

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Подборен кръг, 13 юли 2025 г., Варна, практически тур
Старша възраст

Задача 1. Две планети. Умната планета, обикаляща по кръгова орбита около Могъщата звезда, е населена с високо развити светлосини разумни същества. Те системно наблюдават Дивата планета, на която в бъдеще възнамеряват да построят свои изследователски бази. В таблицата по-долу са дадени данни от наблюдения и измервания. Те са направени през еднакви интервали от време. Всеки интервал се равнява на 52 планетни дни, като в годината за Умната планета има 260 такива дни. Разумните същества използват мерна единица за разстояние, която ще наречем просто мярка, защото думата на техния език е непризнатима за нас. Радиусът на орбитата на Умната планета е 25 мерки.

№	Ъглово отстояние на Дивата планета от звездата за наблюдател на Умната планета в градуси	Посока на видимото отклонение на Дивата планета от звездата	Разстояние между Дивата планета и Умната планета в мерки	Разстояние от Дивата планета до Могъщата звезда в мерки
1	88.5	E	76.8	80.3
2	37.7	E	100.8	82.3
3	14	W	107.3	83.5
4	63.4	W	92.0	83.8
5	124.6	W	66.4	83.3
6	146.2	E	59.4	81.8
7	82.3	E	78.8	79.4
8	32	E	96.0	76.2
9	17.4	W	95.4	72.3
10	60.3	W	76.5	67.7
11	110.1	W	49.2	62.7
12	173.6	E	32.6	57.7
13	99.3	E	43.4	53.3
14	55.2	E	60.2	50.4
15	24.7	E	71.4	49.7
16	9.6	W	76.4	51.6
17	36.4	W	73.5	55.3
18	78.6	W	59.9	60.1
19	146.7	W	43.1	65.1
20	126.9	E	52.0	70.0
21	68.2	E	79.9	74.3
22	22.2	E	100.6	77.9
23	25.9	W	102.1	80.7
24	79.1	W	83.6	82.6
25	146.4	W	61.6	83.7

А) На листа милиметрова хартия начертайте в подходящ мащаб орбитата на Умната планета около Могъщата звезда. По данните от таблицата постройте орбитата на Дивата планета. За тази цел използвайте данните за видимото ъглово отстояние на Дивата планета от звездата и за разстоянието между Дивата планета и Умната планета. Данните за разстоянието на Дивата планета от звездата не използвайте. Препоръчваме ви да работите с мащаб 1 мярка = 1 милиметър.

Б) Определете голямата полуос на орбитата и орбиталния период на Дивата планета, като ги изразите в мерните единици на разумните същества.

Тези величини ще ви потрябват в следващите две подусловия. Ако не успеете да постройте орбитата на Дивата планета и да ги определите от нея, оценете ги по данните в таблицата за разстоянието от Дивата планета до звездата.

В) Нека за наблюдател от Умната планета m_a е видимата звездна величина на Дивата планета (в единици от нашата земна система от звездни величини), когато Дивата планета е едновременно в опозиция и в апоцентъра на своята орбита, а m_p е нейната видима звездна величина, когато е в опозиция и в перицентъра на своята орбита. Пресметнете разликата $\Delta m = m_a - m_p$.

Г) Когато Дивата планета е в опозиция и в апоцентъра на орбитата си, жителите на Умната планета я фотографират с астрокamera с диаметър на обектива D и фокусно разстояние F_a , а когато Дивата планета е в опозиция и в перицентъра на орбитата си, я фотографират с камера със същия диаметър на обектива, но фокусно разстояние F_p . Намерете отношението на фокусните разстояния F_a/F_p , при което яркостта на единица повърхност от получените изображения на планетата ще е една и съща.

Задача 2. Астрометрия на екзопланети. Астрометричният метод е един от най-предизвикателните методи за откриване на екзопланети. Той се базира на това, че звездата обикаля около общия център на масите на системата звезда-планета, което отклонява положенията ѝ по небето. Засега са потвърдени едва 14 планети, открити по този метод, но почти всички те са открити от 2020 г. насам. Методът е използван за уточняване на параметрите на още над 60 планети, открити по други начини. Въпреки че повечето планети се откриват по метода на пасажите или по метода на лъчевите скорости, тези два метода фаворизират откриването на планети, които са много близо до звездите. Очаква се астрометричният метод да бъде много ценен в бъдеще, тъй като по него ще се откриват планети на по-големи орбити, включително такива в обитаемата зона.

На Фигура 1 е даден видимият път на фона на далечните звезди за близка звезда, около която обикаля екзопланета с маса $10 M_J$ (Юпитерови маси). С пунктирана крива е даден видимият път на центъра на масите на системата, т.е. пътят, който звездата би имала, ако около нея нямаше планета. Видимият път на звездата се отклонява от него, но тъй като ефектът е много слаб, за по-добра илюстрация този ефект (разликата между плътната и пунктираната крива) е усилен k пъти. Приемете, че орбитата на планетата е кръгова, с радиус 0.6 а.у., и с наклон 0° , тоест лежи в равнината на картата (небесната равнина). С пунктирана права е даден пътят на центъра на масите на системата планета-звезда, наблюдавано от центъра на масите на системата Слънце-Земя. Отразената светлина от планетата е прекалено слаба и не може да бъде засечена директно.

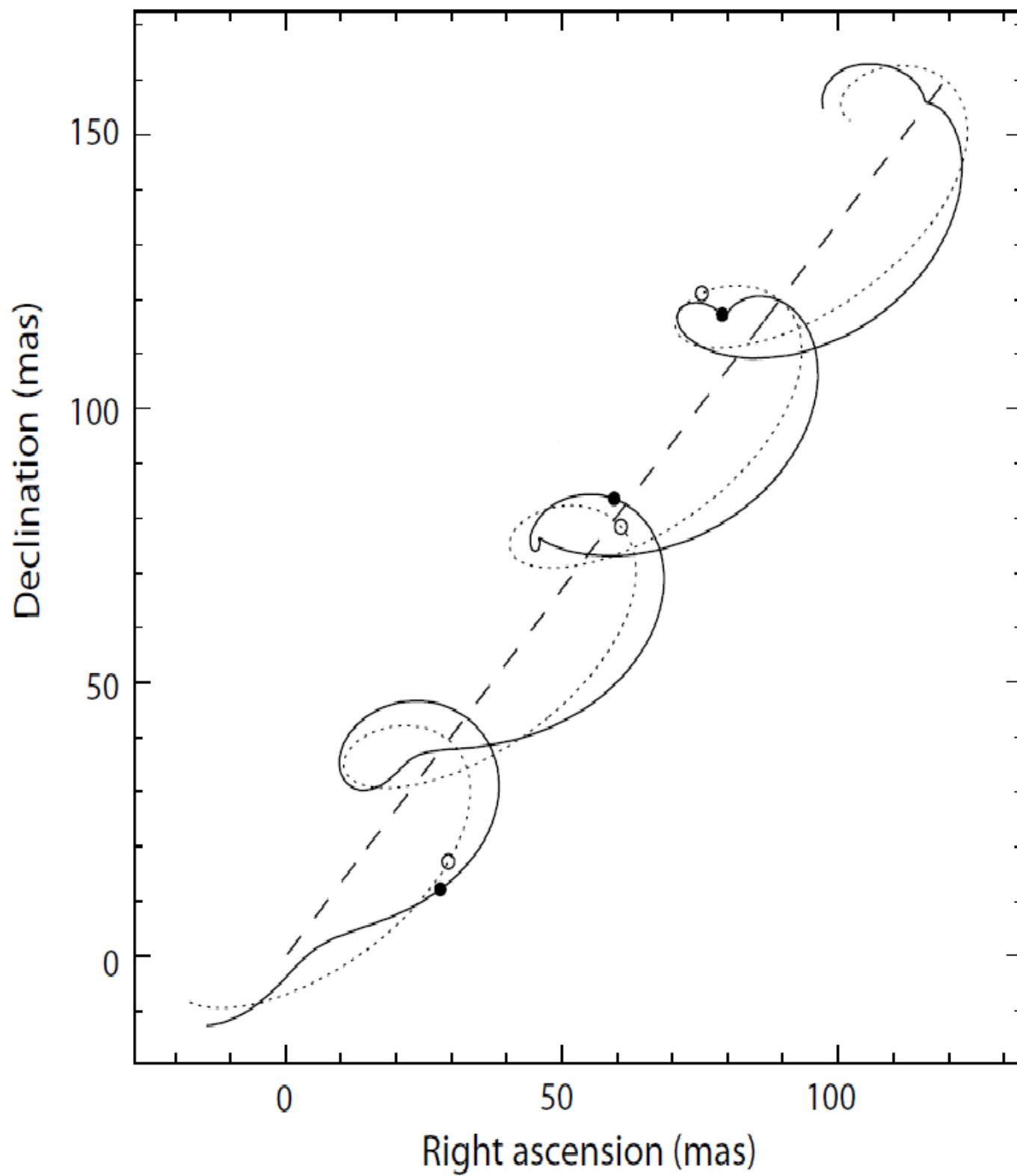
Приемете, че полуосите на паралактичната елипса са ориентирани успоредно на посоките на нарастване на ректасцензията и деклинацията.

- **А)** Измерете собственото движение на системата в mas/yr (дъгови милисекунди на година, $1'' = 1000 \text{ mas}$). [3 т.]
- **Б)** Измерете максимално точно годишния паралакс на системата. Изчислете разстоянието до нея в парсеци. [4 т.]
- **В)** Изчислете тангенциалната скорост на системата в km/s. [3 т.]

- Г) Измерете с максимална възможна точност орбиталния период на планетата около звездата. [4 т.]
- Д) Изчислете масата на звездата в слънчеви маси ($M_{\odot}$). [2 т.]
- Е) Направете необходимите измервания и изчислете фактора k , с който е отдалечен изкуствено видимият път на звездата спрямо този на центъра на масите. [4 т.]

Справочни данни:

$$1 M_{\odot} = 1047 M_J = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$$



Фигура 1. Видим път на близка звезда по небето.