

III кръг, 6 май 2023 г.

*Ученици от 11-12 клас*

**1 задача. Необикновена звезда.**

Звездата HE 0437-5439 е от спектрален клас В и нейната маса се оценява на 8 слънчеви маси. Тя е извън нашата Галактика на разстояние 61 крс от Слънцето. Нейната хелиоцентрична радиална скорост е  $+723 \text{ km/s}$ . Галактичните координати на звездата са  $l = 263^\circ$ ,  $b = -41^\circ$ . Слънцето се намира на разстояние от центъра на Галактиката 8 крс и се движи около него със скорост  $230 \text{ km/s}$ .

А) Установено е, че посоката на движение на звездата относно центъра на нашата Галактика е по правата линия, която я свързва с този център. Оценете скоростта на звездата относно галактичния център.

Упътване: Галактичната дължина е равна на  $0^\circ$  в центъра на Галактиката и нараства в посока от запад към изток. Гледано от северния галактичен полюс Слънцето се движи около центъра на Галактиката по часовниковата стрелка. За целта на приблизителното решение приемете, че галактичната дължина на звездата е  $l \approx 270^\circ$ . Илюстрирайте вашето решение с подходяща схема.

Б) Съществува хипотеза, че звездата HE 0437-5439 е изхвърлена в междугалактичното пространство в резултат от близко гравитационно взаимодействие с обекти в центъра на Галактиката. Може ли да се каже дали тази звезда продължава да е гравитационно свързана с нашата Галактика? Приведете само качествени разсъждения и съображения.

В) Ако хипотезата за излитането на звездата от централната част на Галактиката е вярна, то звездата трябва да е от вида на т.нар. „сини бегълци“. Тяхната възраст, определена по спектралните им характеристики, е значително по-малка от реалната им възраст. Това вероятно се получава, когато в хода на своята еволюция тези звезди претърпят сливане или значителен обмен на маса с други звезди. Един от вариантите може да се осъществи ако звездите са компоненти в тесни двойни системи. Обяснете защо се налага да се приеме такова предположение в случая с HE 0437-5439. Нейната възраст според сегашните ѝ физически параметри трябва да е около 20 милиона години.

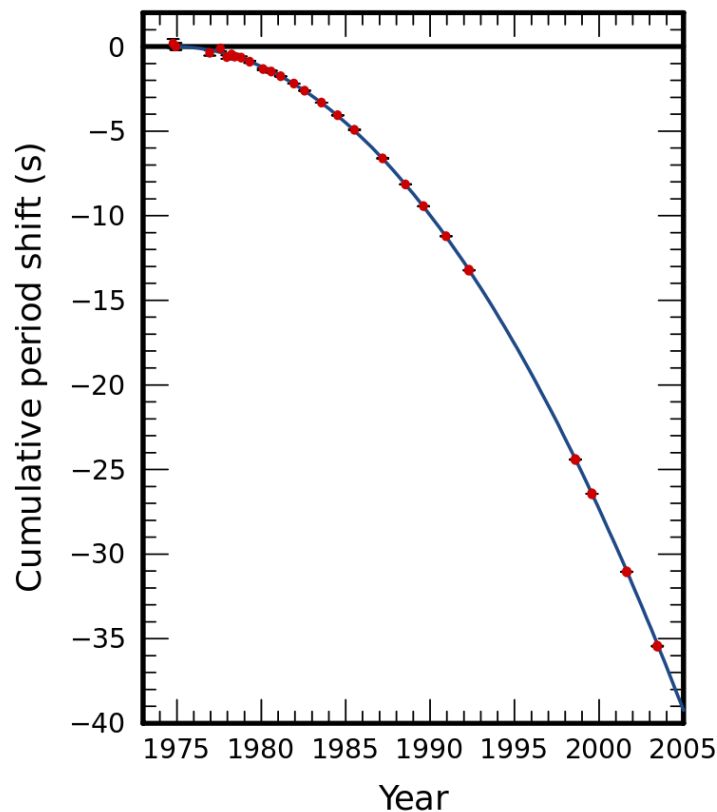
**2 задача. Пулсар на Хълс и Тейлър**

Обектът PSR B1913+16 (също известен като пулсара на Хълс и Тейлър) е двойна система, състояща се от две неутронни звезди, една от които е пулсар. Двете компоненти на системата имат практически еднакви маси, като сумарната им маса е  $2.83 M_\odot$  (маси на Слънцето).

Пулсарът на Хълс и Тейлър е успешно използван за косвено потвърждение на съществуването на гравитационни вълни. Оказва се, че излъчвайки този вид вълни, системата губи от своята механична енергия. Поради това, голямата полуос на

относителната орбита на двете неутронни звезди намалява, вследствие от което намалява и техният орбитален период.

По хоризонталната ос на графиката е нанесено времето в години. По вертикалната ос е нанесена величина, която е свързана с изменението на орбиталния период на системата. Този период се отчита като интервал от време между две последователни преминавания на звездите през перицентровете на своите орбити около центъра на масите. Нека приемем някаква начална наблюдавана стойност на този период ( $T_0 = 7.75h$ ) като основна и въз основа на нея да изчислим всички бъдещи преминавания на звездите през перицентровете (приемайки, че периодът не се променя). Поради намаляването на орбиталния период с времето, наблюдаваните моменти на преминаване на звездите през перицентровете всеки път ще избързват спрямо предизчислените моменти и това избързване ще се натрупва с времето. Стойността на това избързване е нанесена на вертикалната ос на графиката.



Като използвате дадената графика, намерете:

- А) Промяната на периода на системата за една година  $\Delta T$ ;
- Б) Промяната на голямата полуос на относителната орбита за една година  $\Delta a$ ;
- В) „Гравитационната светимост“ на системата –  $L_G$ ;

Под гравитационна светимост се има предвид енергията, която системата излъчва под формата на гравитационни вълни, за време 1 секунда.

Г) Сравнете получения в предното подусловие резултат със светимостта на Слънцето.

Приемете, че промяната на голямата полуос на относителната орбита на системата, в рамките на периода, в който са правени измерванията, е много по-малка от самата голяма полуос, а също така, че орбиталният период се променя равномерно с времето.

### Справочни данни:

- Гравитационна константа –  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
- Светимост на Слънцето –  $L_0 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$

### **3 задача. Пътешествие във времето.**

Знаменитият инженер Гайко Бурмов изобретява машината на времето. При първото ѝ изпробване той решава да се пренесе в 1609 г. в Италия и да се запознае с Галилео Галилей. Но нещо се обърква и той се оказва в още по-далечното минало. Инженер Бурмов е и астроном любител и въпреки страшния студ навън, започва системни наблюдения. Така установява, че пролетната равноденствена точка е съвсем близо до звездата Антарес.

**А)** Разполагате със звездна карта и с карта на пътя, описван от северния небесен полюс поради прецесията на земната ос. Периодът на прецесия е 25765 години. На картата с пътя на северния небесен полюс нанесете приблизително неговото положение в епохата, в която се е пренесъл изобретателят. Определете в кое хилядолетие се е оказал той. Коя ярка звезда би могла да се използва като Полярна звезда? На другата карта отбележете есенната равноденствена точка. Близо до коя ярка звезда се намира тя?

**Б)** След като е направил нужните корекции, Гайко Бурмов отново пуска в ход машината на времето. Този път обаче, той се озовава в далечното бъдеще. Вега е увеличила блясъка си с  $0.5^m$ . В наше време тази звезда се намира на разстояние 25.04 светлинни години. Известно е, че тя се приближава към нас и след 264 000 години ще прелети покрай Слънцето на минимално разстояние 13.2 светлинни години. В кое хилядолетие се оказва видният изобретател този път? На какво ъглово разстояние се е изместила Вега относно сегашното си положение? Ще бъде ли тя тогава близо до северния небесен полюс?

### **Задача 4. 11-12. Три астероида.**

**А)** Астероид 1 е в перихелий на разстояние от Слънцето 2.0 au (астрономически единици) и има скорост 26.00 km/s. От този момент нататък астероидът започва да се отдалечава от Слънцето и да се забавя. За какво време скоростта на астероида ще намалее от 13.26 km/s до 13.13 km/s? **(4т.)**

**Б)** Астероид 2 се намира в опозиция през период точно 1.4 години и се движи в равнината на еклиптиката. Той има кратък ротационен период, сферична форма и Бонд-алbedo 23% (частта от лъчистата енергия, която отразява). Пресметнете средната температура на повърхността му. **(4т.)**

**В)** Астероид 3 е в афелий. Векторът на скоростта на астероида по орбитата променя посоката си с 60% по-бързо в сравнение с ъгловата скорост, с която Слънцето се измества на фона на звездното небе, за наблюдател от астероида в този момент. Какъв е ексцентрицитетът на орбитата на астероида? **(4т.)**

### Справочни данни:

Маса на Слънцето:  $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

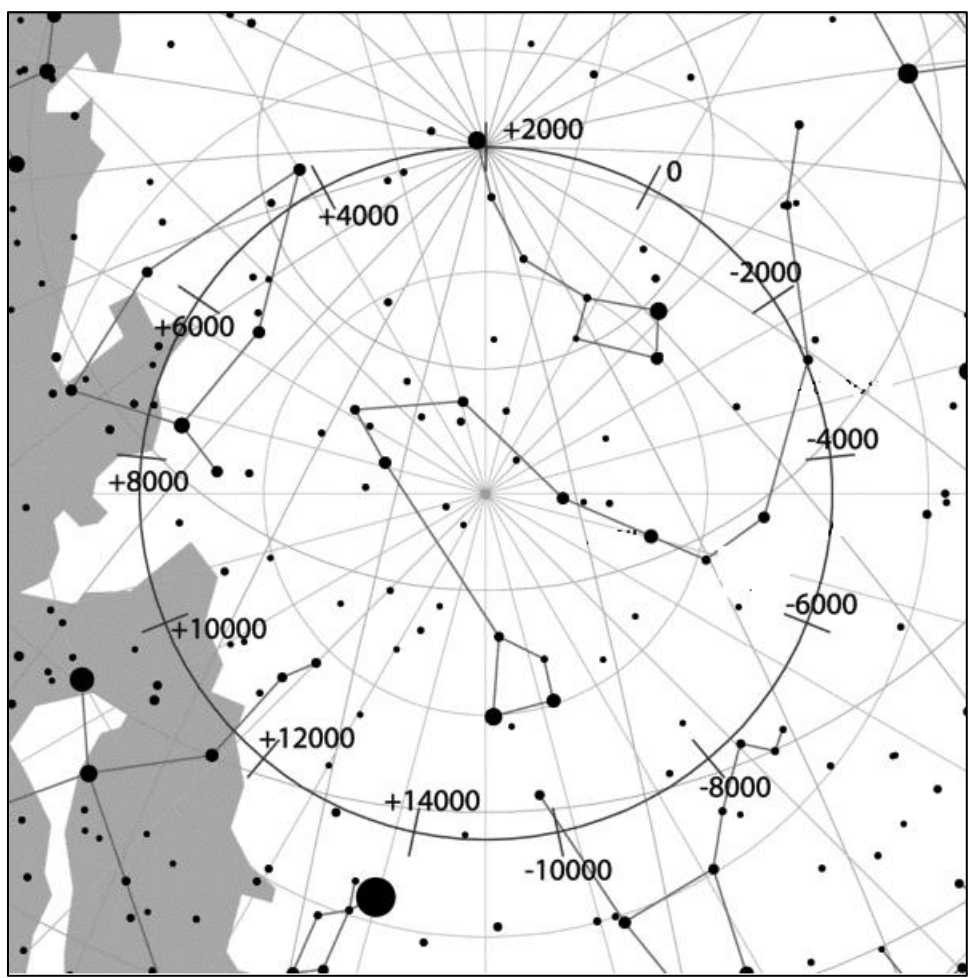
Радиус на Слънцето:  $696\,000 \text{ km}$

Фотосферна температура на Слънцето:  $5770 \text{ K}$

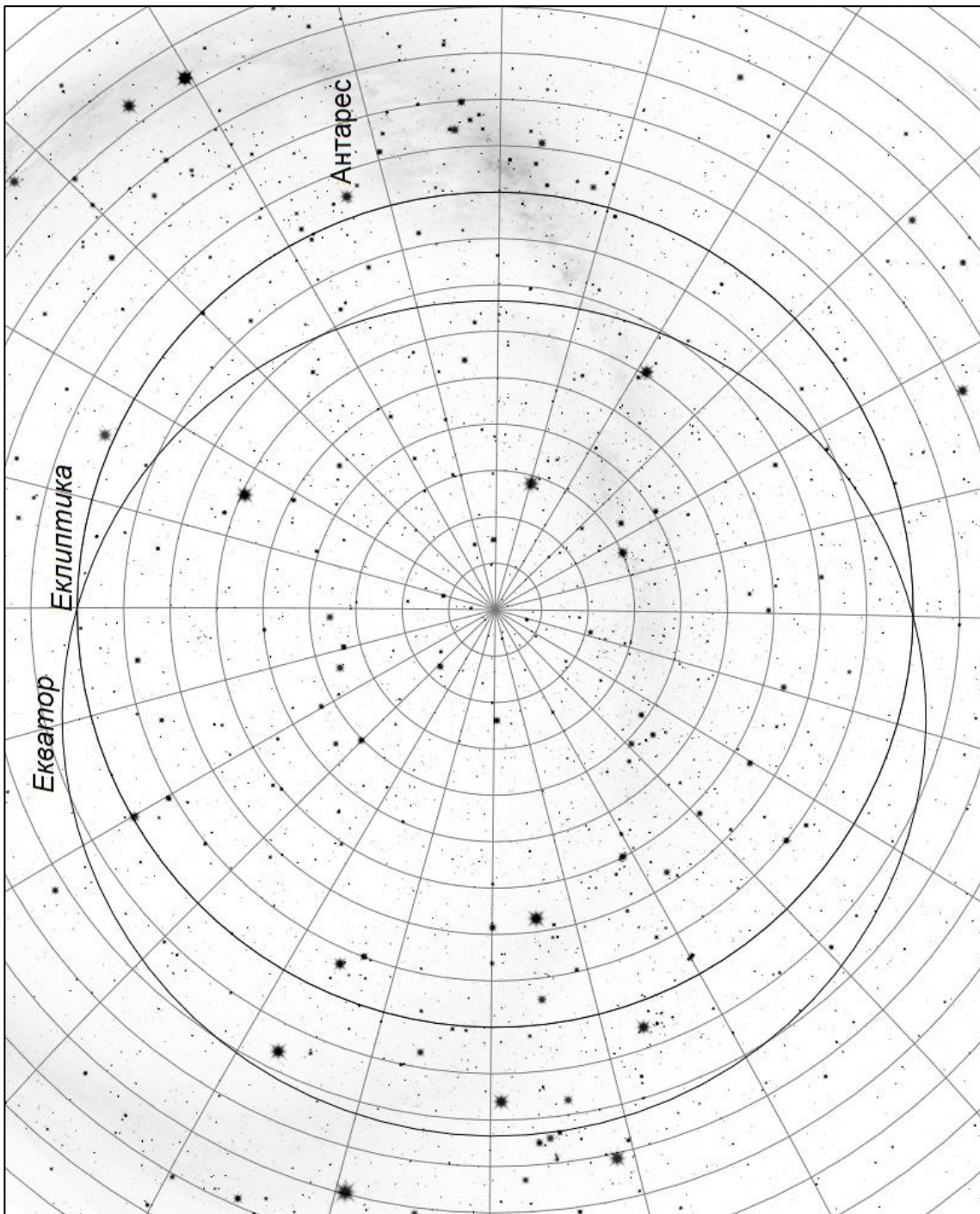
Кръгова скорост по орбитата на Земята:  $29.8 \text{ km/s}$

Гравитационна константа –  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

Астрономическа единица –  $1 \text{ au} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$



Видим път, описван от северния небесен полюс поради прецесията – към задача 3.



Карта на звездното небе с еклиптична координатна мрежа – към задача 3.