

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг на олимпиадата по астрономия

I тур – 20 април 2019 г., гр. Стара Загора

Възрастова група IX-X клас

1 задача. Космонавти изследователи. Вие участвате в космическа експедиция, която изследва екзопланета, лишена от атмосфера и обикаляща около далечна звезда. Планетата има радиус R и се върти около оста си с период P . Нейният спътник се движи по кръгова орбита над екватора на планетата в същата посока, в която тя се върти около оста си. Радиусът на орбитата на спътника е $2R$.

Земният звездолет влиза в кръгова екваториална орбита около планетата, като се движи в посока обратна на нейното околоосно въртене. Радиусът на орбитата му е $8R$, а орбиталният му период е $8P$. От звездолета на повърхността на планетата се спускат два малки кораба с двама космонавти изследователи – Вие и Ваш колега. Корабите кацат в две диаметрално противоположни точки от екватора.

- А) Вие излизате от вашия кораб и виждате в зенита спътника на планетата. След колко време спътникът ще прелети над точката, където е кацнал корабът на Вашия колега? Тук и в следващите две подусловия изразявайте времето в единици, равни на периода на въртене на планетата P .

- Б) През какъв интервал от време земният звездолет ще преминава през зенита за вас?

- В) Когато звездолетът се появява над хоризонта, Вие установявате радиовръзка с екипажа. Колко време ще можете да поддържате тази връзка непрекъснато до скриването на звездолета под хоризонта?

- Г) Да предположим, че планетата има същата маса и същия радиус като Земята. Ако Вашата маса заедно със скафандъра е 100 kg , то колко килограма ще тежите на екватора на планетата? Премете, че планетата е с кълбовидна форма.

2 задача. Звезда в комина. Вие сте ентузиазиран старозагорски астроном, силно възмутен от светлинното замърсяване в във Вашия роден град. За да излезете пред авторитетните фактори с научно обосновано искане, Вие се затваряте на дъното на един от комините в промишлената зона на града. Нощем виждате само малко кръгче от звездното небе над Вас. Искате да докажете, че светенето на нощното небе в града е не 22^m , както е нормално, а 19^m на квадратна дъгова секунда и се губят цели 3 звездни величини от проникателната способност на телескопите. С Вас е единствено любимата ви черна котка, която не пречи с отразена светлина на Вашите наблюдения.

С новата си камера Вие измервате светенето на кръгчето нощно небе над Вас. После забелязвате, че една ярка звезда започва да се вижда в отвора на комина. Това е звездата Алмаак, γ Андромеда, от звездна величина 2.1^m . Измервате осветеността от нея и виждате, че е равна на осветеността от тази част от нощното небе, която се вижда в комина. Правите необходимите пресмятания и намирате радиуса на кръгчето небе, което виждате над Вас, в дъгови минути. Резултатът потвърждава предположението за загубата на 3 звездни величини.

- Височината на комина е 79 метра. Какъв е диаметърът на отвора на комина?

3 задача. Черната дупка в М87. Вероятно Вие добре знаете, че миналата седмица бе оповестено публично първото директно получаване на изображение на черна дупка. Тя се намира в гигантската елиптична галактика М 87, която е най-масивният член на купа от галактики в съвездието Дева (Virgo cluster). Изображението е резултат от комбиниране на кадри, получени с телескопите, които са част от колаборацията Event Horizon Telescope (ЕНТ). С помощта на това наблюдение стана възможно да се тества Общата теория на относителността и да се определи директно масата на централната черна дупка.

Предлагаме Ви да повторите повторите тази оценка. За целта разполагате с полученото изображение на черната дупка в М87, като е даден и ъгловият му мащаб. Известно е също така, че червеното отместване, което се наблюдава в спектъра на галактиката М87 поради разширението на Вселената, е 0.00428. В центъра на изображението се вижда една кръгла тъмна област. Това е т.нар. сянка на черната дупка, т.е. областта около центъра, от която ние не получаваме никакво електромагнитно лъчение. Контрастът в тази област е изкуствено повишен. Съгласно теорията, радиусът на сянката е 2.6 пъти по-голям от радиуса на Шварцшилд на черната дупка. Използвайки изображението и дадените в условието данни, намерете масата на черната дупка в центъра на галактиката М87 (за предпочитане, в единици слънчеви маси).

Полезна информация:

- Скоростта V , с която една галактика се отдалечава от нас поради разширението на Вселената, се задава със закона на Хъбъл: $V = H \cdot r$, където r е разстоянието до галактиката, а $H = 70 \text{ (km/s)/Mpc}$ е константата на Хъбъл.
- Радиус на Шварцшилд е радиусът на една мислена сфера около черната дупка, на чиято повърхност гравитационното поле е такова, че втора космическа скорост е равна на скоростта на светлината.

4 задача. Сложните движения на Луната. Разполагате с 12 снимки на Луната, заснети в 12 последователни пълнолуния (Фиг.2.). Първата от тях е направена в нощ, когато Луната освен в пълнолуние е била и недалеч от перигея на своята орбита. Понякога подобно съвпадение се нарича от журналистите „Суперлуна“.

- А) Опитайте се да начертаете орбитата на Луната, като използвате информацията от комплекта със снимките в пълнолуние. Приемете, че когато разстоянието до нея е максимално, то ще се изобразява с отсечка примерно 100 милиметра. Кръг с подобен радиус може да се помести на лист формат А4. Начертайте този кръг на листа. Цялата възстановена орбита на Луната ще се събере в кръга. Орбитата трябва да бъде построена така, че Луната да се движи по нея в посоката, в която би се виждала от наблюдател, издигнал се над северния полюс на Земята.

Разбира се, може да се работи и с по-малка окръжност, но точността на работата ще намалее. Направете пресмятанията за разстоянията до Луната в милиметри с точност 1-2 десети от милиметъра. Опитайте се да работите и графично с подобна точност.

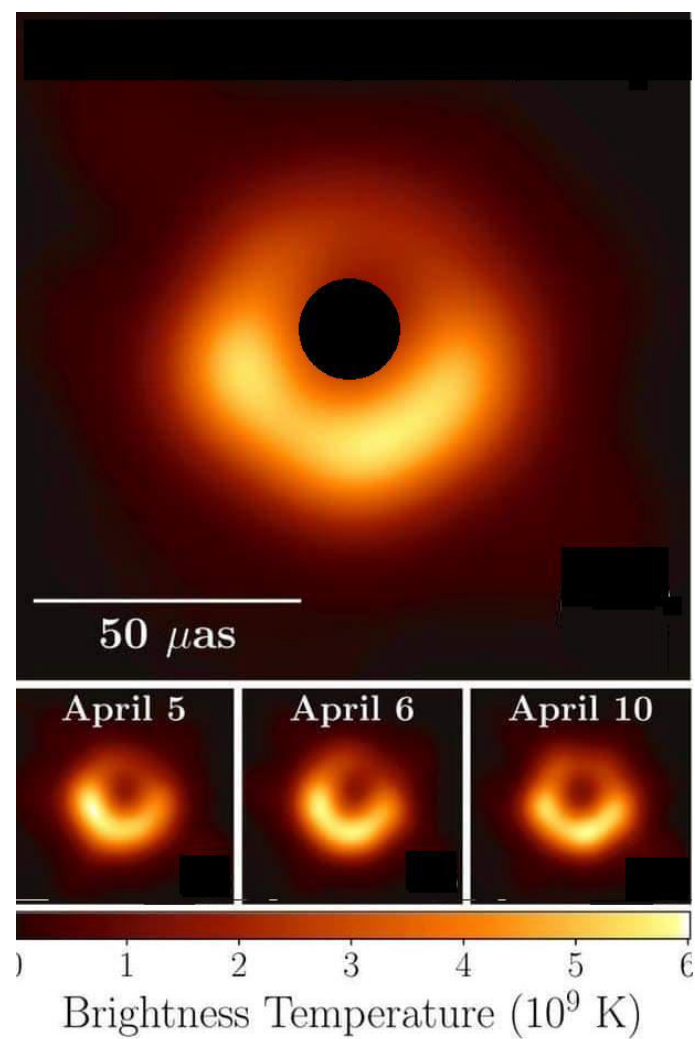
След като нанесете всички точки на правилните разстояния и ъгли, прекарайте внимателно през тях крива, но не криволичеща, а линия, която плавно ги описва. Тази линия ще представлява схема на орбитата на Луната, построена в някакъв мащаб.

Дайте кратко описание на вашите действия и обяснение на методите, които използвате – особено това как сте пресметнали разстоянията в милиметри и ъглите между индивидуалните положения на Луната в градуси.

- Б) На 14 ноември 2016 година, когато е направена първата снимка, Луната е преминала през перигея на своята орбита. Разстоянието от Земята до Луната е било само 356512 км. Като използвате построената от Вас орбита на Луната направете необходимите измервания и определете голямата полуос на лунната орбита в

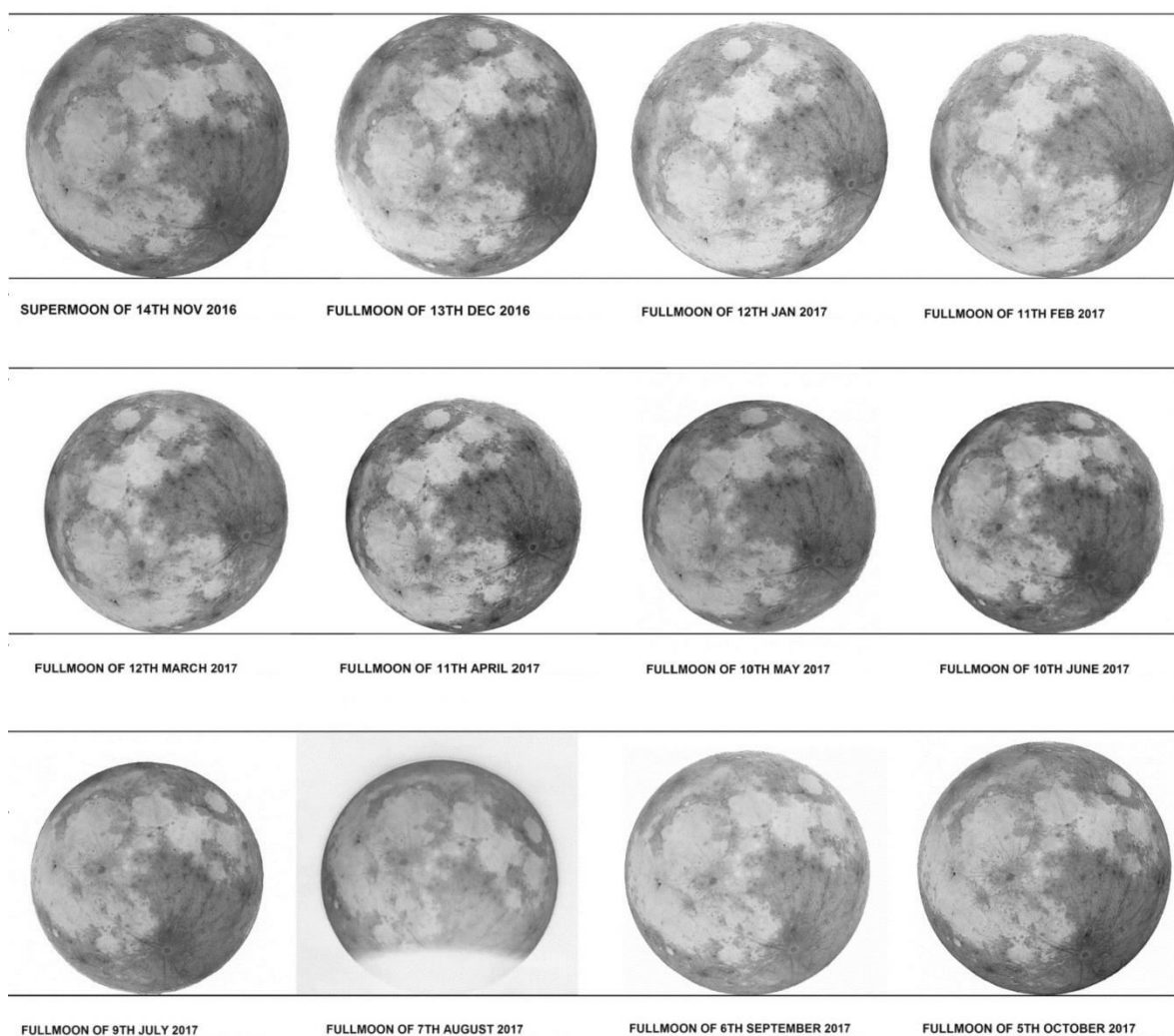
километри. Периодът на обикаляне на Луната около Земята е 27.32 денонощия. Пресметнете масата на Земята.

Гравитационна константа $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg.s}^2$



Изображение на черната дупка в галактиката М 87.

FULL MOONS OF A YEAR (NOV 2016 - OCT 2017)



Фиг.2. Луната в пълнолуние за 12 последователни месеца.

XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
19-21 април 2019 г., Стара Загора

Тест 9-10 клас
90 min

Не предавайте този лист!

1. От всички известни планети в Слънчевата система Земята има:

- A) най-голяма втора космическа скорост на повърхността
- B) най-дълго звездно денонощие
- C) най-голяма средна плътност
- D) най-голям ексцентрицитет на орбитата
- E) най-голям орбитален период

2. Кой от изброените спътници в Слънчевата система има най-голям размер:

- A) Луната
- B) Йо
- C) Тритон
- D) Фобос
- E) Титан

3. Между кои две звезди (от дадените) ъгловото разстояние по небето е най-голямо:

- A) Вега и Денеб
- B) Бетелгейзе и Ригел
- C) Алтаир и Сириус
- D) Полярната звезда и Дубхе
- E) Кастор и Полукс

4. Каква е температурата на звезда от спектрален клас A0?

- A) 5 000 K
- B) 30 000 K
- C) 7 000 K
- D) 10 000 K
- E) 20 000 K

5. Числото на Волф е:

- A) константа в термодинамиката
- B) параметър в Теорията на относителността
- C) индекс на Слънчевата активност
- D) отношение между броя на астероидите и кометите в Слънчевата система
- E) единица мярка за гравитационно привличане

6. С най-голям ексцентрицитет е орбитата на:

- A) Меркурий
- B) Венера
- C) Марс
- D) Юпитер
- E) Сатурн

7. Какъв по вид е обектът M101?

- A) кълбовиден звезден куп
- B) планетарна мъглявина
- C) спирална галактика
- D) разсеян звезден куп
- E) емисионна мъглявина

8. Какъв е приблизително характерният период на променливост на пулсиращите променливи звезди от тип Мира (o Ceti)?

- A) 1 час
- B) 1 ден
- C) 1 седмица
- D) 1 месец
- E) 1 година

9. Слънцето има 109 пъти по-голям радиус от Земята и кръгова скорост на повърхността (т.е. първа космическа скорост) 55 пъти по-голяма от тази на Земята. Колко пъти средната плътност на Земята е по-голяма от тази на Слънцето?

10. Звездата Бетелгейзе се намира на разстояние 222 pc от Земята. Нейният радиус е 900 пъти по-голям от този на Слънцето. Собственото движение на Бетелгейзе спрямо другите звезди по небето е 29.8" (дъгови секунди) за 1000 години. За колко дни Бетелгейзе се премества по небето на ъглово разстояние, равно на видимия си ъглов размер?

11. Наблюдател, чийто телескоп е с фокусно разстояние на обектива 1.2 метра, иска да постигне увеличение при визуални наблюдения поне 50 пъти. Колко милиметра е максималното възможно фокусно разстояние на използвания окуляр, така че това условие да бъде изпълнено?

12. Планета с много разреждана атмосфера, въртяща се около оста си за 1 ден, обикаля по голяма орбита около звездата си. Когато е най-близко до звездата, средната температура на повърхността на планетата е -100°C , а когато е най-далече средната температура е -150°C . Какъв е ексцентрицитетът на орбитата на планетата?

13. Луната изгрява средно 50.5 минути по-късно, отколкото на предния ден. Средно колко минути по-късно би изгрявала Луната спрямо предния ден, ако орбитата ѝ около Земята беше двойно по-голяма на размер?

14. Колко минути е максималната продължителност на окултация (покрытие) на звезда от Юпитер по време на опозиция (противостояние) на Юпитер, за земен наблюдател? Приемете, че Юпитер се движи по кръгова орбита с радиус 5.20 AU, лежаща в равнината на земната орбита, и има екваториален диаметър 142 980 km.