

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг на олимпиадата по астрономия

27 юни 2020 г.

Възрастова група XI-XII клас

1 задача. Астрометрия на двойна звезда. Хипотетична двойна звезда има компоненти А и В, които се движат около общия си център на масите по кръгови орбити и винаги са на еднакво ъглово разстояние една от друга по небето. Компонентата А е по-масивната от двете.

• А) Определено е било положението на двете компоненти на звездното небе за януари 2000 г. През януари 2015 г. двете звезди са си разменили местата относно фона на далечните звезди – звездата А се наблюдава точно на мястото на звездата В от 2000 г., а звездата В е точно в положението на звездата А от 2000 г. През януари 2075 г. компонентата В отново ще бъде точно в първата си позиция от януари 2000 г. Какво е отношението на масите на звездите M_B/M_A ?

• Б) Ъгловото разстояние между двете компоненти винаги е равно на $0.25''$, а разстоянието от Земята до двойната система е 102 парсека. Определете масите на двете звезди M_A и M_B .

2 задача. Плутон и неговата свита. По ирония на съдбата, планетата джудже Плутон, която беше декласирана като равноправна планета от Слънчевата система, притежава богата колекция от спътници. Най-големият спътник, Харон, е само два пъти по-малък от Плутон и по същество двете тела представляват двойна планета. Освен това, около Плутон са открити още 4 по-малки спътника: Стикс, Никта, Цербер и Хидра. Харон и Плутон са приливно заключени, т.е. периодът на околоосното им въртене е равен на периода на движението по орбитите им около общия център на масите. Периодите на по-малките спътници се намират в орбитален резонанс с Харон. Ако приемем периода на Харон за единица, приблизителното отношение на периодите на спътниците на Плутон е 1:3:4:5:6. Всички спътници се движат в равнината на екватора на Плутон в една и съща посока.

Вие сте космически глациолог – изучавате ледовете на Плутон и извършвате дистанционно наблюдение на ледените полета на Харон. Работната ви станция се намира в центъра на видимата от Харон страна на Плутон. Харон за вас е точно в зенита.

• А) Ако в даден момент всичките пет спътника на Плутон се наредят в една линия, от едната страна на Плутон, колко спътника ще виждате? След колко време това подреждане ще се повтори, ако орбиталните резонанси са съвсем точни?

• Б) Вие си мечтаете да видите как Слънцето се скрива зад Харон и настъпва пълно слънчево затъмнение. Каква е максималната продължителност на пълната фаза на слънчево затъмнение, наблюдавано от Плутон? Колко пълни слънчеви затъмнения е възможно да видите за една плутонианска година?

Приемете, че орбитата на Плутон е кръгова.

Справочни данни:

Период на околоосно въртене на Плутон – $6^d.38723$

Период на орбиталното движение на Плутон – 90553^d

Голяма полуос на орбитата на Плутон – 39.482 au (астрономически единици)

Астрономическа единица – 1.496×10^8 km

Наклон на екваториалната равнина на Плутон към равнината на орбитата му – $57^\circ.47$

Разстояние между Плутон и Харон – 19571 km

Радиус на Плутон – 1188.3 km

Радиус на Харон – 606 km

3 задача. Системата FU Orionis. Звездата FU Ori е прототип на екстремно клас променливи звезди, които още не са се установили върху Главната последователност на диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел, т.е. те са в самото начало на живота си. През 1937 година блясъкът на FU Ori се повишава рязко с цели 7 звездни величини и оттогава остава сравнително стабилен. Блясъкът отслабва много бавно и в наши дни звездната величина на обекта все още е 9.6^m. Най-вероятното обяснение е, че около младата звезда има акреционен диск, в който рязко са се засилили притокът на материя от околното пространство и преносът ѝ навътре по диска. Триенето загрява диска и той започва да свети много по-силно от самата звезда.

- А) Колко пъти по-висока е светимостта на FU Ori от тази на Слънцето? Разстоянието до FU Ori е 416 парсека, а праховото поглъщане е оценено на 1.8 звездни величини.

- Б) Според последните модели масата на централната звезда е 0.6 слънчеви маси, а вътрешният край на диска е с радиус 3.5 слънчеви радиуса. Оценете приблизително темпа на пренос на маса по диска към вътрешния край! Дайте отговора си в слънчеви маси на година.

Справочни данни:

Абсолютна звездна величина на Слънцето = 4.75^m

Маса на Слънцето 1.99×10^{30} kg

Радиус на Слънцето 696 000 km

Гравитационна константа 6.67×10^{-11} m³/kg.s²

4 задача. Двойна звезда. Сбъдва се вашата мечта и вие получавате билет до Луната. Там ви очаква лунната астрономическа обсерватория, построена близо до южния полюс.

| N | θ deg | ρ arcsec |
|----|-----------------|------------------|
| 1 | 45.0 | 0.0172 |
| 2 | 100.8 | 0.0227 |
| 3 | 110.9 | 0.0230 |
| 4 | 137.0 | 0.0295 |
| 5 | 151.4 | 0.0356 |
| 6 | 177.0 | 0.0419 |
| 7 | 198.2 | 0.0490 |
| 8 | 207.5 | 0.0492 |
| 9 | 223.0 | 0.0507 |
| 10 | 243.2 | 0.0486 |
| 11 | 250.2 | 0.0487 |
| 12 | 261.0 | 0.0447 |
| 13 | 282.0 | 0.0388 |
| 14 | 300.2 | 0.0342 |
| 15 | 329.2 | 0.0243 |
| 16 | 342.4 | 0.0230 |

Заравяте се в архивите на обсерваторията и откривате необработени наблюдения на двойна звезда от южното небе, правени в продължение на повече от 25 години. Те съдържат данни за ъгловото разстояние ρ между главната и вторичната компонента и позиционния ъгъл θ на вторичната компонента относно главната, който се отчита от посоката север обратно на часовниковата стрелка (виж таблицата вляво). Има и няколко спектрални наблюдения, от които следва, че и двете звезди са от спектрален клас G0 и отношението на масите им е около 9.5 : 1, както и фотометрични наблюдения, от които става ясно, че главната компонента е от около 4.5 визуална звездна величина, а вторичната компонента е с 9.4 звездни величини по-слаба. Данните за точните моменти на наблюденията са загубени. Единствената достъпна информация е, че между наблюденията 1 и 9 са изминали около 13 години.

- А) По данните от таблицата постройте видимата относителна орбита на вторичната компонента около главната, след което възстановете вида на истинската относителна орбита. Какъв е нейният ексцентрицитет?

Работете в мащаб: $k = 1500$ mm/дъгова секунда

- Б) Използвайте данните от таблицата с основните астрофизически характеристики на звездите, дадена в приложенията след задачите, и определете вида на звездите. Какви са масите на звездите? Какъв е периодът на системата? Колко астрономически единици е голямата полуос на орбитата? Какъв процент светлина се поглъща от междузвездната среда по пътя от двойната звезда до наблюдателя? Какво е разстоянието от нас до звездата? От астрофизическа гледна точка смятате ли, че ще ви бъде интересно да продължите да наблюдавате тази звезда по време на вашата кариера като лунен астроном?

ОСНОВНИ АСТРОФИЗИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВЕЗДИТЕ

| Спектр. клас | Истински цветове ($B - V$) ₀ ($U - B$) ₀ | | | Абсолютни зв.вел. M_V | | | Ефективни темп. T_{eff} Светимости L/L_{\odot} | | | Маса M/M_{\odot} Радиуси R/R_{\odot} | | |
|-----------------|--|-------|-------|-------------------------------|------|------|--|---------|-----------|---|-----|-----|
| | V | III | Ia | V | III | Ib | Ia | V | III | I | V | III |
| O5 | -0.33 | -0.32 | -0.31 | -5.7 | -6.3 | -6.8 | 44 500 | 42 500 | 40 300 | 60 | 60 | 70 |
| | -1.19 | -1.17 | -1.17 | | | | 790 000 | 990 000 | 1 100 000 | 12 | 12 | 30 |
| B0 | -0.30 | -0.29 | -0.23 | -4.0 | -5.1 | -6.1 | 30 000 | 29 000 | 26 000 | 17.5 | 20 | 25 |
| | -1.08 | -1.08 | -1.05 | | | | 52 000 | 110 000 | 260 000 | 7.4 | 15 | 30 |
| B5 | -0.17 | -0.17 | -0.08 | -1.2 | -2.2 | -5.4 | 15 400 | 15 000 | 13 600 | 5.9 | 7 | 20 |
| | -0.58 | -0.58 | -0.76 | | | | 830 | 1 800 | 52 000 | 3.9 | 8 | 50 |
| A0 | -0.02 | -0.03 | 0.02 | 0.6 | 0.0 | -5.2 | 9 520 | 10 100 | 9 700 | 2.9 | 4 | 16 |
| | -0.02 | -0.07 | -0.44 | | | | 54 | 106 | 35 000 | 2.4 | 5 | 60 |
| A5 | 0.15 | 0.15 | 0.09 | 2.0 | 0.7 | -5.1 | 8 200 | 8 100 | 8 510 | 2.0 | 2.0 | 13 |
| | 0.10 | 0.11 | -0.10 | | | | 14 | 43 | 35 000 | 1.7 | 60 | 60 |
| F0 | 0.30 | 0.30 | 0.17 | 2.7 | 1.5 | -5.1 | 7 200 | 7 150 | 7 700 | 1.6 | 1.6 | 12 |
| | 0.03 | 0.08 | 0.15 | | | | 6.5 | 20 | 32 000 | 1.5 | 80 | 80 |
| F5 | 0.44 | 0.43 | 0.31 | 3.5 | 1.6 | -5.1 | 6 440 | 6 470 | 6 900 | 1.4 | 1.4 | 10 |
| | -0.02 | 0.09 | 0.27 | | | | 3.2 | 17 | 32 000 | 1.3 | 100 | 100 |
| G0 | 0.58 | 0.60 | 0.75 | 4.4 | 1.0 | -5.0 | 6 030 | 5 850 | 5 550 | 1.05 | 1.0 | 10 |
| | 0.06 | 0.21 | 0.52 | | | | 1.5 | 34 | 30 000 | 1.1 | 6 | 120 |
| G5 | 0.68 | 0.86 | 1.03 | 5.1 | 0.9 | -4.6 | 5 770 | 5 150 | 4 850 | 0.92 | 1.1 | 12 |
| | 0.20 | 0.56 | 0.82 | | | | 0.79 | 43 | 29 000 | 0.92 | 10 | 150 |
| K0 | 0.81 | 1.00 | 1.25 | 5.9 | 0.7 | -4.3 | 5 250 | 4 750 | 4 420 | 0.79 | 1.1 | 13 |
| | 0.45 | 0.84 | 1.18 | | | | 0.42 | 60 | 29 000 | 0.85 | 15 | 200 |
| K5 | 1.15 | 1.50 | 1.60 | 7.4 | -0.2 | -4.4 | 4 350 | 4 000 | 3 850 | 0.67 | 1.5 | 13 |
| | 1.08 | 1.81 | 1.80 | | | | 0.15 | 220 | 38 000 | 0.72 | 25 | 400 |
| M0 | 1.40 | 1.56 | 1.67 | 8.8 | -0.4 | -4.5 | 3 850 | 3 800 | 3 650 | 0.51 | 1.2 | 13 |
| | 1.22 | 1.87 | 1.90 | | | | 0.077 | 330 | 41 000 | 0.60 | 40 | 500 |
| M5 | 1.64 | 1.63 | 1.60 | 12.3 | -0.5 | -4.8 | 3 240 | 3 330 | 2 800 | 0.21 | 24 | 24 |
| | 1.24 | 1.58 | 1.60 | | | | 0.011 | 930 | 300 000 | 0.27 | | |