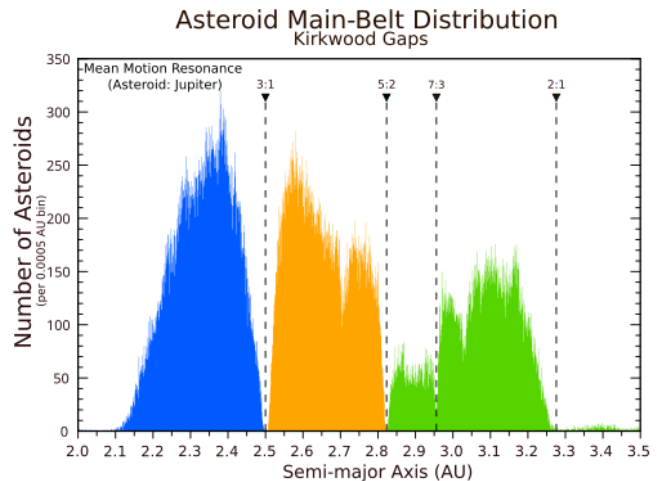
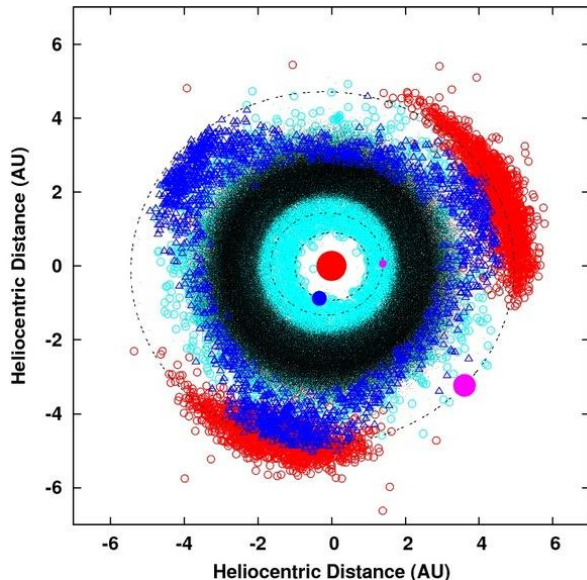


astrofizyka układów planetarnych

lista 6

1. Poniżej rysunek po lewej pokazuje położenie znanych planetoid w pewnym momencie czasu (dla obserwatora znajdującego się ponad płaszczyzną ekliptyki; na rysunku pokazane są też orbity i położenie Ziemi, Marsa i Jowisza). Wyjaśnij, dlaczego przerwy Kirkwooda nie są widoczne na tym rysunku, w przeciwieństwie do rysunku po prawej stronie. Rysunek po prawej pokazuje liczbę planetoid o danej wielkiej półosi orbity. Czym są przerwy Kirkwooda?



2. Oblicz czas potrzebny na to, aby różnice w prędkościach orbitalnych doprowadziły do rozciągnięcia „chmury” drobnej materii obiegającej Saturna w zamknięty pierścień (tzw. *Kepler shear*). Obliczenia wykonaj dla następujących przypadków:
- średnica obłoku 1 km, promień orbity 80 000 km,
 - średnica obłoku 100 km, promień orbity 80 000 km,
 - średnica obłoku 1 km, promień orbity 120 000 km,
 - średnica obłoku 2 km, promień orbity 63 000 km.
- Porównaj otrzymane wyniki z charakterystycznym czasem τ rozmywania drobnej struktury pierścieni w kierunku radialnym, wynikającym ze zderzeń pomiędzy cząstkami pierścienia. Czas ten wynosi: $\tau = l^2/\nu_v$, gdzie l jest rozmiarem pierścienia w kierunku radialnym, a ν_v jest lepkością (zależy ona od prędkości zderzeń i koncentracji cząstek w pierścieniu). W obliczeniach przyjmij $\nu_v = 100 \text{ cm}^2/\text{s}$. Jakie wnioski dotyczące struktury pierścieni można wyciągnąć z tego porównania?
3. Jakie zmiany (wyrażone w arcsec) w położeniu Słońca powoduje a) Ziemia, b) Jowisz, c) Neptun przy obserwacjach prowadzonych z odległości 10pc? Porównaj otrzymane wyniki z możliwościami obserwatorium GAIA, które dla jaśniejszych gwiazd może wykryć przesunięcia rzędu 10 μs (mikro arcsec).
4. Jakie zmiany jasności Słońca powoduje tranzyt Ziemi i Jowisza obserwowany spoza Układu Słonecznego? Jak długo trwa taki tranzyt? Czy takie zmiany jasności możliwe są do zarejestrowania przy użyciu współczesnych instrumentów przeznaczonych do poszukiwania planet metodą tranzytu? Dane z obserwatoriów Kepler i TESS mają dokładność pomiaru strumienia wynoszącą odpowiednio 3×10^{-5} i 2×10^{-4} przy czasie integracji kilku godzin.
5. Jaka musi być minimalna masa planety, obiegającej gwiazdę o masie Słońca w odległości 1 AU i 5 AU, aby mogła być ona wykryta metodą prędkości radialnych? Obecnie możliwe jest wykrycie zmian prędkości radialnej wynoszących około 0.6 m/s.
6. Oblicz prawdopodobieństwo wystąpienia tranzytu Ziemi i Jowisza dla obserwatora znajdującego się w innym układzie planetarnym. Kąt między kierunkiem obserwator – Słońce a płaszczyzną orbity planety jest losowy.
7. Planeta podobna do Ziemi obiega po orbicie o promieniu 0.03 AU gwiazdę typu widmowego M o mocy promieniowania $10^{-3} L_{\text{Słońca}}$.

- a) Czy planeta ta znajduje się w strefie habitacyjnej (ekosferze)? Wskazówka: wyznacz temperaturę równowagową planety i porównaj ją do zakresu temperatur dla wody w stanie ciekłym.
- b) Planeta ta krążąc tak blisko gwiazdy będzie wykazywała obrót synchroniczny (efekt działania sił pływowych). Temperatura obliczona w punkcie a) nie opisuje zatem dobrze warunków lokalnych na planecie. Zakładając, że atmosfera planety nie przenosi efektywnie ciepła pomiędzy obszarami o różnej temperaturze, opisz warunki termiczne w różnych obszarach planety. Zastanów się na możliwości wystąpienia życia na takiej planecie. Jaka będzie maksymalna możliwa temperatura na powierzchni planety? Wskazówka: skorzystaj z podobnego problemu opisanego w zadaniu 9 na liście 1.

8. Planeta o masie $2 M_{\text{Jowisza}}$ obiega gwiazdę o masie $1 M_{\text{Słońca}}$ w odległości 4 AU. Narysuj wykres zmian prędkości radialnej gwiazdy dla następujących przypadków:

- a) mimośród orbity wynosi 0.0, obserwator znajduje się w płaszczyźnie orbity planety,
- b) mimośród orbity wynosi 0.0, obserwator znajduje się 60° ponad płaszczyznę orbity planety,
- c) mimośród orbity wynosi 0.5, obserwator znajduje się w płaszczyźnie orbity planety, a oś wielka orbity jest prostopadła do linii obserwator-gwiazda.

Wskazówka: w przypadkach a) i b) wyprowadź wyrażenie na zmiany prędkości radialnej gwiazdy, w przypadku c) wyznacz maksymalną i minimalną wartość prędkości radialnej oraz kilka wartości pośrednich.

9. Dla 5 egzoplanet wyznaczono promienie i masy (w jednostkach ziemskich). Określ zakres możliwego składu tych egzoplanet jaki dopuszczają te pomiary (z czego mogą być zbudowane). W niektórych przypadkach zakresy dozwolone przez oszacowane błędy pomiarowe obejmują mało prawdopodobny lub niefizyczny skład. Które to przypadki i dlaczego?

- a) $R_p = 3 \pm 1 R_Z$, $M_p = 3 \pm 1 M_Z$
- b) $R_p = 1.0 \pm 0.5 R_Z$, $M_p = 3 \pm 1 M_Z$
- c) $R_p = 12 \pm 2 R_Z$, $M_p = 300 \pm 100 M_Z$
- d) $R_p = 3 \pm 1 R_Z$, $M_p = 30 \pm 10 M_Z$
- e) $R_p = 2.0 \pm 0.2 R_Z$, $M_p = 10 \pm 1 M_Z$

10. Wyznacz:

- a) iloraz światła słonecznego odbijanego od Ziemi na długości fali $0.5 \mu\text{m}$ do ilości światła emitowanego przez Słońce na tej samej długości fali,
- b) iloraz emisji termicznej Ziemi na długości fali $20 \mu\text{m}$ do ilości światła emitowanego przez Słońce na tej samej długości fali.

Powtórz obliczenia a) i b) dla Jowisza. Wyciągnij wnioski dla wykrywania egzoplanet metodą obrazowania.