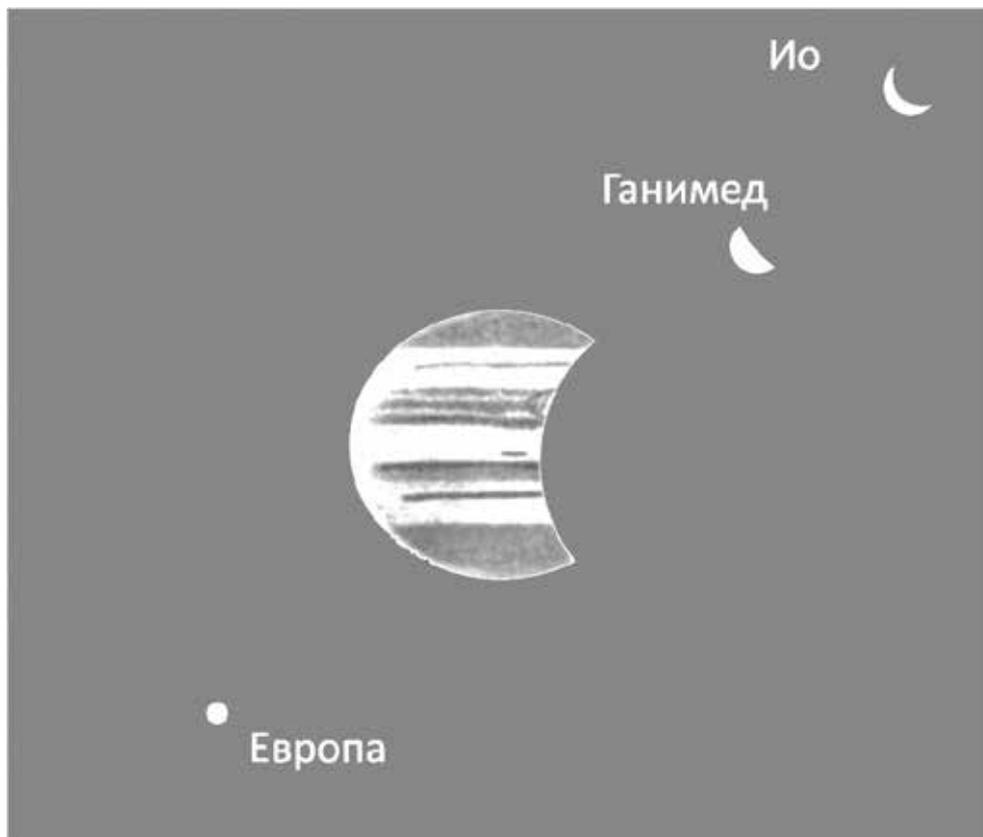




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ. 2018–2019 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 7 КЛАСС

**Задача №1**

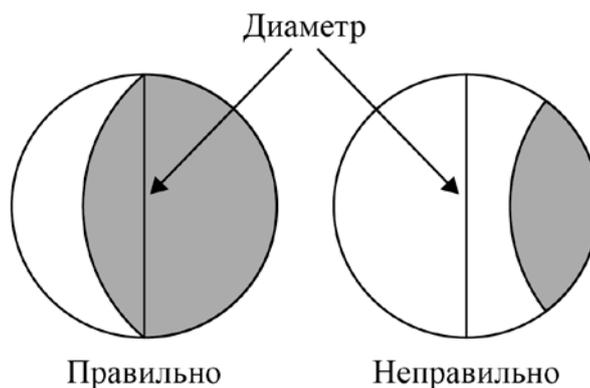
Один юный астроном-любитель рассказывал в школе, как он наблюдал Юпитер в свой 12-ти кратный бинокль. В качестве подтверждения своих слов он привёл зарисовку, выполненную им в ходе наблюдений. Найдите ошибки (как можно больше), допущенные автором рисунка. Объясните для каждой указанной Вами ошибки основание, по которому Вы считаете это ошибкой.



**Ответ:** весь рисунок – сплошные ошибки.

**Ошибки:**

1. У Юпитера нарисована слишком большая фаза. Сам вид фазы нарисован неверно. Объяснение: у Юпитера как у внешней планеты могут наблюдаться лишь незначительные изменения фазы. Крайние точки терминатора (для тел, показывающих изменение фазы) должны лежать на диаметре диска тела.



- Относительные размеры спутников указаны неверно. Объяснение: самый крупный спутник Юпитера – Ганимед, а диаметры Ио и Европы примерно равны друг другу. При этом указание на то, что какой-то спутник находится ближе к наблюдателю, чем другие, не может являться объяснением (как и ошибкой рисунка).
- Нарисованные размеры дисков спутников слишком большие по сравнению с диском Юпитера. Объяснение: диаметры спутников более чем в 25 раз меньше диаметра Юпитера.
- Спутники показывают фазы (причём разные) – такого быть не может (см. про фазы Юпитера). Как отдельная ошибка может быть указано то, что фазы у спутников нарисованы разные.
- Судя по рисунку фаз Ио и Ганимеда, источником света для спутников является сам Юпитер (или другой вариант – фазы всех тел на рисунке должны совпадать). Объяснение: так же, как и для других тел Солнечной системы, источником света для спутников планет является Солнце. Т. е. освещённой частью все тела должны быть направлены к Солнцу.
- Такие подробности нельзя увидеть в бинокль. Объяснение: не хватит увеличения, даваемого биноклем. *(Комментарий для жюри, приводить числа в решении не требуется: при увеличении в 12 раз наблюдениям доступны детали с угловыми размерами не меньше, чем «разрешение глаза»/12 или примерно 10". Диаметр диска Юпитера ~40", реальные диаметры дисков его крупных спутников ~1").*
- Спутники находятся в неправильном положении относительно планеты (точнее, её экватора, параллельно которому расположены полосы на диске). Объяснение: известно, что плоскости орбиты больших спутников Юпитера не сильно наклонены относительно экватора планеты. Это не всегда так, в принципе, спутники могут наблюдаться выше/ниже диска Юпитера, но величина углового расстояния между Юпитером и спутниками будет всё же меньше нарисованной.
- Нарисована большая степень сжатия диска Юпитера. Объяснение: известно, что большие планеты из-за вращения вокруг своей оси испытывают сжатие вдоль полярной оси. Однако у Юпитера это сжатие не так велико,

как нарисовано на рисунке (*цифры указывать не требуется, но это примерно 12% против 6.5% в действительности*).

9. Изображение Юпитера перевёрнуто (или другая формулировка – Большое красное пятно находится в верхней части диска Юпитера). Объяснение: Большое красное пятно должно быть нарисовано в нижней части диска, т.к. находится в Южном полушарии Юпитера. (*Комментарий для жюри: зарисовка сделана так, как будто наблюдения проводились в телескоп, который переворачивает изображение. Бинобль же предназначен для наблюдения земных объектов, поэтому строит прямое изображение*).

Ошибка «неправильный порядок в расположении спутников» или «Ганимед расположен ближе к Юпитеру, чем Европа/Ио» не является ошибкой и не оценивается.

Ошибка или объяснение «Спутники Юпитера (или указание одного из них) нельзя увидеть в бинокль» неверны и не оцениваются.

Отсутствие Каллисто на зарисовке ошибкой не является и не оценивается.

### ***Критерии оценивания:***

- По **1 баллу** за каждую найденную ошибку, но не более **5 баллов** за обнаруженные ошибки в сумме и не более **8 баллов** за задачу в сумме.
- По **1 баллу** за правильное объяснение каждой ошибки, но не более **5 баллов** за верные объяснения в сумме и не более **8 баллов** за задачу в сумме.

Участник может найти другую ошибку, не замеченную автором, – она оценивается так же в **2 балла (1 балл за ошибку и 1 балл за объяснение)** при условии реальности ошибки и корректности объяснения.

Некоторые ошибки могут быть объединены участником под одним номером (например, ошибки, связанные с фазами) – их надо оценивать отдельно.

Объяснения могут текстуально не совпадать с авторскими.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

### **Задача №2**

Выберите значения, которые НЕ могут являться массой звезды:

- 1) 10 кг
- 2) 100 млн тонн
- 3) 1000 млрд тонн
- 4) 1 миллиард триллионов тонн
- 5) 1 триллион триллионов триллионов кг

**Ответ:** 1, 2, 3, 4, 5 (ни одно из значений в условии не может быть массой звезды)

**Критерии оценивания:**

- Полностью правильный ответ оценивается в **8 баллов**.
- Ответ 1,2,3,4 оценивается в **5 баллов**.
- Ответ 1,2,3 оценивается в **3 балла**.
- Все другие варианты – **0 баллов**.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

**Задача №3**

На каких широтах (из приведённых ниже) можно в радиодиапазоне наблюдать восход центра нашей Галактики? Объясните свой выбор. Объясните, почему не подходят другие варианты.

- 1) 85° с.ш.
- 2) 90° с.ш.
- 3) 0°
- 4) 90° ю.ш.
- 5) ни на каких

**Ответ:** 3. На экваторе Земли все объекты небесной сферы восходят и заходят (кроме тех, что расположены в полюсах Мира).

Известно, что центр Галактики виден с Земли в направлении созвездия Стрельца. Это созвездие находится в южной небесной полусфере, Солнце в нём бывает в январе. Т. о. на Южном полюсе (ответ 4) центр Галактики является незаходящим объектом. На Северном полюсе (ответ 2) и в непосредственной близости к нему (ответ 1) центр Галактики – невосходящий объект. Поэтому наблюдать восходы невозможно. Можно сказать иначе – на полюсах Земли звёзды не восходят и не заходят, поэтому восход центра Галактики наблюдать на них невозможно.

**Критерии оценивания:**

- За правильный ответ – **4 балла**.
- Любые другие цифры или их сочетания оцениваются в **0 баллов**.
- По **1 баллу** за правильное объяснение по каждому пункту (по п. 5 объяснения могут отсутствовать; пп. 1–2 или 2–4 могут быть объединены в один, но оцениваются, как разные).

**Максимум за задачу 8 баллов.**

### Задача №4

Астрономы-профессионалы используют затмения звёзд краем Луны для измерения угловых размеров звёзд. При наблюдениях этим методом слабых звёзд очень важно иметь малую яркость фона, на котором наблюдается явление. При каких лунных фазах в средних широтах Земли лучше наблюдать покрытия звёзд, а при каких – их открытие краем Луны? Ответ поясните.

#### **Решение**

Чтобы фон был минимальным, необходимо наблюдать покрытия звёзд (и их «открытия») тёмным краем Луны. Луна среди звёзд движется в сторону, противоположную суточному вращению небесной сферы. Светлый край Луны направлен в сторону Солнца. Поэтому у растущей Луны (уходящей на небе от Солнца) светлый край будет со стороны, куда происходит суточное движение небесной сферы. Это значит, что покрытия надо наблюдать при фазах между новолунием и полнолунием, т.е. при растущей Луне, а открытия звёзд краем Луны – наоборот, при стареющей Луне при фазах между полнолунием и новолунием.



*Рисунок приведён для лучшего понимания объяснения. От участников он не требуется.*

#### **Комментарии к решению и обоснованию:**

1. Кроме фазы Луны, большую роль играет и влияние яркости сумеречного неба. Участник может учесть это, сказав, что наблюдать покрытия на фазах между новолунием и первой четвертью нельзя из-за близости Солнца (и открытия между последней четвертью и новолунием для открытия). Это не оценивается.
2. При приближении к полнолунию фон неба растёт, и наблюдать на фазах, близких к полнолунию, слабые звёзды не удастся. Это допускается не указывать при ответе, но допускается и учесть это.

**Ответ:** покрытия надо наблюдать при фазах между новолунием и полнолунием, т.е. при растущей Луне (или около первой четверти); открытия звёзд краем Луны надо наблюдать при фазах между полнолунием и новолунием, т. е. при стареющей Луне (или около последней четверти).

**Критерии оценивания:**

- Указание, что покрытие можно наблюдать при растущей Луне (это может быть сказано другими словами: в районе 1-й четверти или, например, на фазах между новолунием и полнолунием и т. п.) оценивается в **3 балла**, правильное объяснение оценивается в **1 балл**.
- Указание, что открытие краем можно наблюдать при стареющей Луне (это может быть сказано другими словами: в районе 3-й (последней) четверти либо, например, на фазах между полнолунием и новолунием и т. п.) оценивается в **3 балла**, правильное объяснение оценивается в **1 балл**.
- Ответ «при любой фазе» оценивается в **0 баллов**.

Бывает, что в решении учащийся пытается как-то выделить наблюдения в Северном и Южном полушариях Земли и путается при этом. Если ему не удалось верно сформулировать окончательный ответ, но при этом показано понимание происходящих явлений, ставится оценка **2 балла**.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

**Задача №5**

Определите, во сколько раз отличаются угловые диаметры Венеры и Меркурия, в те моменты, когда они проходят по диску Солнца. Радиус Венеры 6050 км, радиус Меркурия 2440 км. Орбиты всех планет считать круговыми. Радиус орбиты Венеры 0,72 а.е., радиус орбиты Меркурия 0,39 а.е.

**Решение**

Ответ в этой задаче может быть получен разными путями. Те, кто свободно владеют понятием углового размера, знают тригонометрические функции и разные единицы измерения угловых размеров, могут решить задачу способами, предложенными ниже. Остальные могут подойти к решению через рассуждения об изменении угловых размеров при изменении расстояния и линейных размеров тел (например, «Перенесём Венеру на орбиту Меркурия. Её угловой диаметр станет в  $(1-0,39)/(1-0,72) \approx 2,18$  раза меньше. Сожмём Венеру до размеров Меркурия. Её угловой диаметр уменьшится ещё в  $6050/2440 \approx 2,48$  раза. Итого, отношение угловых диаметров планет  $\approx 5,4$ »). Оба способа эквиваленты.

Угловые диаметры небесных тел определяются по формуле:

$$\alpha = \frac{2R}{L},$$

где R – радиус тела, а L – расстояние до него. Ответ при этом получается в радианах.

Конечно, угловой диаметр можно определить и через тригонометрические функции. Например,

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{L}$$

И, используя калькулятор, можно получить угол в градусной мере (или, при желании, в радианной).

Отношение угловых размеров тел при этом будет равно:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{R_1}{R_2} * \frac{L_2}{L_1}$$

Можно, не записывая формулу для отношения размеров, найти их по отдельности, а после этого вычислить искомую величину.

Определим расстояние между Землёй и Меркурием в момент прохождения Меркурия по диску Солнца. Все три объекта находятся на одной линии. Эта конфигурация называется нижнее соединение.

$$L_2 = 1 - 0,39 = 0,61 \text{ а.е.} = 0,61 \times 150 \text{ млн км} = 91,5 \text{ млн км}$$

Аналогично для Венеры:

$$L_1 = 1 - 0,72 = 0,28 \text{ а.е.} = 42 \text{ млн км}$$

И ответ:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{6050}{2440} * \frac{0,61}{0,28} \approx 5,4$$

(можно использовать расстояние в а.е., можно в км).

Если выбран путь решения через определение угловых размеров, то (в секундах дуги):

угловой диаметр Меркурия

$$\alpha_2 = \frac{2 * 2440}{91,5 * 10^6} * 206260 \approx 11''$$

и угловой диаметр Венеры

$$\alpha_2 = \frac{2 * 6050}{42 * 10^6} * 206265 \approx 59,4''$$

И та же величина отношения в ответе: 5,4.

**Ответ:** примерно 5,4

### **Критерии оценивания:**

- За определение расстояния до планеты в момент нижнего соединения – по **2 балла** за каждую (расстояние может быть определено отдельно, как в представленном здесь решении, или подставлено в конечную/промежуточную формулу в виде выражения).

- За получение правильного выражения для отношения угловых размеров планет **2 балла**.
- За вычисление величины отношения **2 балла** (либо **4 балла**, если решение велось без получения общего вида формулы для отношения угловых размеров).

Если в решении сказано, что планеты в описанном случае находятся в нижнем соединении, оценка увеличивается на **1 балл** (но не больше **8 баллов** в сумме).

Участник может хорошо знать условия, в которых происходят прохождения (либо просто помнить максимальные угловые размеры планет) – в этом случае он может написать: «известно, что в нижнем соединении угловой размер Венеры примерно равен  $1'$ » (или просто «максимальные угловые размеры» или указать несколько отличающуюся величину); аналогично для Меркурия можно указать величину  $\sim 10''$  и найти отношение этих величин. Такое решение также оценивается полным баллом.

Если приведён ответ без решения или указания на использованные известные угловые размеры планет, ставится оценка **2 балла**.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

**Всего за работу 40 баллов.**