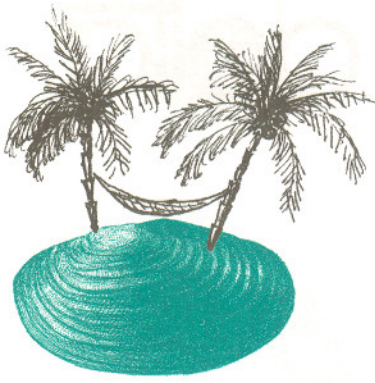


Rys. 1. Zaznaczony tu kąt byłby podwójną paralaksą, gdyby gwiazda leżała w kierunku prostopadłym do płaszczyzny orbity Ziemi. Ale z pomiaru tego kąta i przy znajomości położenia gwiazdy jej paralaksę zawsze można wyznaczyć. Jeżeli paralaksę p wyrazi się w sekundach łuku (jest to zawsze mały kąt), to odległość gwiazdy w parsekach wynosi $r = \frac{1}{p}$.

Klasycznymi metodami można bowiem mierzyć paralaksy nie mniejsze od $0''01$ – głównie wskutek obecności atmosfery. Zatem „porządnie”, tzn. bez żadnych dodatkowych założeń, można wyznaczać odległości gwiazd do 100 pc, a jest to niewielki ułamek rozmiarów Galaktyki. Przełomu dokonał amerykański satelita Hipparcos (od *High Precision Parallax Collecting Satellite*) wystrzelony na okołoziemską orbitę 8 VIII 1989. Jego głównym osiągnięciem jest wyznaczenie paralaks 118 000 gwiazd z dokładnością o rząd wielkości lepszą i to mimo że wyposażony był w raczej mały teleskop o średnicy zaledwie 29 cm i ogniskowej 1,40 m. Oto zasada pomiarów. Układ optyczny, przedstawiony na rysunku 2, tworzy w ognisku teleskopu obrazy dwóch obszarów nieba rozdzielonych odległością 58° . Oba obrazy padają na „siatkę dyfrakcyjną” (nie o dyfrakcję tu chodzi, o czym dalej) o rozmiarach prawie jednego cala kwadratowego i mającą 2688 linii. W miarę obrotu satelity (jeden obrót trwa 128 minut) gwiazda widziana w pierwszym (wiodącym) polu widzenia przesuwa się po siatce, przez co sygnał elektryczny dawany przez jej światło ulega modulacji z częstością około 130 Hz (bo obraz gwiazdy przez siatkę wędruje 20 s). Po 20 minutach gwiazda trafia do drugiego pola widzenia, jej obraz znowu pojawia się na siatce, a w pierwszym polu widzenia ukazuje się jakaś inna gwiazda. Kątowa odległość tych gwiazd wynosi w przybliżeniu 58° , ale na podstawie przesunięcia fazowego dawanych przez nie sygnałów (i, oczywiście, dokładnie znanej geometrii układu optycznego teleskopu Hipparcosa) odległość tę można określić z dokładnością do milisekundy łuku! Przez te 20 minut satelita, rzecz jasna, też nie próżnuje, lecz wyznacza wzajemne odległości kolejno



Rys. 2. Schemat optyczny teleskopu Hipparcosa.



Sporządzony na podstawie obserwacji Hipparcosa Wielki Atlas Nieba można zamówić u pana Piotra Brycha: tel. 022-618 08 13.

obserwowanych gwiazd na podstawie dokładnie znanego tempa własnej rotacji. W miarę jak satelita, zmieniając usytuowanie osi obrotu, omiata coraz to inne pasy nieba, w pamięci odbierającego sygnały komputera powstaje coś w rodzaju sieci triangulacyjnej pokrywającej całe niebo, przy czym długości ogromnej liczby składających się na nią łuków znane są z dokładnością o rząd wielkości lepszą od dokładności jakiegokolwiek paralaksy zmierzonej z powierzchni Ziemi. W rezultacie uzyskany w ten sposób katalog gwiazd Hipparcosa stał się astrometryczną rewelacją.

Nieustannie omiatając niebo, Hipparcos przez kilka lat obiegał wraz z Ziemią Słońce, mierzył więc odległości kątowe gwiazd w parach z różnych punktów przestrzeni i w różnym czasie. Okresowe zmiany tych odległości (z okresem rocznym) to, oczywiście, przejaw ruchu obiegowego Ziemi, stąd paralaksy gwiazd. Zmiany zaś systematyczne to efekt poruszania się gwiazd w przestrzeni, co umożliwia dokładniejsze wyznaczenie ruchów własnych ogromnej liczby gwiazd. Graniczna paralaksa pomiarów Hipparcosa umożliwia sięgnięcie na odległość jednego kiloparseka od Słońca, a to jest znaczącym ułamkiem rozmiarów Galaktyki. Dokonana już na tej podstawie analiza ruchów gwiazd w okolicy Słońca dowodzi, że tajemniczej ciemnej materii jest wokół nas znacznie mniej, niż się dotychczas zdawało. Wyznaczone zostały znacznie dokładniej odległości „wzorcowych” gromad, Plejad i Hiad, co ma ogromne znaczenie dla astrofizyki, bowiem gwiazdy tych gromad umożliwiają kalibrowanie innych metod wyznaczania większych odległości. Niejako przy okazji na podstawie obserwacji Hipparcosa powstał katalog i atlas *Tycho*, zawierający ponad milion gwiazd o jasności 12,2 mag z mniej precyzyjnie wyznaczonymi współrzędnymi. To dopiero początek zbierania owoców z misji Hipparcosa. Tymczasem opracowuje się już projekt następnego satelity zdolnego – podobno – mierzyć paralaksy z dokładnością do dziesięciu mikrosekund łuku...



Zadania

Redaguje Łukasz WIECHECKI

M 922. Na bokach czworokąta wypukłego jako na średnicach zbudowano cztery koła. Udowodnić, że pokrywają one cały czworokąt.

Rozwiązanie na str. 2

M 923. Dla każdej trójki kolejnych wierzchołków wielokąta wypukłego poprowadzono okrąg przechodzący przez te wierzchołki. Udowodnić, że ten spośród otrzymanych okręgów, który ma największy promień, zawiera cały wielokąt.

Rozwiązanie na str. 4

M 924. Czy istnieje figura wypukła F , którą nie można pokryć półkoła o promieniu 1, a dwoma egzemplarzami F można pokryć koło o promieniu 1?

Rozwiązanie na str. 10

Redaguje Ewa CZUCHRY

F 527. Płaską powierzchnię soczewki płasko-wypukłej o ogniskowej F pokryto warstwą, odbijającą światło. W odległości d od soczewki od strony powierzchni wypukłej ustawione jest punktowe źródło światła. Wyznaczyć położenie obrazu. Przy jakich wartościach d obraz będzie rzeczywisty, a przy jakich pozorny?

Rozwiązanie na str. 12

F 528. Za pomocą obiektywu, który jest zbudowany z cienkich, ściśle przylegających soczewek, rozpraszającej i skupiającej, rzutujemy na ekran pewien przedmiot. Odległość obiektywu od przedmiotu wynosi $d = 25$ cm, a od obrazu $f = 4$ m. Wyznaczyć ogniskową soczewki rozpraszającej, jeżeli jej zdolność skupiająca jest (co do wartości bezwzględnej) dwa razy większa od zdolności skupiającej soczewki skupiającej.

Rozwiązanie na str. 13

