



Zadania drugiej serii I etapu

Zadanie 4 - Comet Interceptor

Europejska Agencja Kosmiczna obecnie szykuje do startu sondę Comet Interceptor. Jej celem będzie zbadanie pewnej komety długookresowej. Komety takie poruszają się po orbitach będących bardzo wydłużonymi elipsami. Zazwyczaj komety długookresowe są odkrywane zaledwie na kilka miesięcy przed ich przejściem przez peryhelium, co uniemożliwia zaplanowanie i wystrzelenie sondy kosmicznej do konkretnego obiektu. Comet Interceptor zostanie umieszczony na orbicie wokółsłonecznej między sierpniem 2028 r. a lipcem 2029 r., gdzie będzie czekać na odkrycie i przelot odpowiedniej komety.

Oblicz, w jakiej odległości od Słońca znajduje się obecnie hipotetyczna kometa, która w 2032 roku znajdzie się w peryhelium w odległości 1 au od Słońca. Dla uproszczenia przyjmij, że porusza się ona po orbicie parabolicznej. Pomiń oddziaływanie grawitacyjne innych ciał niebieskich niż Słońce.

Wskazówka: to zadanie można rozwiązać przy użyciu własnego programu komputerowego; jeżeli zdecydujesz się na takie rozwiązanie, opisz algorytm użyty do obliczeń i załącz kod źródłowy programu.

Zadanie 5 Parowanie czarnych dziur

W literaturze wspomina się, że zjawisko Hawkinga w praktyce nie zmniejsza masy czarnych dziur, ze względu na wpływ promieniowania tła. Oczywiście zależy to od masy czarnej dziury i temperatury promieniowania tła.

Oszacuj masę, przy której współcześnie czarna dziura przestaje rosnąć ze względu na pochłanianie promieniowania tła. Przyjmij, że chodzi o czarną dziurę Schwarzschilda, do której wpadają tylko te fotony, które daleko od czarnej dziury leciały w kierunku przecinającym tzw. sferę fotonową o promieniu $R_f = 3 \cdot G \cdot M / c^2$, (pomijamy fotony, które wpadają do czarnej dziury w wyniku zmiany kierunku).

Uwaga. Wzór na temperaturę promieniowania Hawkinga $T_H = \hbar \cdot c^3 / (16 \cdot \pi^2 \cdot G \cdot k \cdot M)$ podaje temperaturę mierzoną przez obserwatora znajdującego się w dużej odległości od centrum czarnej dziury. W powyższych wzorach G , $\hbar$, k i c to stałe uniwersalne kolejno: stała grawitacji Newtona, stała Plancka, stała Boltzmanna i prędkość światła, a M jest masą czarnej dziury.

Niezbędne dane astronomiczne należy samodzielnie wyszukiwać, a w rozwiązaniu podać wykorzystane źródła.

Zadanie 6 Regulus

Porównaj zmiany obserwowanego położenia na niebie gwiazd Regulus (α Leonis) i α Doradus. Dla każdej gwiazdy rozpatrz oddzielnie wpływ paralaksy heliocentrycznej, paralaksy geocentrycznej, aberracji światła, nutacji i precesji na jej położenie na niebie. Wszystkie te efekty przeanalizuj osobno dla każdego z nich. Dla każdego zjawiska podaj okres i amplitudy zmian współrzędnych ekliptycznych (długości i szerokości) w układzie odniesienia epoki J2000. Opisz lub narysuj kształt trajektorii gwiazdy na sferze niebieskiej, uwzględniając osobno wpływ każdego rozpatrywanego efektu. Pomiń efekty ruchu własnego gwiazd.

Niezbędne dane astronomiczne należy samodzielnie wyszukać, a w rozwiązaniu podać wykorzystane źródła.

Zadanie 7 Efekt Shapiro

Z Ziemi wysyłany jest sygnał radarowy w kierunku Wenus znajdującej się w przybliżeniu po przeciwnej stronie Słońca. Sygnał mija Słońce w minimalnej odległości r_1 (jest to jego największe zbliżenie do środka Słońca). Dalej dociera do Wenus, odbija się i wraca do Ziemi tą samą drogą. Całkowity czas przelotu sygnału jest sumą czasu z teorii newtonowskiej oraz efekt *dodatkowego opóźnienia* nazywanego efektem Shapiro:

$$(\Delta t)_{\text{dodat}} \approx \frac{4GM_{\odot}}{c^3} \left[\ln \left(\frac{4r_w r_{\oplus}}{r_1^2} \right) + 1 \right]$$

Odległości r_w , $r_{\oplus}$ oraz r_1 oznaczają odpowiednio promienie orbit Wenus i Ziemi oraz minimalną odległość Słońca od trajektorii biegu sygnału w jednostkach astronomicznych.

- a) pomijając efekt Shapiro oblicz czas przelotu sygnału radarowego tam i z powrotem,
- b) oblicz wielkość efektu Shapiro, gdy sygnał radarowy przechodzi w odległości $r_1 = R_{\odot}$ oraz $r_2 = 3 \cdot R_{\odot}$ od Słońca.
- c) porównaj wyniki i wyjaśnij, dlaczego efekt Shapiro jest większy, gdy sygnał przechodzi bliżej Słońca?

Oznaczenia: G to stała grawitacji, $M_{\odot}$ i $R_{\odot}$ – to masa i promień Słońca, c – prędkość światła.

Potrzebne dane wyszukaj samodzielnie i podaj ich źródło.

Rozwiązania w postaci oddzielnych dla każdego zadania plików pdf należy na każdej stronie podpisać kodem uczestnika. Instrukcja przesyłania rozwiązań zostaną rozesłane wszystkim zarejestrowanym zawodnikom drogą e-mailową po 11 listopada.

Rozwiązania zadań obserwacyjnych (treść dostępna pod tym samym linkiem) należy przesłać razem z rozwiązaniami drugiej serii zadań teoretycznych w terminie do 18 listopada 2026.