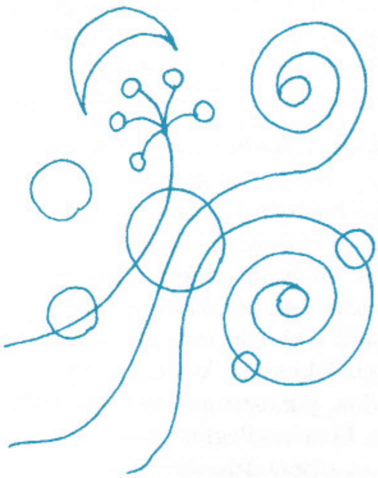
Najbliższe gwiazdy

Tomasz KWAST



Nie ma chyba prostszej metody pomiaru odległości niż na zasadzie dalmierza. Wynik pomiaru nie zależy od cech mierzonego obiektu, od przezroczystości przestrzeni, po prostu z dwóch miejsc obserwacji, które dzieli znana odległość (jest to tzw. baza), mamy dwa kierunki ku obiektowi i z prostej trygonometrii wyznacza się „długość" zazwyczaj bardzo spiczastego trójkąta, czyli odległość obiektu. Baza dalmierzy stosowanych w aparatach fotograficznych wynosi kilka centymetrów, co wystarcza, by ustawić ostrość w aparacie. Aby trafić w nieprzyjacielski okręt z odległości kilku mil, trzeba jego odległość znać dokładniej, dlatego morskie dalmierze mają już kilka metrów. A do wyznaczania odległości kosmicznych trzeba dalmierza o rozmiarach też kosmicznych. Przyroda stworzyła taki dalmierz – jest nim Ziemia, której położenie dziś i za pół roku wyznacza bazę o długości średnicy ziemskiej orbity, czyli 300 mln km. Przy takiej zmianie miejsca obserwator powinien dostrzec przesunięcia gwiazd bliskich na tle bardzo odległych. Zadziwiające, jak długo nie dawało się tych przesunięć (paralaks) zaobserwować i zmierzyć. Teraz wiemy, jaką naiwnością były próby mierzenia paralaks gwiazd w czasach przedteleskopowych. Oko jest w stanie zauważyć kąt nie mniejszy od $1'$, a brak takich paralaks uważany był za dowód nieruchomości Ziemi. W tym m.in. genialność Kopernika, że wbrew powszechnej opinii pisał w I księdze „O obrotach": *Jeżeli zaś nic podobnego nie dostrzegamy u gwiazd stałych, dowodzi to, że się znajdują niezmiernie wysoko nad nami...* Jeszcze długo po Koperniku nawet astronomom w głowach nie mieściło się, że gwiazdy mogą być tak daleko.

Pierwsze udane pomiary paralaks datują się na rok 1837. Wymienia się tu zazwyczaj trzy nazwiska: Bessela, Struvego i Hendersona, którzy niemal jednocześnie wyznaczyli odległości trzech gwiazd. Dość niezwykły – z naszego punktu widzenia – był przyrząd użyty przez Bessela. Był to tzw. heliometr, czyli teleskop, którego obiektyw rozcięty był wzdłuż średnicy, obie jego połówki można było przesuwać za pomocą śruby mikrometrycznej, a całość można było jeszcze obracać wokół osi optycznej teleskopu. Każda połówka obiektywu dawała niezależny obraz np. dwóch gwiazd, których kątową odległość należało zmierzyć. W tym celu należało przede wszystkim obrócić obiektyw tak, by kierunek jego rozcięcia pokrył się z kierunkiem łuku łączącego obie gwiazdy, a następnie przesunąć połówki obiektywu tak, by np. lewy obraz jednej gwiazdy pokrył się z prawym obrazem drugiej. Przy znanej ogniskowej teleskopu można było stąd określić kątową odległość gwiazd. Struve mierzył kątowe odległości gwiazd mikrometrem umieszczonym w polu widzenia okularu teleskopu. Tak czy inaczej paralaksy trzech gwiazd, skądinąd podejrzanych o to, że są stosunkowo bliskie, okazały się poniżej $1''$. Bessel wyznaczył paralaksę gwiazdy 61 Cygni ($0\overset{''}{,}35$), Struve Wegi ($0\overset{''}{,}25$). Henderson trafił najlepiej, bo w Capetown obserwował α Centauri, czyli Tolimana ($1''$), która jest w ogóle gwiazdą najbliższą Słońca („z dokładnością do Proximy", która znajduje się trochę bliżej, ale należy do układu α Centauri). Przytoczone tu wartości paralaks trochę różnią się od przyjmowanych obecnie.

I tak przez lata w wyniku mozolnych pomiarów powstawała stale uaktualniana tabela gwiazd najbliższych Słońca. Łatwo się domyślić, że znalazły się w niej gwiazdy najjaśniejsze, ze słabszych natomiast już tylko niektóre. Dopiero niedawno satelita Hipparcos (*Delta* 7/2000) wykonał ogromną pracę precyzyjnego zmierzenia położeń miliona gwiazd, w wyniku czego poznane zostały paralaksy, a więc i odległości wielu tysięcy gwiazd „za jednym zamachem". Tabela najbliższych gwiazd gwałtownie się zmieniła. Na czele stoi nadal α Centauri (dwa składniki) i Proxima, ale już Gwiazda Barnarda, czwarta na liście w najpopularniejszym akademickim podręczniku astronomii Eugeniusza Rybki, znalazła się w katalogu Hipparcosa na miejscu 18. Kolejna, piąta gwiazda z „Rybki", Wolf 359, w ogóle w katalogu Hipparcosa się nie znalazła jako zbyt słaba (13,5 mag), a miałaby paralaksę równą $0\overset{''}{,}430$. Szóstej z kolei,

Turniej młodych fizyków 2001

Pod auspicjami Polskiego Towarzystwa Fizycznego jest od kilku lat organizowany Turniej Młodych Fizyków dla uczniów szkół średnich. Jest to impreza różniąca się od Olimpiady Fizycznej m.in. charakterem zadań i sposobem prezentacji wyników. Zawody turniejowe przypominają konferencje naukowe z referatami i gorącą dyskusją, a uczestniczą w nich kilkuosobowe (z reguły pięcioosobowe) drużyny szkolne. W pierwszym etapie uczestnicy opracowują w domu lub szkole rozwiązania zadań turniejowych korzystając z wszelkich możliwych pomocy; z reguły wiąże się to z wykonywaniem doświadczeń. Prace turniejowe powinny być przesłane do jednego z dwóch ośrodków (w Katowicach lub Warszawie) w terminie do 15 lutego 2001 r. Na podstawie oceny nadesłanych prac nastąpi zakwalifikowanie drużyn do udziału w zawodach turniejowych organizowanych przez dany ośrodek. Najlepsze cztery drużyny zmierzą się następnie w finale Turnieju, w którym zarówno prezentacja, jak i dyskusja odbywają się po angielsku. Zwycięska drużyna będzie reprezentowała nasz kraj w Międzynarodowym Turnieju Młodych Fizyków, który odbędzie się w Finlandii w maju 2001 r. Bliższe informacje oraz tematy zadań turniejowych można znaleźć na stronie internetowej `http://www.fuw.edu.pl/ptf/tmf.html`. Ewentualne zapytania można kierować do pana Andrzeja Nadolnego `nadola@ifpan.edu.pl`.

BD+36°2147, z paralaksą 0″,402, też nie ma w spisie Hipparcosa zawierającym najbliższe 173 gwiazdy o paralaksach równych lub większych od 0″,4 – widocznie jej paralaksa okazała się mniejsza. W sumie w tym spisie Hipparcosa gwiazd odległych najwyżej o 2,5 pc są tylko trzy gwiazdy jaśniejsze od 10 mag: dwa Tolimany i Gwiazda Barnarda. Jeśli otoczenie Słońca jest dość typowe, to w Galaktyce występuje bardzo wiele gwiazd znacznie słabszych od Słońca.

Odległości większe, międzygalaktyczne, wyznacza się pośrednio np. przez porównanie jasności obserwowanej i absolutnej najjaśniejszych gwiazd w galaktykach. Takimi „dobrymi” do tego celu, bo rzeczywiście jasnymi gwiazdami, są cefeidy, szczególnego rodzaju gwiazdy zmienne pulsujące. Ich jasności absolutne zależą od okresu zmian jasności, który łatwo jest zmierzyć. Ta zależność okres-jasność została kiedyś wyskalowana na podstawie cefeid należących do Obłoków Magellana, jednak odległość Obłoków musiała być już znana uprzednio i była znana, niestety, niezbyt dokładnie. W rezultacie fotometryczna skala odległości nie jest tak dokładna, jak astronomowie chcieliby, a to dlatego, że najbliższe cefeidy są zbyt odległe, by ich odległość dało się wyznaczyć z zadowalającą dokładnością. Hipparcos wprawdzie wyznaczył paralaksy niemal 300 cefeid, gwiazdy te leżą jednak dość daleko, a wtedy ich paralaksy, ocenione formalnie np. na 0″,002 i mniej, wyznaczane są już ze sporym błędem. Jedynie trzy cefeidy mają paralaksy wyznaczone z błędem mniejszym od 10% (najbliższą jest Gwiazda Polarna o paralaksie 0″,007). Dlatego tak ważne są następne projekty satelitów zdolnych bezpośrednimi pomiarami sięgnąć jeszcze dalej.

Zabawy z kalkulatorem (I)

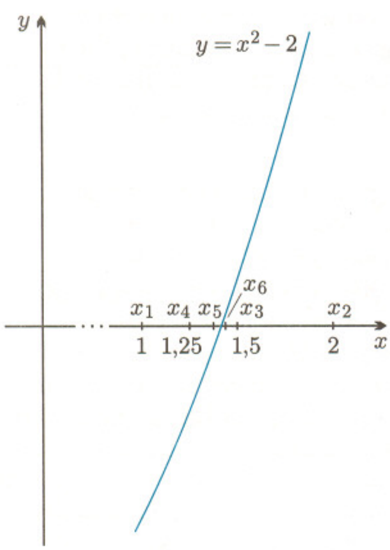
Piotr HAJŁASZ

Proponuję zabawę z kalkulatorem. Zamiast gry komputerowej. Może nie będzie aż tak fascynująca, ale wciągnąć też potrafi.

Jak znaleźć na kalkulatorze przybliżoną wartość $\sqrt{2}$, korzystając jedynie z dodawania, mnożenia i dzielenia?

Proponuję metodę prób i błędów, a raczej metodę kolejnego przybliżania się do oczekiwanego wyniku.

Popatrzmy: $1^2 < 2$, $2^2 > 2$, więc z rysunku widać, że $\sqrt{2}$ leży gdzieś między 1 i 2. Oznaczmy $x_1 = 1$ i $x_2 = 2$ i jako kolejnego kandydata na przybliżenie $\sqrt{2}$ weźmy punkt na środku $x_3 = \frac{1}{2}(x_1 + x_2) = 1{,}5$. Tym razem $x_3 = 2{,}25 > 2$, a więc powinniśmy szukać punktu na lewo od x_3, kładziemy więc $x_4 = \frac{1}{2}(x_1 + x_3) = 1{,}25$. Skoro $x_4^2 = 1{,}5625 < 2$, więc szukamy na prawo od x_4, a mianowicie $x_5 = \frac{1}{2}(x_4 + x_3) = 1{,}357$ itd.



Mam nadzieję, że procedura jest jasna. Kolejne punkty dzielą na pół przedział, do którego należy $\sqrt{2}$.

Najpierw mamy przedział $[x_1, x_2] = [1, 2]$ długości 1. Potem $[x_1, x_3] = [1, 1{,}5]$ długości 0,5. Następnie $[x_4, x_3] = [1{,}25, 1{,}5]$ długości 0,25 itd.

Na moim kalkulatorze można wyświetlić 8 cyfr, a więc $\sqrt{2}$ będzie mieć 7 cyfr po przecinku, czyli mogę podać przybliżenie $\sqrt{2}$ z dokładnością do $0{,}0\,000\,001 = 10^{-7}$. Zastanówmy się, jak dużo punktów $x_1, x_2, x_3, \ldots$ musimy znaleźć, zanim osiagniemy taką dokładność?

Długość przedziału, do którego należy $\sqrt{2}$, powinna się skrócić do długości mniejszej niż 10^{-7}. Po wyznaczeniu x_1 i x_2 mieliśmy przedział długości 1; po wyznaczeniu x_3 przedział długości $1/2 = 0{,}5$; po x_4 przedział długości $1/2^2 = 0{,}25$; po x_5 przedział długości $1/2^3$. Stąd już łatwo odczytać zależność: po wyznaczeniu x_n będziemy mieć przedział długości $1/2^{n-2}$.