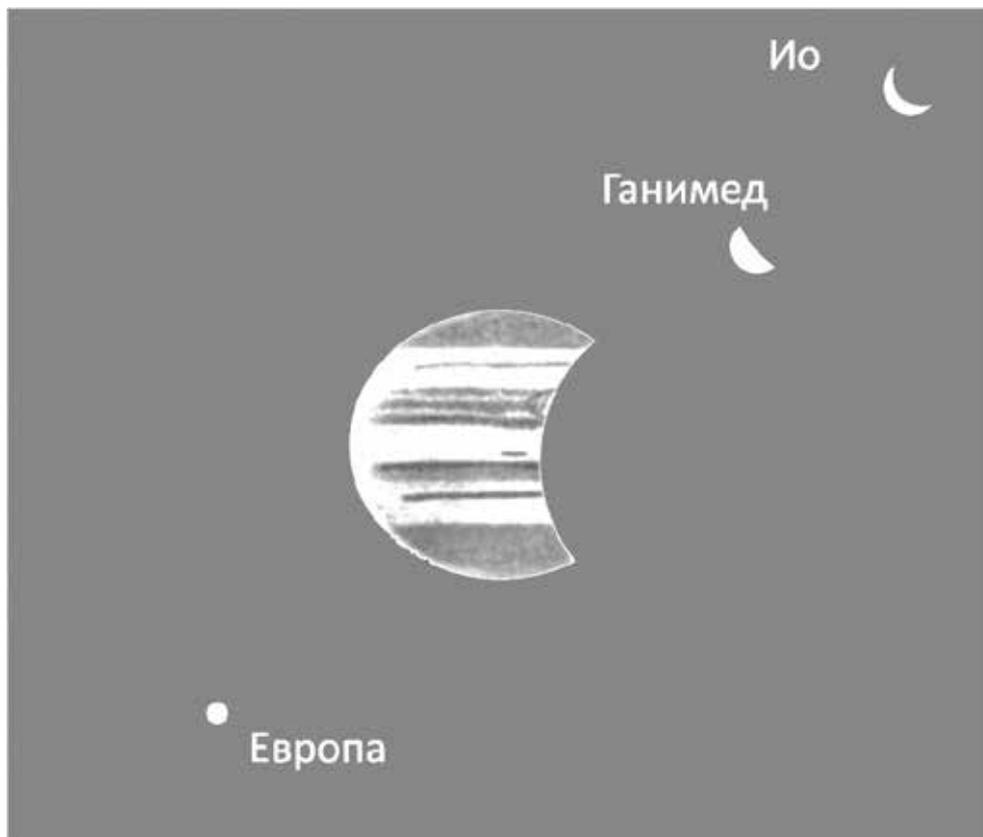




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ. 2018–2019 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

**Задача №1**

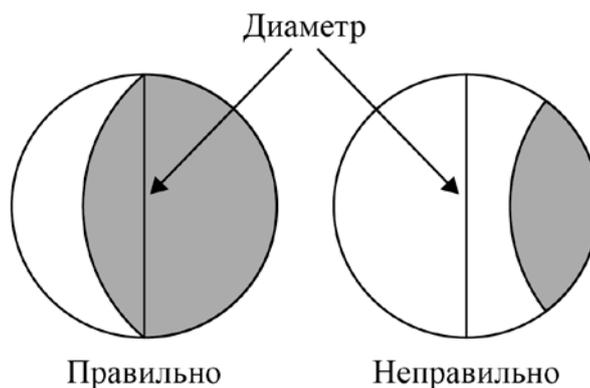
Один юный астроном-любитель рассказывал в школе, как он наблюдал Юпитер в свой 12-ти кратный бинокль. В качестве подтверждения своих слов он привёл зарисовку, выполненную им в ходе наблюдений. Найдите ошибки (как можно больше), допущенные автором рисунка. Объясните для каждой указанной Вами ошибки основание,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

Поле зрения телескопа при наблюдениях в синем цвете на длине волны 0.4 мкм имеет угловой диаметр 10'. Чему будет равно поле зрения этого телескопа при наблюдениях в ближнем инфракрасном диапазоне на длине волны 0.8 мкм? Поясните свой выбор. Во сколько раз во втором случае изменится угловое разрешение телескопа?

- 1) 2.5'
- 2) 5'
- 3) 10'
- 4) 20'
- 5) 40'

**Ответ:** 3. Поле зрения телескопа не зависит от длины волны, на которой проводятся наблюдения. Угловое разрешение телескопа во втором случае будет в 2 раза ниже (т.е. в 2 раза хуже).

**Критерий оценивания:**

- Правильный ответ оценивается в **3 балла**.
- Правильное обоснование оценивается в **3 балла**.
- Правильный ответ на вопрос об изменении разрешения оценивается в **2 балла** (объяснения не требуется).

**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.  $85^\circ$  с.ш.
2.  $90^\circ$  с.ш.
3.  $0^\circ$
4.  $90^\circ$  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). Другие ответы не подходят.

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

Любитель астрономии в разные дни получил три фотографии одного объекта Солнечной системы. Что это за объект? Ответ объясните.



#### **Решение**

На фотографии запечатлён объект, находящийся внутри орбиты Земли. Об этом говорит величина фазы, показывающая, что объект близок к нижнему соединению. Он находится достаточно далеко от Земли, т.к. за 8 дней наблюдений фаза поменялась не сильно – это позволяет нам исключить из возможных объектов Луну и астероиды, которые могут пролетать очень близко к Земле (у которых потенциально возможно наблюдение фаз с Земли; дополнительным аргументом против версии с астероидом может являться шарообразная форма тела на фотографии). При этом объект достаточно ярок и имеет большие угловые размеры для того, чтобы быть зарегистрированным любительскими средствами близко к соединению. Т.о. это может быть либо Венера, либо Меркурий. Но Меркурий имеет малый период обращений и за 8 дней показывает гораздо большее изменение фазы, чем видно на рисунке (изменение фазы у Меркурия становится похожим на таковое у Венеры лишь в те моменты, когда нижнее соединение совпадает с прохождением Меркурием афелия – он находится далеко от Солнца и движется по орбите медленно). Поэтому это Венера.

**Ответ:** Венера.

#### **Критерии оценивания:**

- Ответ «Венера» или «Венера или Меркурий» оценивается в **4 балла**.
- Ответ «Меркурий» оценивается в **2 балла**.
- Указание в обосновании того, что объект находится в нижнем соединении (или просто на то, что такие малые фазы могут наблюдаться только у тел, находящихся ближе к Солнцу, чем Земля), оценивается в **2 балла**.

- Указание в обосновании на малость изменения внешнего вида (или фазы) за время наблюдений оценивается в **2 балла**.

*Возможно выставление по отдельным пунктам не всех рекомендованных баллов. Например, «решение-ответ» в таком виде «Только Меркурий или Венера могут быть в такой маленькой фазе» должен оцениваться в 5 баллов – ставится 4 балла за указание планет и 1 балл по пункту о нижнем соединении (не только Меркурий и Венера могут показывать такие фазы, но и, например, Луна).*

**Максимум за задачу 8 баллов.**

### Задача №5

Космический телескоп будущего 1 июня 2100 г. был выведен на гелиоцентрическую орбиту, величина большой полуоси которой отличается от размера большой полуоси земной орбиты на 10%. Считая орбиты телескопа и Земли круговыми и лежащими в одной плоскости, определите дату (с точностью до недели), в которую Земля и космический телескоп вновь окажутся на одной прямой с Солнцем по одну сторону от него. Ответ запишите в виде DD-ММ-YYYY.

#### **Решение**

Определим период обращения космического аппарата (КА) вокруг Солнца. Возможно два варианта – орбита КА на 10% больше или на 10% меньше, чем у Земли. В первом случае КА движется по орбите с большой полуосью  $a = 1.1$  а.е., во втором случае  $a = 0.9$  а.е. Период обращения КА вокруг Солнца связан с размером большой полуоси через 3-й закон Кеплера:

$$\left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3 = \left(\frac{T}{T_{\oplus}}\right)^2,$$

где в знаменателях стоят величины большой полуоси и периода обращения Земли.

Тогда в первом случае  $T_{КА} = \sqrt{1,1^3} \approx 1,154$  лет,

во втором случае  $T_{КА} = \sqrt{0,9^3} \approx 0,854$  лет

Найдём период  $S$  повторения одинаковых конфигураций (в первом случае – противостояния, во втором – соединения) – синодический период обращения КА. В первом случае это будет формула для внешнего тела:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{КА}}$$

Отсюда  $S = 7,506$  лет  $\approx 7$  лет 185 дней (или  $S = 7,494$  лет  $\approx 7$  лет 180 дней – если в формулу подставлять уже округлённое значение  $T_{КА} \approx 1,154$ ).

Во втором случае – формула для внутреннего тела:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{КА}} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

Отсюда  $S=5,841$  лет  $\approx 5$  лет 307 дней (или  $S=5,849$  лет  $\approx 5$  лет 310 дней – если в формулу подставлять уже округлённое значение  $T_{КА} \approx 0,854$ ).

Теперь можно ответить на вопрос задачи. Для этого необходимо прибавить к дате 1.06.2100 соответствующее значение  $S$ . Это можно сделать разными способами. При требуемой точности в несколько дней можно не учитывать наличие високосных лет. 1.06.2100 примерно соответствует дата (в долях года)  $2100 + 5$  полных месяцев \*30 дней / 365  $\approx 2100,411$ .

Тогда в первом случае ответ:  $2100,411 + 7,506 = 2107,917$  или в требуемом формате 01-12-2107. Во втором случае ответ:  $2100,411 + 5,841 = 2106,252$  или в требуемом формате 02-04-2106.

*Возможен еще один вариант, который вряд ли был бы реализован на практике (из-за его дороговизны) – это запуск космического аппарата в сторону, противоположную движению Земли вокруг Солнца.*

*В этом случае для внешней и для внутренней орбиты формула для вычисления синодического периода будет одинакова:*

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} + \frac{1}{T_{КА}}$$

*Соответственно, в случае внешней орбиты  $S \approx 0,536$  года (или около 196 суток), а в случае внутренней орбиты  $S=0,461$  года (или 168 суток).*

*И ответ для этого случая будет  $2100,411 + 0,536 = 2100,947$  (или 14-12-2100 г.) для большей орбиты и  $2100,411 + 0,461 = 2100,872$  (16-11-2100 г.) для меньшей орбиты.*

**Ответ:** 01-12-2107 или 02-04-2106.

### **Комментарии**

1. Порядок дат в ответе может быть любым. Допустимые отклонения в ответе – не более 7 дней от указанных дат (т. е. для первого случая от 24-11-2107 до 08-12-2107, для второго случая от 25-03-2106 до 09-04-2106).
2. Критерии оценивания даны в соответствии с приведённым решением. Участник может следовать другим путём, объединяя разные этапы друг с другом, не получая промежуточные ответы и т. п. В этом случае можно оценивать соответствующие символьные выражения либо факт появления соответствующих величин в последующих формулах.
3. Метод решения может быть иным.

### **Критерии оценивания**

- Понимание, что будет 2 случая – орбита больше земной и орбита меньше земной - оценивается в **1 балл** (даже если, кроме этого, ничего не сделано).
- Запись формулы для 3-го закона Кеплера оценивается в **1 балл**.
- Вычисление периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по **1 баллу**.
- Вычисление синодического периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по **1 баллу**.
- Получение ответа с заданной точностью для каждого из случаев оценивается по **1 баллу**.
- Рассмотрение случая обратного движения КА **+2 балла**, но не более 8 баллов в сумме за задачу

Арифметическая ошибка снижает на **1 балл** оценку только того этапа, на котором она была допущена.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

### **Задача №6**

Видимая звёздная величина Луны в полнолунии равна  $-12,8$ . Оцените поверхностную яркость Луны в единицах «звездная величина с квадратной угловой секунды». Необходимые формулы и вычисления приведите в решении.

#### **Решение**

Известно, что угловой диаметр диска Луны примерно равен  $30'$  или  $1800''$ . Тогда площадь лунного диска в квадратных угловых секундах равна:

$$S = \pi R^2 = \pi * \left(\frac{1800}{2}\right)^2 = 2,54 * 10^6$$

Площадка поверхности Луны размером в 1 квадратную угловую секунду будет создавать на поверхности Земли освещённость  $E_1$  в  $S$  раз меньше, чем освещённость  $E_2$  от полной Луны. В соответствии с формулой Погсона для звёздных величин  $m_1$  площадки и  $m_2$  Луны можно записать:

$$m_1 - m_2 = 2,5 \lg \frac{E_2}{E_1} = 2,5 \lg S$$

Звездная величина 1 кв. угл. сек поверхности Луны будет равна:

$$m_1 = 2,5 \lg(2,54 * 10^6) - 12,8 = 3,2$$

**Ответ:** 3,2 звездной величины с 1 кв. угл. сек.

***Критерии оценивания:***

- Запись формулы Погсона (даже без её использования в решении) оценивается в **2 балла**.
- Этап вычисления площади лунного диска в квадратных угловых секундах с ответом в диапазоне  $2,5 \cdot 10^6$  (для радиуса Луны 15') –  $2,9 \cdot 10^6$  (для радиуса Луны 16') оценивается в **2 балла**.
- Вычисление поверхностной яркости оценивается **от 0 до 4 баллов** в зависимости от полноты и правильности.
- Каждая арифметическая ошибка снижает оценку на **2 балла**.

Итого, правильный ответ (допускается ответ в диапазоне 3 – 3,4 звездной величины с 1 кв. угл. сек) с решением оценивается в **8 баллов**. Только правильный ответ (при отсутствии решения) оценивается в **2 балла**.

**Максимум за задачу 8 баллов.**

**Всего за работу 48 баллов.**