

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии.
II (муниципальный) этап.
2024-2025 учебный год.
11 класс. Ответы.

1. Ученые - астрономы. (8 баллов)

Сопоставьте имена ученых-астрономов и их открытия. Ответы нужно представить в следующем формате, например: 1 – А, 2 – Б, 3 – В, и т.д.

| | | | |
|----|---|----|---|
| 1. | Немецкий астроном Г. Швабе | А. | Первооткрыватель планеты Уран. |
| 2. | Астрофизик и космолог XX века Эдвин Хаббл | Б. | Наиболее известен как автор гелиоцентрической системы мира, положившей начало первой научной революции |
| 3. | Итальянский физик Галилео Галилей | В. | Составил первый в Европе звёздный каталог, включивший точные значения координат около тысячи звёзд. Новшеством при составлении каталога явилась система звёздных величин: звёзды первой величины самые яркие и шестой – самые слабые, видимые невооружённым взглядом. |
| 4. | Фредерик Гершель | Г. | Основательно изменил понимание Вселенной, подтвердив существование других галактик, а не только нашей (Млечный Путь). В 1929 году обнаружил зависимость между красным смещением галактик и расстоянием до них. В честь него названа постоянная, которая связывает расстояние до внегалактического объекта (галактики, квазара) со скоростью его удаления. |
| 5. | Английский астроном Эдмунд Галлей | Д. | Одним из первых использовал телескоп для наблюдения небесных тел и сделал ряд выдающихся астрономических открытий. Например, обнаружил у Юпитера наличие спутников. |
| 6. | Первый крупный русский учёный-естествоиспытатель М.В. Ломоносов | Е. | Открыл солнечный цикл с длительностью около 11 лет. Этот цикл характеризуется довольно быстрым (в среднем примерно за 4 года) увеличением числа солнечных пятен, а также другими проявлениями солнечной активности, и последующим, более медленным (около 7 лет), его уменьшением. |
| 7. | Николай Коперник | Ж. | Наблюдая прохождение Венеры по солнечному диску, обнаружил наличие у неё атмосферы. |
| 8. | Древнегреческий астроном Гиппарх Никейский | З. | Наиболее известен исследованиями кометы, которой присвоено его имя. Он показал периодичность её появления и высказал мнение об аналогичном поведении других комет. |

Решение. 1 – Е, 2 – Г, 3 – Д, 4 – А, 5 – З, 6 – Ж, 7 – Б, 8 – В.

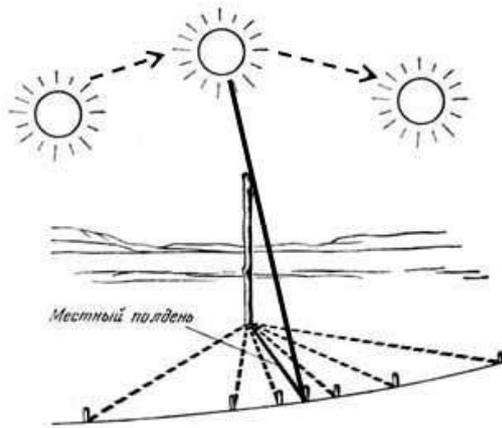
Оценивание. За каждый правильный ответ – 1 балл.

Всего до 8 баллов.

2. Движение Солнца. (8 баллов)

Эклиптика – большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое с Земли годичное движение Солнца относительно звёзд. Соответственно, плоскость эклиптики – это плоскость обращения Земли вокруг Солнца (плоскость земной орбиты). Угол наклона эклиптики к небесному экватору составляет $23,5^\circ$.

- В каком интервале будет меняться склонение δ Солнца в течение года?
- Чему будут равны значения прямого восхождения α и склонения δ Солнца в день зимнего солнцестояния?
- Какой длины тень L будет отбрасывать гномон (см. рис. 2) высотой $H = 1\text{ м}$ в ясный день летнего солнцестояния в Вологде (географическая широта $\varphi = 59^\circ$) в момент верхней кульминации Солнца?



Решение.

- Склонение δ Солнца в течение года будет меняться в интервале от $-23,5^\circ$ до $+23,5^\circ$.
- Значения прямого восхождения α и склонения δ Солнца в день зимнего солнцестояния будут равны:

$$\alpha = 18^{\text{ч}} 0^{\text{м}} 0^{\text{с}}, \delta = -23,5^\circ.$$

- Для всех городов России максимальной высоты над горизонтом Солнце достигнет верхней кульминации в день летнего солнцестояния.

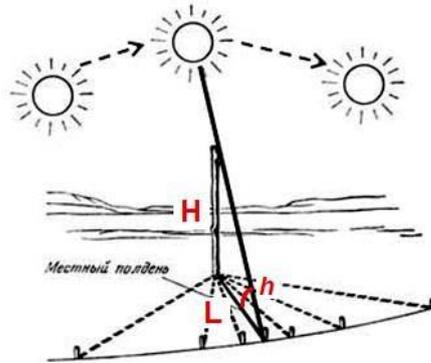
Найдем эту высоту:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 59^\circ + 23,5^\circ = 54,5^\circ.$$

Чем больше высота Солнца над горизонтом, тем больше угол падения его лучей на поверхность Земли, и тем меньше длина отбрасываемой тени (см. рисунок).

$$\operatorname{tg} h = H / L.$$

Отсюда искомая длина тени: $L = H / \operatorname{tg} h = 0,71 \text{ м} = 71 \text{ см}.$



Оценивание.

Пункт а) решения (правильно указан интервал для значений склонения) – 2 балла.

Пункт б) решения (правильно указаны координаты Солнца в день зимнего солнцестояния) – 2 балла.

Пункт в) решения (правильно определена длина тени) – 4 балла.

Всего до 8 баллов.

3. Полнолуние (8 баллов)

Полнолуние – фаза Луны, при которой разность эклиптических долгот Солнца и Луны равна 180° . Это означает, что плоскость, проведенная через Солнце, Землю и Луну, перпендикулярна плоскости эклиптики. Луна в полнолунии имеет вид правильного светящегося диска. В какое время года Луна в полнолунии поднимается на максимальную высоту и почему?

Решение.

1. Двигаясь по эклиптике, Солнце отходит дальше всего от экватора в сторону северного полюса мира 22 июня, при этом, Солнце поднимается на максимальную высоту. В день зимнего солнцестояния Солнце поднимается на минимальную высоту над горизонтом.

2. Поскольку в условии задания указано полнолуние, то Луна находится противоположно Солнцу. Луна движется почти по эклиптике (угол наклона к эклиптике всего 5°).

3. Таким образом, зимой Луна поднимается выше над горизонтом, чем летом.

Оценивание.

Пункт 1 решения – 4 балла.

Пункт 2 решения – 2 балла.

За правильный ответ – 2 балла.

Всего до 8 баллов

4 . Наблюдения Венеры. (8 баллов)

Радиолокационными методами установлено, что кратчайшее расстояние между Землёй и Венерой равно 0,28 а.е. Каков период обращения Венеры вокруг Солнца? Как часто повторяются такие положения Земли и Венеры? Орбиты обеих планет считать окружностями, лежащими в одной плоскости.

Решение.

В момент наибольшего сближения Земли и Венеры обе планеты в условиях задачи лежат на одной прямой с Солнцем. Следовательно, расстояние Венеры от Солнца равно

$$a_B = a_3 - 0,28 = 1 - 0,28 = 0,72 \text{ (а.е.)}$$

Период обращения Венеры найдем по третьему закону Кеплера:

$$\frac{T_B^2}{T_3^2} = \frac{a_B^3}{a_3^3}$$

Учитывая, что $T_3 = 1$ год и $a_3 = 1$ а.е., получаем

$$T_B = \sqrt{0,72^3} = 0,61 \text{ (года)} = 223 \text{ (сут.)}$$

Это будет сидерический период. Чтобы узнать, как часто бывают «встречи» Земли и Венеры, нужно найти синодический период. По известной формуле

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_3}$$

Тогда получаем $S = 573$ сут.

Оценивание.

Определение большой полуоси орбиты Венеры – 1 балл.

Запись 3-го закона Кеплера и определение периода обращения Венеры вокруг Солнца – 4 балла.

Запись синодического уравнения и определение синодического периода – 3 балла.

Примечание. Если участник определяет период обращения из справочных данных, то за это выставляется только 1 балл, если синодический период определяется из справочных данных, то за это выставляется 2 балла. Максимальная оценка за решение в этом случае – 3 балла.

Всего до 8 баллов.

5. Юпитер и спутники. (8 баллов)

В 1610 году Галилео Галилей открыл четыре спутника планеты Юпитер. В небольшой телескоп или бинокль они видны как яркие точки, медленно меняющие своё положение относительно планеты. Орбиты всех галилеевых спутников Юпитера близки к круговым лежат вблизи плоскости экватора планеты (см. таблицу 2).

На фотографии (рис. 1, негативное изображение) показан Юпитер, три его спутника и звезда σ Aгі. Во время съёмки один из спутников располагался за планетой. На Юпитере заметны «полосы», это устойчивые зональные ветры, постоянно дующие параллельно экватору планеты в одном направлении. Определите, под каким номером на снимке показана звезда. Ответ обоснуйте.

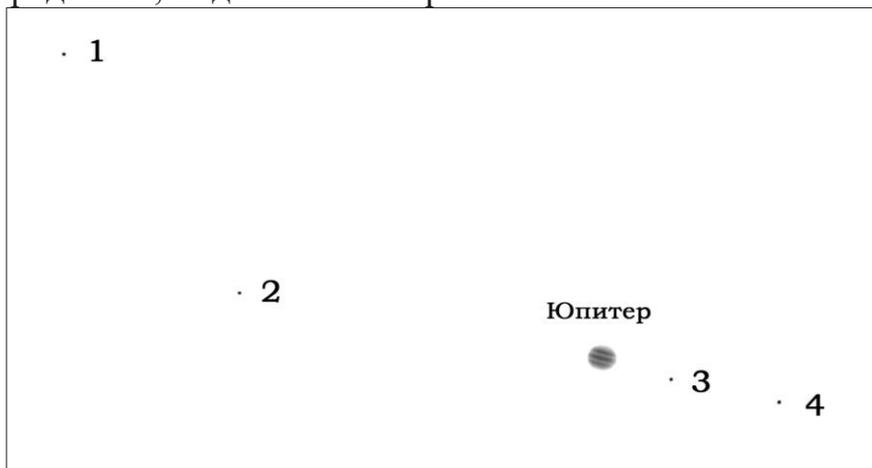


Рис. 1. Юпитер, спутники и звезда (негатив)

| Характеристики орбит галилеевых спутников Юпитера | | | | | | |
|---|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|--|--------|
| Спутник Юпитера | Размеры, км | Большая полуось | | Орбитальный период, сутки | Наклон орбиты спутника к плоскости экватора Юпитера, ° | |
| | | км | экваториальный диаметр Юпитера | | | |
| I | Ио | 3643 | 421 700 | 2,95 | 1,77 | 0,050° |
| II | Европа | 3122 | 671 034 | 4,69 | 3,55 | 0,471° |
| III | Ганимед | 5262 | 1 070 412 | 7,49 | 7,15 | 0,204° |
| IV | Каллисто | 4821 | 1 882 709 | 13,17 | 16,69 | 0,205° |

Таблица 2

Решение.

Ответ: Звезда на снимке под номером 1.

1 способ аргументации. Согласно данным таблицы все галилеевы спутники Юпитера вращаются в плоскости близкой к плоскости экватора планеты, максимальный наклон орбиты у Европы не превышает 1° (1)

Плоскость экватора Юпитера при наблюдениях была близка к плоскости орбиты Земли (к плоскости эклиптики). Об этом свидетельствует расположение «полос» на Юпитере, наблюдатель видит их «с ребра». Орбиты спутников тоже располагаются к наблюдателю почти «ребром» (2).

На фотографии объекты под номерами 2, 3, 4 лежат вблизи линии, проведенной через экватор Юпитера, и только объект номер 1 имеет значительное угловое отклонение, т.е. не может являться спутником (3).

2 способ аргументации. Можно определить на каком расстоянии в проекции на плоскость фотографии располагается самый дальний объект под номером 1 (4).

Расстояние до него от центра Юпитера на снимке составляет около 26 диаметров Юпитера (измерения проводим линейкой) (5).

Самый дальний из перечисленных спутников, Калисто, удаляется от Юпитера не более, чем на 13,17 диаметров Юпитера (орбита близка к круговой) (1 балл). Значит, объект номер 1 не может являться спутником Юпитера, это звезда (6)

Оценивание.

Если дан только ответ без обоснования - 1 балл.

Если дан ответ и приведена аргументация, то баллы распределять следующим образом.

1 способ аргументации.

Утверждение (1) 2 балла

Утверждение (2) 4 балла

Утверждение (3) 2 балла

2 способ аргументации.

Утверждение (4) 2 балла

Утверждение (5) 3 балла

Утверждение (6) 3 балла

Всего до 8 баллов.

6. Яркость двойных звезд. (10 баллов)

Двойная звезда представляет собой систему, состоящую из двух звезд, связанных между собой гравитационными силами. Обе звезды, входящие в систему, вращаются вокруг их общего центра масс. Двойные звёзды – весьма распространённые объекты. Ученые утверждают, что они составляют примерно половину всех звезд во Вселенной. Астроном Звездочкин, наблюдающий за этими космическими объектами, определил, что одна двойная звезда состоит из двух звезд третьей величины $3m$, а другая – из одной звезды $2m$ и одной звезды $4m$. Какая из этих двойных звезд светит ярче?

Решение.

Следующие свойства помогают пользоваться видимыми звёздными величинами на практике:

1. Увеличению светового потока в 100 раз соответствует уменьшение видимой звёздной величины ровно на 5 единиц.

2. Уменьшение звёздной величины на одну единицу означает увеличение светового потока примерно в $K = 2,512$ раза.

Разница в одну звездную величину означает, что одна звезда ярче другой в K раз.

Если обозначить яркость звезды $4m$ за единицу, то яркость первой двойной звезды будет равна $(K+K) = 2K$, а второй – $(K/2+1)$. Очевидно, для любого значения K , превышающего единицу, второе выражение больше.

Оценивание.

Указание на то, что с уменьшением звездной величины на одну единицу световой поток увеличивается в K раз – 2 балла.

Определена яркость первой двойной звезды – 2 балла.

Определена яркость второй двойной звезды – 2 балла.

Сформулирован правильный ответ – 2 балла

Всего до 10 баллов.

Итого: 50 баллов