

paralaksę, a gdy mu się to nie udało, odrzucił teorię Kopernika. Także następne dwa wieki upłynęły badaczom na daremnych próbach zmierzenia paralaksy. Nie były one jednak bezowocne, w końcu dzięki nim Bradley odkrył zjawisko aberracji światła, a William Herschel gwiazdy fizycznie podwójne. Dostępne w tym czasie przyrządy nie były w stanie zmierzyć kątów tak małych jak $1''$, dlatego musiało upłynąć jeszcze kilkadziesiąt lat ciągłego ulepszania instrumentów, by w XIX w. dokonać pierwszych pozytywnych pomiarów. Udało się to jednocześnie trzem badaczom za pomocą różnych metod i przyrządów. Byli nimi W. Struve w Dorpacie (obecna Estonia), F. Bessel w Królewcu oraz T. Henderson w Kapsztadzie (Afryka Południowa). Przy ustalonej bazie paralaksa jest tym większa, im obiekt jest bliżej, dlatego każdy z tych badaczy starał się wybrać możliwie bliską gwiazdę. Struve i Henderson założyli, że to najjaśniejsze gwiazdy leżą blisko, natomiast Bessel przyjął, że najbliższymi gwiazdami są te o dużym ruchu własnym. Tak więc Struve wybrał Węgę (α Lyrae), najjaśniejszą gwiazdę nie tylko w gwiazdozbiornie Lutni, ale również na północnej półkuli sfery niebieskiej, Henderson – Rigil Kent (α Centauri), trzecią pod względem jasności, Bessel zaś 61 Centauri, o największym zmierzonym wówczas ruchu własnym. Kryterium jasności nie jest w ogólności trafne, ponieważ jasność obserwowana gwiazdy nie zależy jedynie od odległości do gwiazdy, ale również od jej parametrów fizycznych. Natomiast ruch własny dla gwiazd najbliższych powinien być rzeczywiście największy. Najwcześniej

pozytywne wyniki uzyskał Struve, otrzymując dla Wegi paralaksę równą $0,25''$ (obecne pomiary wskazują na $0,12''$). Natomiast najdokładniejszy wynik uzyskał Bessel – $0,35''$, przy obecnej wartości $0,29''$.

Zmierzenie paralaksy, a co za tym idzie, potwierdzenie teorii Kopernika, nie skończyło zainteresowania paralaksą – wręcz przeciwnie, nadal jest ono ogromne. O znaczeniu tej metody świadczy najlepiej fakt, że powstała misja kosmiczna Hipparcos przeznaczona właśnie, między innymi, do mierzenia paralaks. Projekt ten dostarczył bezprecedensowo dużą liczbę pomiarów z dokładnością $0,97$ milisekundy łuku. Należy jednak uświadomić sobie fakt, że taka wartość paralaksy odpowiada odległości ~ 1 kpc, podczas gdy odległość do centrum Galaktyki wynosi $\sim 7,6$ kpc. Niemniej wyznaczanie odległości za pomocą paralaksy jest w gruncie rzeczy jedyną metodą bezpośrednią. Pozostałe znane sposoby mierzenia odległości wykorzystują modele teoretyczne, a więc ich dokładność zwykle istotnie zależy od jakości użytych modeli. Wyznaczenie odległości za pomocą paralaksy służy więc do testowania i kalibrowania innych metod.

Wydaje się, że pomimo ogromnego znaczenia wyznaczania odległości metodą paralaksy, na kolejną misję analogiczną do Hipparcosa przyjdzie nam jeszcze poczekać. Do dyspozycji mamy jednak kilkanaście tysięcy wyznaczeń dokonanych przez Hipparcosa i modele, które należy z nimi skonfrontować, jest więc dużo pracy przed kolejną taką misją kosmiczną.

Galileusz (1564–1642) i teleskopy

Tomasz KWAST

Rok 2009 został ogłoszony Rokiem Astronomii dla uczczenia 400. rocznicy pierwszych astronomicznych obserwacji, które wykonał Galileusz za pomocą skonstruowanych osobiście lunet. Nie on jednak lunetę wynalazł. Jako wynalazcę podaje się Holendra Hansa Lipperscheya, a jego lunety, które powstały około 1608 roku, były używane w wojsku. Galileusz jako pierwszy zaczął nimi systematycznie obserwować niebo i dokumentować te obserwacje.

Luneta Galileusza jako obiektyw miała soczewkę skupiającą, a okulem była soczewka rozpraszająca, umieszczona przed ogniskiem obiektywu. Taki układ lunety nazywamy teraz systemem Galileusza. Jest to układ mało elastyczny, gdyż jego powiększenie jest ograniczone i nie daje możliwości umieszczenia w polu widzenia mikrometru czy innego przyrządu. Szybko został wyparty przez lunetę Keplera, o czym niżej. Niemniej, dysponując nawet tak skromną lunetą, Galileusz był po prostu skazany na dokonanie mnóstwa odkryć. Po raz pierwszy w historii człowiek zobaczył wtedy góry na Księżycu, plamy na Słońcu, fazy Wenus, satelity Jowisza, gwiazdy podwójne, bezlik gwiazd w Drodze Mlecznej... Galileusz widział też pierścienie Saturna, lecz nie rozpoznał ich jako pierścieni, a to z powodu niskiej jakości optyki własnych lunet. W swoich zapisach donosił o zaobserwowaniu planety „potrójnej”, na co składał się obraz Saturna wraz z dwoma perspektywicznie skróconymi fragmentami pierścieni po obu stronach globu planety.

Ta niska jakość optyki polegała głównie na tym, że obiektyw był pojedynczą soczewką. Ponieważ w każdym miejscu soczewka stanowi mały pryzmat (jej powierzchnie nie są wszak równoległe), to oprócz stosownego załamania promieni zachodzi też ich rozszczepienie. Różne barwy, składające się na światło białe, załamują się pod różnymi kątami, zatem nie ma dla nich wspólnego ogniska. W rezultacie obraz jest nieostry, nienaturalnie zabarwiony i stąd niska jakość obrazów. Nic więc dziwnego, że Galileusz nie rozpoznał czegoś tak osobliwego jak pierścienie Saturna, zauważył tylko zniekształcenie tarczy planety.

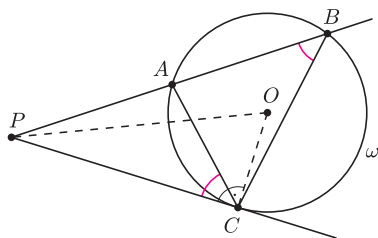




Rozwiązanie zadania M 1249.

Pierwsza równość wynika bezpośrednio z twierdzenia Pitagorasa:

$$\text{pot}(P, \omega) = PO^2 - OC^2 = PC^2.$$



Aby udowodnić drugą równość, zauważmy, że $\sphericalangle PCA = \sphericalangle PBC$. Wynika stąd, że trójkąty PCA i PBC są podobne. Wobec tego

$$\frac{PA}{PC} = \frac{PC}{PB},$$

czyli $PA \cdot PB = PC^2$.

Z tą wadą obiektywów (zwaną aberracją chromatyczną) walczono, wspierając budując lunety (a może już teleskopy, bo nie dało się tych przyrządów nosić w rękach) o bardzo długich ogniskowych, mierzonych niekiedy nawet w dziesiątkach metrów (np. teleskopy Heweliusza). Na to nakładały się inne wady optyczne pojedynczej soczewki, głównie aberracja sferyczna, przez co zapanował pogląd, że teleskopu wolnego od aberracji chromatycznej w ogóle nie da się zbudować – takiego w każdym razie zdania był Newton. Miał on o tyle rację, że – jak się później okazało – istotnie, obiektywu całkiem pozbawionemu tej wady nie da się stworzyć. Zauważono jednak, że składając dwa pryzmaty z różnych gatunków szkła i o różnych kątach łamiących, można uzyskać załamanie promienia świetlnego niemal bez rozszczepienia. Dzięki temu w 1757 roku John Dollond zbudował pierwszy dwusoczewkowy obiektyw achromatyczny, składający się z soczewki skupiającej i rozpraszającej, które miały odpowiednio dobrane krzywizny i współczynniki załamania światła. W rzeczywistości był to obiektyw tylko w przybliżeniu achromatyczny, mający taką samą ogniskową dla dwóch długości fal świetlnych z zakresu optycznego. Znalaziono też zasadę, że obiektyw wielosoczewkowy może mieć identyczną ogniskową dla tylu barw (długości fali), z ilu soczewek się składa. Wielką popularność zdobył wtedy pewien obiektyw trzysoczewkowy, co wystarczało do wielu celów profesjonalnych.

Na dalszy rozwój teleskopów złożyło się kilka czynników. W 1611 roku Kepler skonstruował układ optyczny lunety, w którym okular był – jak i obiektyw – soczewką skupiającą, umieszczoną za ogniskiem obiektywu. Dzięki temu w ognisku tym można już było umieszczać np. mikrometry, a i sam okular mógł być dobierany w zależności od potrzeb obserwatora, powiększenie teleskopu Keplera wyraża się bowiem stosunkiem ogniskowej obiektywu do ogniskowej okularu. Przy obserwacjach jasnych obiektów (Słońce, Księżyc, planety) można stosować duże powiększenie, małe zaś przy obserwacjach np. mgławic. W XVII wieku nastąpił też następny skok techniczny – w małym odstępie czasu powstały trzy główne typy teleskopów zwierciadłowych (Gregory – 1663 r., Newton – 1668 r., Cassegrain – 1672 r.), których obiektywy, jako że lustrzane, z definicji nie miały w ogóle aberracji chromatycznej. Nauczono się konstruować okulary achromatyczne. Budowano też coraz większe obiektywy soczewkowe (do średnicy około metra), tu jednak postęp zahamowało nowe zjawisko. Mianowicie soczewki, które z natury rzeczy należało mocować w teleskopie za krawędzie, gięły się pod swoim ciężarem tak bardzo, że jakość dawanego przez nie obrazu pozostawiała wiele do życzenia. Co więcej, jakość ta zależała w sposób niekontrolowany od zorientowania teleskopu, co w praktyce czyniło budowę większych obiektywów soczewkowych bezcelową. Z tych wszystkich powodów teleskopy o wielometrowej średnicy buduje się obecnie jako lustrzane; lustro można wszak podeprzeć z nieczynnej optycznie strony w tylu miejscach, w ilu trzeba. Nie zmienia to faktu, że pozornie zapomniane lunety Galileusza są używane do dziś: para takich lunetek stanowi lornetkę teatralną.



Rozwiązanie zadania F 745.

Nic jest nierozciągliwa, zatem początkowe warunki zadania mogą być spełnione tylko wtedy, gdy rurka porusza się z prędkością $u = v/2$ skierowaną w tym samym kierunku, co prędkość końca A. Zauważmy, że początkowo porusza się dokładnie połowa nici, a na końcu cała. Ponieważ muszą być spełnione zasady zachowania energii i pędu, więc

$$\frac{Mv^2}{8} + \frac{mv^2}{4} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{Mu'^2}{2},$$

$$M\frac{v}{2} + \frac{m}{2}v = mv' + Mu',$$

stąd

$$u' = \frac{v}{2} \left(1 - \frac{m}{\sqrt{(m+M)M}} \right).$$

Dzisiejsze największe teleskopy mają średnicę rzędu 10 m. Lustro takiego teleskopu to mozaika mniejszych fragmentów ułożonych precyzyjnie w kształt żądanej paraboloidy, dlatego że manewrowanie litym 10-metrowym lustrem podczas jego szlifowania i przy montowaniu w teleskopie byłoby praktycznie niemożliwe. W zasadzie więc można by budować teleskopy jeszcze większe, na razie jednak wysiłek konstruktorów poszedł w kierunku oprzyrządowania. Taką pierwszą rewolucją w tej dziedzinie było zastosowanie kliszy fotograficznej. Dzięki jej zdolności kumulowania skutków długiego naświetlania można było robić zdjęcia obiektów niewidocznych okiem przez żaden teleskop. Ponadto obraz na kliszy zostawał utrwalony i następnie mógł służyć wielu badaczom do różnych celów przez wiele lat. Następną rewolucją było zastosowanie elektroniki (fotopowielaczy, kamer CCD, komputerów itd.). Dzięki tym akcesoriom wydajność nawet skromnych teleskopów niesłychanie wzrosła. Wreszcie doszło do wyniesienia teleskopów poza ziemską atmosferę, na orbitę okołozemską lub nawet ku innym planetom – ale to już następny obszerny rozdział astronomii obserwacyjnej.