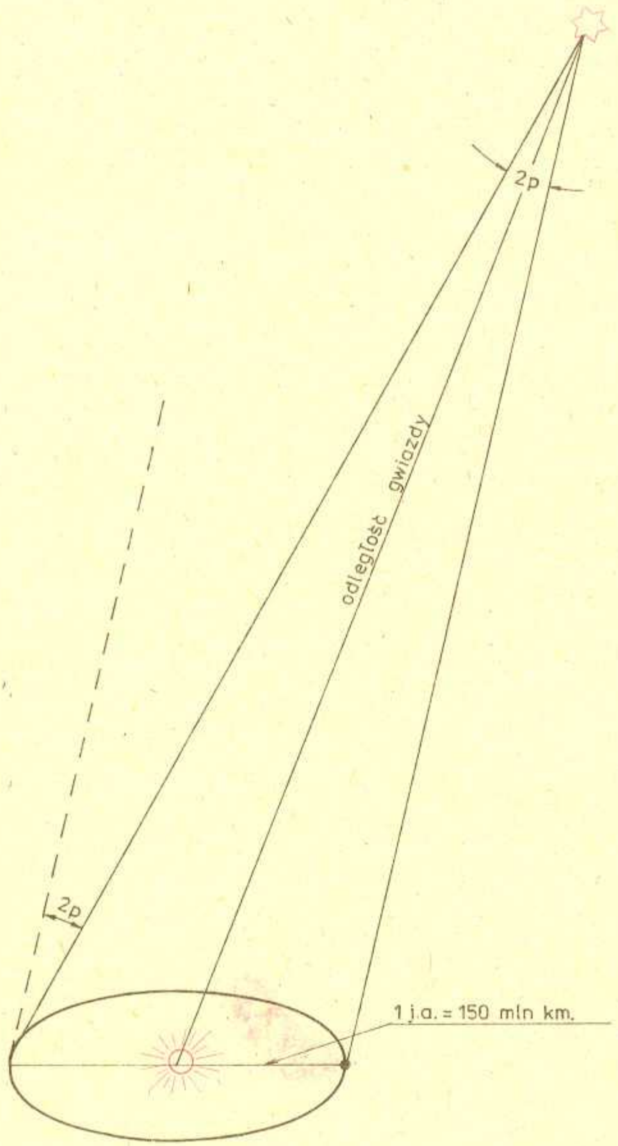
# mała delta

## Jak wielki jest Wszechświat?




Mierzy się kąt $2p$ zaznaczony na rysunku, ale od razu przelicza się go na nowe $2p$, które zostałoby zmierzone, gdyby gwiazda leżała w kierunku prostopadłym do płaszczyzny orbity ziemskiej. To nowe $p$ nazywa się dopiero paralaksą roczną. Jest to zawsze kąt bardzo mały, dlatego jego sinus lub tangens jest w dobrym przybliżeniu równy samemu kątowi zapisanemu jako ułamek radiana. Odległość, przy której paralaksa jest równa 1", to parsek liczący tyle jednostek astronomicznych (po 150 mln km), ile sekund łuku mieści się w radianie, czyli 1 pc = 206 265 j.a. W ogólności

(odległość w parsekach) = 1/(paralaksa w sekundach łuku).

Chyba nie trzeba dowodzić, jak ważna jest znajomość odległości ciał niebieskich. Nasza obecna wiedza na ten temat to wynik długotrwałego gromadzenia obserwacji i uzgadniania wielu różnych metod obserwacyjnych, których rozmaitość uwarunkowana jest rozpiętością kosmicznych odległości.

Odległości małe, tzn. odległości najbliższych gwiazd, wyznacza się, rzecz jasna, najłatwiej i najpewniej. Wykorzystuje się tu zjawisko tzw. paralaksy rocznej, polegające na tym, że układ gwiazd na niebie zmienia się wskutek poruszania się Ziemi wokół Słońca. Na dwóch zdjęciach wybranego obszaru nieba zrobionych w odstępie pół roku (czyli gdy Ziemia przemieściła się w przestrzeni o 300 mln km) daje się stwierdzić, że gwiazdy bliskie przesunęły się pozornie na tle dalszych – połowa tego przesunięcia nazywa się paralaksą (rysunek). Jesteśmy w stanie mierzyć kąt paralaksy do 0,"01, a więc tą metodą można określić odległości gwiazd nie przekraczające około 100 pc. W porównaniu z rozmiarami znanego nam Wszechświata jest to kropla w morzu, więc co dalej?

Otóż w kuli o promieniu 100 pc wokół nas mieści się pokaźna liczba rozmaitych gwiazd i rzeczywistą moc promieniowania każdej z nich (inaczej mówiąc – jasność absolutną) można wyznaczyć: mamy wszak ich jasności widome i odległości. Okazało się dalej, że wygląd widm tych gwiazd i ich jasność absolutna są związane niemal ścisłą zależnością, a więc można ją wykorzystać do gwiazd o nieznanej odległości! Obserwujemy mianowicie widmo, stąd mamy jasność absolutną, a mając jasność widomą z bezpośredniego pomiaru obliczamy odległość. Ma się rozumieć, tkwi tu założenie, że gwiazdy odległe są takie same jak pobliskie. W ten sposób skala odległości wyznaczonych trygonometrycznie została przedłużona o skalę odległości fotometrycznych.

Tego rodzaju przedłużanie skal odległości zostało wykonane w astronomii wielokrotnie. Odbyło się to mniej więcej następująco. Poznawszy rozmiary naszej Galaktyki (tysiące parseków) dowiedzieliśmy się, jakiej jasności absolutnej są najjaśniejsze gwiazdy. Stwierdziliśmy też, że istnieje pewien typ bardzo jasnych gwiazd pulsujących, tzw. cefeid, wykazujący dość ścisłą zależność jasności absolutnej od okresu zmian jasności (im jaśniejsza cefeida, tym dłuższy okres pulsacji). Zrozumiałe teraz, że pomiar widomej jasności najjaśniejszych gwiazd w innych galaktykach dostarcza niemal od razu informacji o odległości tych galaktyk (a jeżeli obserwujemy cefeidę, to dodatkowo trzeba zmierzyć okres zmian jej jasności). No to teraz możemy wyznaczyć jasności absolutne pobliskich galaktyk (miliony parseków). Dalej znowu postulujemy, że galaktyki określonego typu mają określoną jasność absolutną, a wtedy porównując ją z jasnością widomą dla galaktyk dalekich wyznaczamy ich odległość. Tak sięgamy do odległości, w jakiej widać ucieczkę galaktyk spowodowaną ekspansją Wszechświata. Okazało się, że stosunek prędkości ucieczki do odległości jest w przybliżeniu stały. Został on nazwany stałą Hubble'a, a samo to prawo zaczęto używać do określania odległości: prędkość ucieczki (wyznaczona na podstawie przesunięcia widma ku czerwieni) podzielona przez stałą Hubble'a daje odległość. Tak można wyznaczać odległości, przy których nie widać nawet struktury galaktyk (miliardy parseków).

Łatwo zauważyć, że przy takich wielokrotnych ekstrapolacjach jakiś błąd małej skali odległości fałszuje wszystkie dalsze. Oczywiście! Błędy takie musieli astronomowie kilkakrotnie korygować. Np. okazało się kiedyś, że to co brano za najjaśniejsze gwiazdy w galaktykach to w rzeczywistości świecące obłoki zjonizowanego wodoru, a cefeidy są dwóch rodzajów. W sumie, metoda paralaks trygonometrycznych jest „najuczciwsza", a metoda przesunięć widm galaktyk ma podstawy najbardziej kruche. Nic więc dziwnego, że w ciągu 50 lat istnienia astronomii pozagalaktycznej stała Hubble'a „zmalała" od wartości 500 do 50 km/(s·Mpc) – efekt jest taki, jakby Wszechświat „rozrósł się" w tym czasie dziesięciokrotnie.

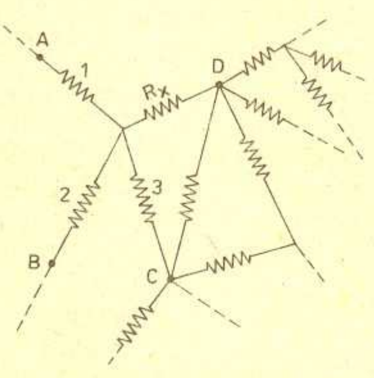
*Małą Deltę przygotował Tomasz KWAST*

---

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

## KORESPONDENCYJNY KLUB FIZYKÓW

1. Na rozciągniętym poziomo sznurku zawieszamy dwa wahadła składające się z ciężarków zaczepionych na cienkich niciach (modele wahadeł matematycznych). Niech długość nici pierwszego wahadła $l_1$ będzie regulowana, na przykład w zakresie od 30 cm do 70 cm. Długość nici drugiego wahadła ustalamy, na przykład, $l_2 = 50$ cm. Wprawiamy w ruch wahadło pierwsze i obserwujemy wahadło drugie. Należy zbadać, a wyniki przedstawić w formie wykresu:
a) zależność amplitudy wahań wahadła drugiego od długości nici wahadła pierwszego (amplituda wychyleń wahadła pierwszego powinna być taka sama),
b) zależność amplitudy wahań wahadła drugiego od amplitudy wahań wahadła pierwszego przy ustalonych kilku wartościach długości $l_1$.
Dla bardzo dociekliwych polecamy trudniejszy problem: powtórzenie badań z punktu a) w przypadku, gdy wahadło drugie jest tłumione (jak je tłumić, mówiliśmy w poprzednim Klubie (*Delta* 5/1989)).
Może zaciekawi Was rozwiązanie teoretyczne tego problemu. Znajdziecie je w każdym podręczniku mechaniki w rozdziale o drganiach wymuszonych, na przykład w podręczniku J.I. Butikow, A.A. Bykow, A.S. Kondratiew *Fizyka*, część 1, PWN 1987, str. 353.




2. Rozpatrzmy prosty i ciekawy problem, który może mieć znaczenie praktyczne. Otóż, wyobraźmy sobie, że mamy omomierz i że chcemy zmierzyć wartość oporu wmontowanego w rozgałęzioną sieć nieznanych oporów (patrz rysunek). Mamy do dyspozycji dodatkowe przewody i wolno nam zwierać dowolne punkty obwodu, ale nie wolno rozcinać istniejących połączeń. Jak wyznaczyć opór $R_x$? W następnym numerze podamy, gdzie można znaleźć rozwiązanie tego zadania.

Listy prosimy przesyłać pod adresem:
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Korespondencyjny Klub Fizyków, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa.