

### Drogi Uczniu,

Gratulujemy awansu do II etapu Olimpiady Astronomicznej Juniorów! Upewnij się, że otrzymany arkusz testowy został poprawnie wydrukowany i zawiera **cztery zadania na dwóch stronach**. Za każde zadanie możesz otrzymać maksymalnie 5 punktów.

Zawody trwają 3 godziny. Dozwolone jest korzystanie z dowolnych przyborów do pisania oraz używanie kalkulatora prostego. Korzystanie z innych urządzeń elektronicznych, niedopuszczonych materiałów (książki, notatki) lub komunikowanie się w trakcie zawodów **będzie skutkowało dyskwalifikacją**. Wyjście do toalety lub odanie prac i opuszczenie sali nie będzie możliwe w ciągu pierwszych 40 minut i przez ostatnie 15 minut.

Pamiętaj, aby **rozwiązanie każdego zadania umieścić na osobnej kartce**, a **każdą stronę podpisać kodem uczestnika, numerem zadania, numerem strony w ramach rozwiązania i łączną liczbą stron rozwiązania**. Rozwiązanie powinno zawierać opis wszystkich kroków rozumowania, nie może zawierać luk logicznych oraz powinno być spisane w sposób czytelny i przejrzysty. Prace nieczytelne lub niepoprawnie podpisane mogą nie zostać sprawdzone.

W razie problemów, wątpliwości, chęci wyjścia do toalety lub konieczności pobrania dodatkowych kartek prosimy o wezwanie członka komisji przeprowadzającej zawody poprzez podniesienie ręki. **Komisja nie udziela odpowiedzi na pytania związane z treścią zadań.**

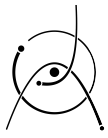
**Powodzenia!**  
*KOAJ i KGOAJ*

### Wybrane stałe fizyczne i astrofizyczne:

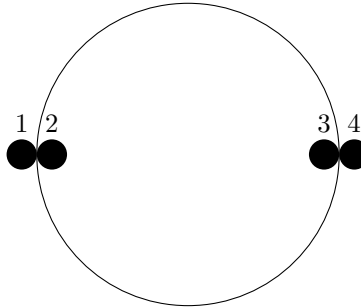
stała grawitacji	$G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}^2}$
masa Słońca	$M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
masa Ziemi	$M_{\oplus} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
średni promień Ziemi	$R_{\oplus} = 6371 \text{ km}$

## Zadania

- Umieszczona na północnym biegunie geograficznym Ziemi armata wystrzeliwuje pocisk pionowo w górę z prędkością  $v = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$ , gdzie  $M_{\oplus}, R_{\oplus}$  to odpowiednio masa i średni promień Ziemi. Czy pocisk powróci na powierzchnię Ziemi? Jeśli tak, to:
  - Na jaką maksymalną wysokość doleci, zanim zacznie spadać?
  - Z jaką prędkością uderzy w Ziemię?Pomiń opory ruchu, pomiń grawitację ciał innych niż Ziemia i pocisk.
- Satelity polarne megakonstelacji *One Web* poruszają się po niemal kołowej orbicie, na wysokości 980 km nad powierzchnią Ziemi. Przez  $I_1$  oznaczmy moc sygnału odbieranego od pojedynczego satelity w momencie, gdy przelatuje on nad obserwatorem (obserwator widzi go w zenicie), a przez  $I_2$  moc sygnału wtedy, gdy satelita znajduje się tuż nad horyzontem obserwatora. Wyznacz stosunek  $I_1/I_2$ . W rozwiązaniu przyjmij, że Ziemia jest idealną kulą, a rozpatrywany satelita wysyła sygnał izotropowo (z równą mocą w każdym kierunku). Pomiń wpływ atmosfery ziemskiej.
- Statek kosmiczny o masie  $m = 40\,000 \text{ kg}$  znajduje się w odległości  $r = 5,00 \times 10^{10} \text{ m}$  od Słońca. Silnik statku jest stale włączony i generuje siłę  $F_S = 800 \text{ N}$  o zwrocie przeciwnym do zwrotu siły grawitacji Słońca działającej na statek  $F_G$ . Oblicz wartość prędkości i jej kierunek, jaką musi mieć statek, aby poruszać się po kołowej orbicie wokół Słońca o promieniu  $r$ . Przedyskutuj, czy utrzymanie kołowej orbity wokół Słońca byłoby możliwe, gdyby  $F_S = 2F_G$ . Pomiń zmianę masy statku spowodowaną działaniem silnika i wpływ grawitacji ciał innych niż Słońce na statek.



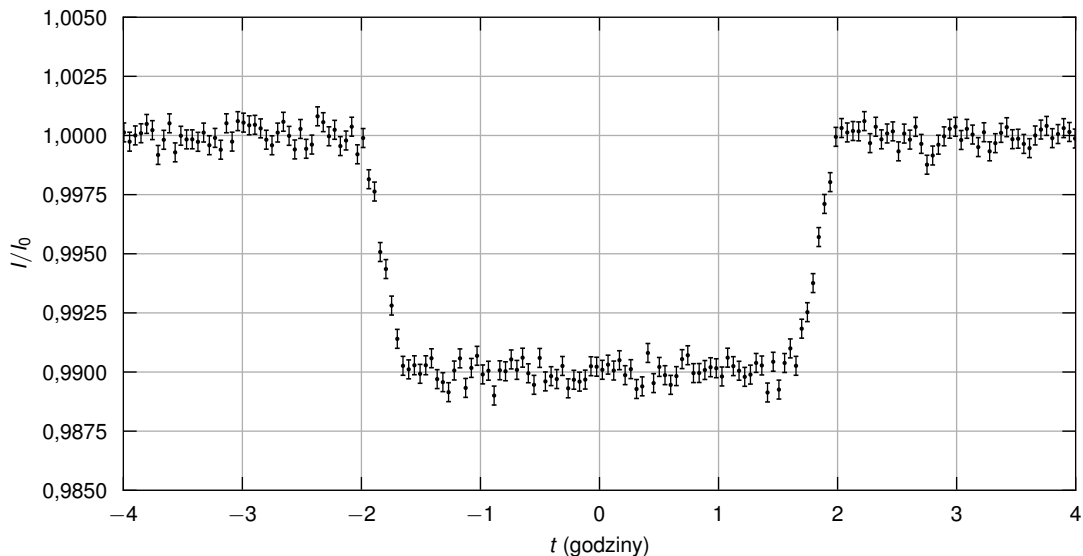
4. Istnieje wiele sposobów wykrywania planet pozasłonecznych. Najwięcej z nich zostało wykrytych metodą tranzytową, polegającą na pomiarach jasności gwiazdy podczas przejścia przed nią planety. Przejście to powoduje spadek jasności gwiazdy, co pozwala wyznaczyć niektóre właściwości planety i jej orbity.



Rysunek 1: Schematyczne przedstawienie tranzytu egzoplanety. Cyframi 1-4 oznaczono kolejne kontakty, czyli momenty, gdy tarcza planety jest styczna do tarczy gwiazdy (na rysunku planeta porusza się w prawo względem gwiazdy, tzn. kontakt oznaczony cyfrą 1 następuje jako pierwszy).

Poniżej przedstawiono wykres natężenia światła  $I$  pochodzącego od pewnej gwiazdy podczas tranzytu planety na tle jej tarczy (poza tranzytem  $I/I_0 = 1$ ). Wyniki obserwacji przedstawiono wraz z niepewnościami pomiaru. Pomiary przeprowadzono w równych odstępach czasu. Tranzyt był centralny, czyli cięciwa po której poruszała się planeta przed gwiazdą jest średnicą gwiazdy.

- Zakładając, że jasność powierzchniowa gwiazdy jest stała, a planeta nie emituje wykrywalnego promieniowania, wyznacz stosunek promienia planety do promienia gwiazdy.
- Kiedy nastąpiły kolejne kontakty? Odczytaj z wykresu wartości  $t_1, t_2, t_3, t_4$ .
- Na podstawie innych pomiarów stwierdzono, że planeta porusza się po orbicie kołowej z prędkością 44 km/s. Korzystając z tej informacji, wyznacz promień gwiazdy i promień planety. Możesz założyć, że orbita tranzytującej planety ma promień dużo większy od promieni obu ciał.
- Przed tranzytem wyznaczono jasność obserwowaną gwiazdy  $m = 14,71^m$  (magnitudo). W trakcie tranzytu jasność zmieniła się o  $0,01^m$ . Jaka była jasność obserwowana gwiazdy w trakcie tranzytu?



Rysunek 2: Wykres stosunku natężenia światła gwiazdy do natężenia poza tranzytem od czasu.