

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**XXIV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

**Общински кръг на олимпиадата по астрономия**  
**2020 – 2021 учебна година**  
**Възрастова група XI-XII клас**

Задачите можете да решавате сами в къщи, или да ги обсъждате със съученици и приятели. За решаването на някои от тях ще са ви нужни числени данни, които не са дадени в условията. Ще ви потрѣбват знания, които не се учат в училище, или пък ще срещнете думи, чието значение може би не знаете. Потърсете необходимата информация в книги, учебници, Интернет. Обърнете се за помощ към вашите учители.

**Но все пак имайте предвид:** Писмени работи с цели пасажии от текст, копирани от Интернет, преписани буквално от книги или повтарящи се с други писмени работи, ще бъдат анулирани! Писмените работи трябва да са подготвени самостоятелно. В тях всичко прочетено и научено трябва да обясните с ваши оригинални мисли.

**Обяснявайте вашите решения!**

**1 задача. Астероидът Бену.** Потърсете информация за физическите характеристики на астероида 101955 Bennu ( [https://en.wikipedia.org/wiki/101955\\_Bennu](https://en.wikipedia.org/wiki/101955_Bennu) )

- А) Пресметнете на каква височина над повърхността на астероида се намира орбитата, на която един негов спътник би „висял“ неподвижно над точка от еkvатора, т.е. би бил аналог на геостационарните спътници на Земята. Приемете, че астероидът има идеално кръгла форма.

- Б) Какъв период на околоосно въртене трябва да има Бену, за да бъде радиусът на стационарната орбита равен на радиуса на астероида, т.е. височината на стационарната орбитата да е нула? Ако както много други малки астероиди, Бену представлява механичен сбор от скални отломки, то каква съдба би го очаквала в такъв случай?

**2 задача. Сврѣхнова като второ Слънце.** Масивните звезди в края на своя живот избухват като сврѣхнови. Взривът на сврѣхнова е грандиозно явление, което ако се случи достатъчно близо до Слънчевата система, може да представлява сериозна заплаха за земния живот. Особено опасни са сврѣхновите от тип Ia, тъй като взривовете им са най-мощни. Тяхната типична абсолютна звездна величина е  $-19^m.3$ . Видимата звездна величина на Слънцето е  $-26^m.74$ .

- На какво разстояние от нас трябва да избухне сврѣхнова от тип Ia, така че да бъде ярка колкото Слънцето в нашето небе?

**3 задача. Движение по орбита в Галактиката.** Центърът на нашата Галактика се намира в съзвездие Стрелец. Приблизително там е и началото на Галактичната координатна система. Галактичната дължина нараства в посока обратна на часовниковата стрелка, гледано от северния галактичен полюс.

В почти противоположна посока на посоката от нас към центъра на Галактиката се намира разсеяният звезден куп NGC 1893. Той има галактична дължина  $l = 173.6^\circ$  и галактична ширина  $b \approx 0^\circ$ . Разстоянието от нас до купа е 3250 pc. Слънчевата система се намира на разстояние 8000 pc от центъра на Галактиката.

- А) Нарисувайте схематично нашата Галактика, гледана от нейния северен галактичен полюс, и означете на схемата положенията на Слънчевата система и на

звездния куп NGC 1893. Потърсете необходимата информация и със стрелка означете посоката на въртене на звездите в диска на Галактиката.

Скоростта на въртене на една звезда в дадена галактика зависи от нейното разстояние до центъра на галактиката и от масата, съдържаща се в мислена сфера около галактичния център с радиус равен на това разстояние. Ще разглеждаме случай на кръгово движение на звездите. С отдалечаване от галактичния център масата, съдържаща се в тази мислена сфера, първоначално нараства много бързо и затова скоростта на въртене на звездите също расте много бързо. В един момент голяма част от звездите и облаците от прах и газ са вече вътре в сферата и допълнителната маса, която се добавя при още по-голямо отдалечаване от центъра, би трябвало да е много малка. Може да се очаква скоростта на кръгово движение на звездите да намалява с отдалечаване от галактичния център. Това, обаче, не се случва. Скоростите на звездите се запазват приблизително постоянни, с известни колебания. Причината е неизвестна. Затова е въведена нова същност, наречена „тъмна материя“, която не може да бъде видяна със съществуващите методи, но притежава маса. С присъствието на „тъмната материя“ се обяснява както бързото движение на по-външните звезди в галактиките, така и бързото движение на галактиките в куповете от галактики.

Примерно скоростта, с която се движат звездите около центъра на нашата Галактика, като функция на разстоянието до него, е представена с диаграма на Фиг. 1. (Виж приложението).

- Б) Като имате предвид написаното по-горе и като използвате графичната зависимост на Фиг. 1., определете приблизително скоростта на Слънчевата система и скоростта на звездния куп NGC 1893 около центъра на Галактиката в km/s.

- В) Опишете качествено как ще се променя с времето разстоянието между тези два обекта. Кога ще са най-близките моменти от време, в които обектите ще са на най-малко и най-голямо разстояние един от друг? Приемете, че разстоянието на звездния куп до центъра на Галактиката е приблизително равно на сумата от разстоянията от купа до Слънчевата система и от Слънчевата система до центъра на Галактиката.

**4 задача. Методът на Ръомер.** През XVIII век датският астроном Оле Ръомер се е опитал да измери скоростта на светлината чрез наблюдения на спътниците на Юпитер. Той е определял моментите на затъмнение на Галилеевите спътници – скриването им в сянката на Юпитер. Ако се познават орбиталните периоди на спътниците, тези моменти могат да се предскажат предварително. Реално наблюдаваните моменти обаче се различават от предизчислените, защото наблюденията се правят при различни взаимни разположения на Земята и Юпитер по техните орбити и всеки път светлината има да изминава различни разстояния от Юпитер до земния наблюдател. Като се знаят разликите в тези разстояния и се определи закъснението или избързването на наблюдавания момент на затъмнение относно предсказания момент, може да се пресметне скоростта на светлината.

Определянето на моментите на затъмненията чрез наблюдения е трудно, защото те не могат да се фиксират точно. Вижда се не внезапно изчезване на спътника в сянката на планетата, а постепенно плавно намаляване на неговия блясък. Причините са две. Първо, спътникът не е точков обект, а има определен диаметър. Второ, границата на сянката на Юпитер не е рязка, защото Слънцето също не е точков обект.

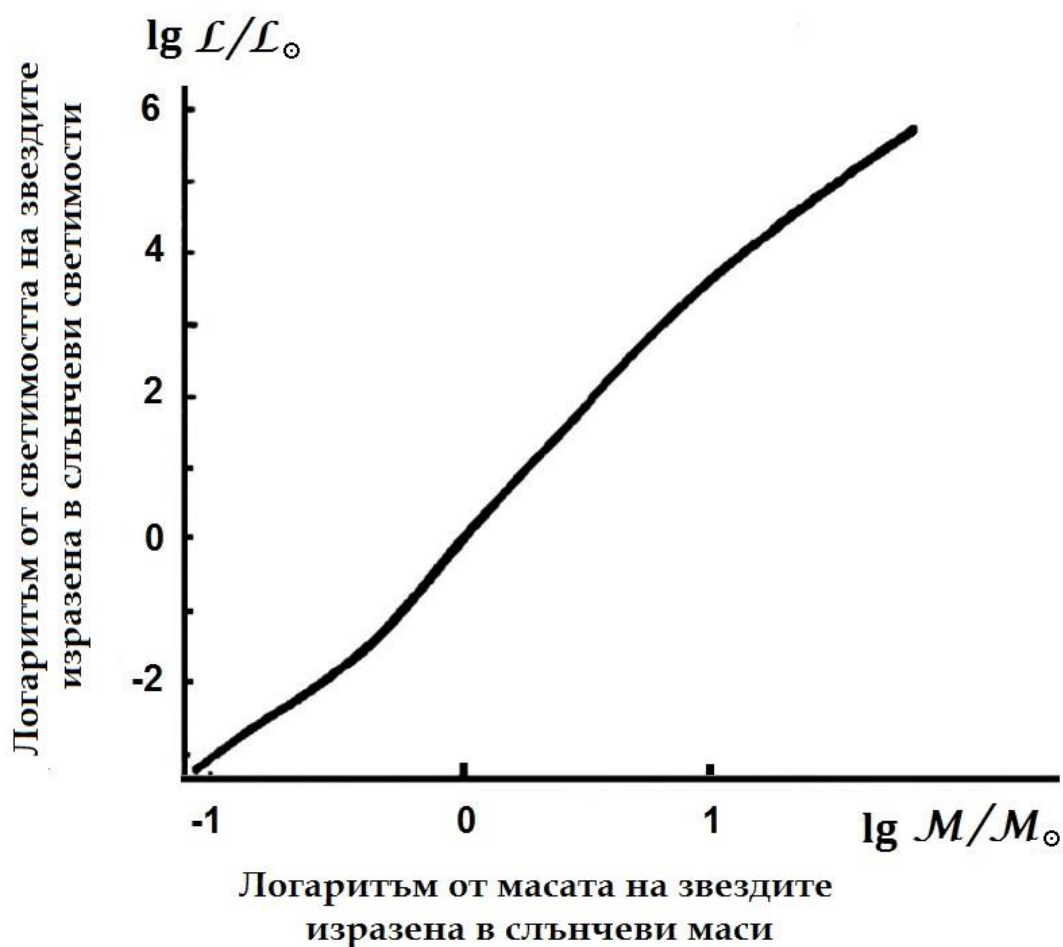
- А) Намерете необходимите данни и оценете неточността при определяне на моментите на начало (или край) на затъмненията на спътника Йо от сянката на Юпитер.

- Б) Доколко тази неточност влияе върху определянето на скоростта на светлината?

**5 задача. Надежда за живот.** През последните 25 години с различни земни и космически телескопи се откриват хиляди екзопланети – планети около други звезди. Специален интерес представляват планетите, които са подобни по своите параметри на Земята и се намират в така наречените обитаеми зони около своите звезди.

- А) Нека да наречем среден радиус на обитаемата зона около една звезда разстоянието, на което планетата би получавала същото количество лъчиста енергия от звездата, каквото получава Земята от Слънцето. Изведете обща формула, свързваща средния радиус на обитаемата зона  $r_{hz}$ , изразен в астрономически единици, със светимостта на звездата  $L_{st}$  и светимостта на Слънцето  $L_{\odot}$ .

- Б) Екзопланета обикаля по орбита с радиус, равен на средния радиус на обитаемата зона около звезда с маса 1.2 слънчеви маси. Като използвате дадената диаграма на зависимостта на светимостта на звездите от тяхната маса, определете светимостта на звездата и радиуса на орбитата на планетата в астрономически единици.



Зависимост на светимостта от масата за звезди от Главната последователност на диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел

**6 задача. Големият телескоп.** Основният метод за откриване на извънслънчеви планети е по метода на пасажите. При него планетата преминава пред диска на звездата, намалявайки много слабо нейния блясък – от една десетохилядна до няколко хилядни от звездната величина. Освен че тези наблюдения изискват много голяма фотометрична точност, но и при много малък процент от планетните системи равнината на орбитата

съвпада или е много близка до лъча на зрение, което позволява да наблюдаваме частично затъмняване на диска на звездата. Затова се възлагат големи надежди на спектралния метод за откриване и изследване на други планетни системи. При него се изследва движението на звездата около общия център на масите на звездата и планетите, които може да са една или повече. Наблюдава се със спектрограф изместването на линиите в спектъра на звездата вследствие на ефекта на Доплер.

Наблюдаваме звезда, около която по кръгова орбита с радиус 1.4 астрономически единици се движи планета, подобна на Земята. Масата на звездата е 1.2 слънчеви маси.

- Най-добрите съвременни спектрографи позволяват да се изследват лъчевите скорости с точност около 1 m/s. Може ли с тях да се открие планетата около тази звезда?

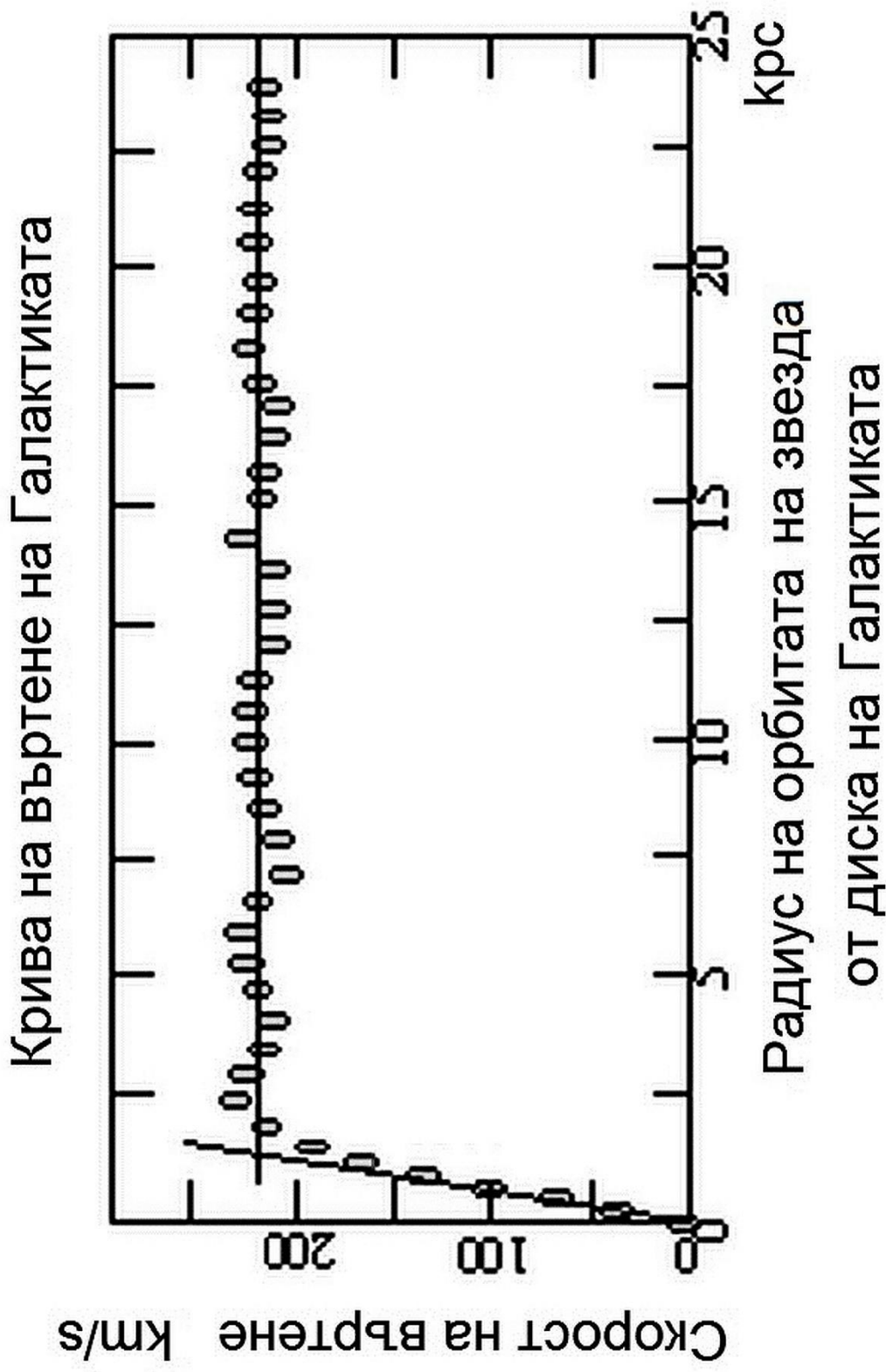
- В момента Европейската Южна Обсерватория строи 39-метров телескоп, който ще разполага със спектрограф, позволяващ да се измерват лъчевите скорости с точност 2 cm/s. Ще може ли с този инструмент да се откриват и изследват планети от земен тип около подобни звезди?

Разгледайте страницата на олимпиадата в Интернет: <http://astro-olymp.org>

В раздела, наречен “Пищов” има информация, която ще ви помогне да решавате астрономическите задачи. Засега тази информация е изложена във вид, който е подходящ повече за учениците от VII до XII клас.

Решенията на задачите напишете ръкописно или ги наберете на компютър, ако желаете, но в тях не трябва да има никакви текстове или схеми и картинки, които са копирани отнякъде – всичко трябва да направите вие сами. Могат да се копират единствено изображенията, включени в условията на самите задачи и върху тях могат да се правят допълнителни построения и добавки, които представляват част от решението на задачата. Ръкописните решения подгответе в електронен вид като сканирате изписаните листи или като ги фотографирате с вашия телефон или фотоапарат. Готовите решения във вид на сканирани изображения (ако сте ги написали ръкописно), или във вид на текстови файлове (ако сте ги набрали на компютър), изпратете на вашите учители по предмета “Човекът и природата” за V-VI клас, или по физика за VII-XII клас. Предварително обсъдете с учителите електронния формат, в който могат да бъдат решенията и начина, по който можете да им ги изпратите.

**Краен срок за предаване на решенията – 15 януари 2021 г. (петък).**



Фиг. 1. Линейна скорост на движение на обектите от диска на Галактиката около нейния център. Към Задача 1.