



O ile wykrycie zjawisk soczewkowania jest obecnie wykonywane rutynowo przede wszystkim przez polski projekt OGLE ([ogle.astrouw.edu.pl](http://ogle.astrouw.edu.pl)), to już do zmierzenia odchyłki pozycji źródła na niebie musimy użyć danych kosmicznej misji Gaia ([gaia.esac.esa.int/](http://gaia.esac.esa.int/)).

Gaia jest europejską misją kosmiczną, działającą od 2014 roku, której głównym zadaniem jest pomiar pozycji gwiazd i ich zmian w czasie. Projekt Gaia 25 kwietnia 2018 roku opublikował dane z półmetka misji, czyli pierwszą dokładną mapę odległości dla 1,7 miliarda gwiazd Drogi Mlecznej, otrzymanych na podstawie pomiarów zmian pozycji gwiazd wywołanych zmianą kąta patrzenia na gwiazdę (zjawisko paralaksy). Dane te po raz pierwszy pozwolą zmapować ramiona spiralne i centrum Galaktyki, wykryć pozostałości po rozerwanych galaktykach jako strugi gwiazd, utworzyć mapy rozkładu pyłu w Galaktyce itd. Jednakże do zmierzenia efektu mikrosoczewkowania potrzebne będą dane końcowe misji, w których będzie można zmierzyć subtelne dodatkowe przemieszczenie źródeł wywołane mikrosoczewkowaniem. Astrometria z Gai w połączeniu z fotometrią z obserwacji naziemnych z OGLE oraz samej Gai, pozwoli na rozpoznanie soczewek wywołanych przez czarne dziury i na wyznaczenie ich parametrów, takich jak masa, prędkość czy odległość od Słońca.

Wykrycie dziesiątek czarnych dziur pozwoli po raz pierwszy na porównanie ich cech z oczekiwaniami teoretycznymi. Może okazać się, że znajdziemy dużą liczbę bardzo masywnych czarnych dziur, o masach 30 czy 60 mas Słońca, których obfitości nie uda się wytłumaczyć zwykłymi procesami gwiazdowymi. Mogą to być czarne dziury, powstałe w bardzo młodym Wszechświecie jeszcze przed powstaniem pierwszych gwiazd, kiedy to zgęstki ciemnej materii były tak duże, że zapadały się i tworzyły tzw. pierwotne czarne dziury. Możliwe, że to właśnie takie czarne dziury zaobserwowano w pierwszych detekcjach fal grawitacyjnych w 2016 roku. Potrzebujemy jednak dużo większej próbki czarnych dziur, a najlepiej na tyle pobliskich w naszej Galaktyce, aby móc odróżnić „zwykłe” gwiazdowe czarne dziury od tych pierwotnych, zbudowanych z ciemnej materii. Jest szansa, że właśnie mikrosoczewkowanie grawitacyjne i misja Gaia to umożliwią już za kilka lat.

Badania nad ciemną materią za pomocą misji Gaia wspiera grant Harmonia Narodowego Centrum Nauki nr 2015/18/M/ST9/00544.



## Zadania

Przygotował Hugo STEINHAUS\*

**M 1582.** Udowodnij, że liczba  $3^{105} + 4^{105}$  jest podzielna przez 13, 49, 181, 379, a nie jest podzielna przez 5 ani 11.

Rozwiązanie na str. 8

**M 1583.** Podziel sześcian na sześć przystających czworościanów.

Rozwiązanie na str. 12

**M 1584.** Wykaż, że  $\sqrt{1 + \sqrt{2 + \sqrt{3 + \sqrt{\dots + \sqrt{n}}}}} < 2$  dla każdego naturalnego  $n$ .

Rozwiązanie na str. 11

\* Polecamy znakomite 100 zadań i Jeszcze 105 zadań Hugona Steinhausa.

Przygotował Andrzej MAJHOFER

**F 963.** Oszacuj, jaki byłby najkrótszy czas trwania dnia, który moglibyśmy przeżyć stojąc na Ziemi?

Promień Ziemi  $R \approx 6400$  km, przyspieszenie Ziemskie  $g \approx 10$  m/s<sup>2</sup>.

Rozwiązanie na str. 16

**F 964.** Oszacuj, jaka jest najmniejsza odległość  $r$  od Ziemi, w jakiej Księżyc mógłby obiegać Ziemię po orbicie kołowej bez utraty skał ze swojej powierzchni (tzn. pyłu i kamieni pokrywających jego powierzchnię i związanych z resztą Księżyca tylko siłami grawitacji)? Przyjmij, że Księżyc, tak jak to jest obecnie, jest zwrócony do Ziemi zawsze tą samą stroną, tzn. prędkości kątowe obiegu i obrotu własnego Księżyca są równe. Masa Księżyca  $M_K$  jest w przybliżeniu 81 razy mniejsza od masy Ziemi  $M_Z$ . Promień Księżyca  $R_K \approx 1740$  km.

Rozwiązanie na str. 21

