

Пермский край
2025-26 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
7-8 КЛАССЫ

Решения олимпиадных заданий и критерии их оценивания
Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (8 баллов)

Созвездия северного полушария	Созвездия южного полушария
<i>Кассиопея</i>	<i>Райская Птица</i>
<i>Малая Медведица</i>	<i>Летучая Рыба</i>
<i>Дракон</i>	<i>Южный Крест</i>
<i>Жираф</i>	<i>Микроскоп</i>

Оценивание.

За каждый *правильный* ответ участник олимпиады получает 1 балл. За все правильно указанные ответы участник олимпиады получает 8 баллов.

Задание 2. (8 баллов)

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

Оценивание.

За каждый *правильный* ответ – 1 балл. За все правильно указанные ответы участник олимпиады получает 8 баллов.

Задание 3. (8 баллов)

Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Арктур	Меркурий	<u>Веста</u>	Андромеды
<u>Геркулес</u>	Марс	Каллисто	Ориона
Альдебаран	Уран	Ариэль	Кольцо
Бетельгейзе	<u>Плутон</u>	Титан	<u>Галлея</u>

Группа 1: Геркулес – созвездие северного полушария неба, все остальные – яркие звезды.

Группа 2: Плутон – карликовая планета, все остальные – обычные планеты Солнечной системы.

Группа 3: Веста – астероид в главном астероидном поясе, все остальные – спутники планет (Каллисто – спутник Юпитера, Ариэль – спутник Урана, Тритон – спутник Сатурна).

Группа 4: Галлея – это комета, все остальные - названия туманностей.

Оценивание.

За каждый правильно указанный астрономический объект – 1 балл, еще 1 балл – за правильное объяснение, почему он лишний. За все правильно указанные ответы с пояснениями участник олимпиады получает 8 баллов.

Задание 4. (8 баллов)

- 1) Околополярное созвездие Малой Медведицы (и, соответственно, астеризм Малый Ковш) является для широт Пермского края незаходящим за горизонт, то есть наблюдать его можно в любое темное время суток (ночью) в течение всего года.
- 2) Самая длительная ночь наступает в Пермском крае в день зимнего солнцестояния (около 21–22 декабря).
- 3) Поэтому дольше всего Малый Ковш на темном небе можно наблюдать именно в декабре, так как в другие месяцы ночи короче. Таким образом, ответ – в зимнее время года.

Оценивание.

- 1 пункт решения – 3 балла.
 2 пункт решения – 3 балла.
 3 пункт решения (указано правильное время года) – 2 балла.

Задание 5. (8 баллов)

- 1) В момент верхней кульминации светило поднимается на максимальную высоту над горизонтом.
- 2) Высота светила в верхней кульминации находится по известной формуле:

$$h = (90^\circ - \varphi) + \delta,$$

где φ – широта места наблюдения, а δ – склонение светила.

- 3) Верхняя кульминация звезды в зените означает, что высота $h = 90^\circ$.
- 4) Из пунктов 2 и 3 следует, что склонение звезды равно широте местности. Значит

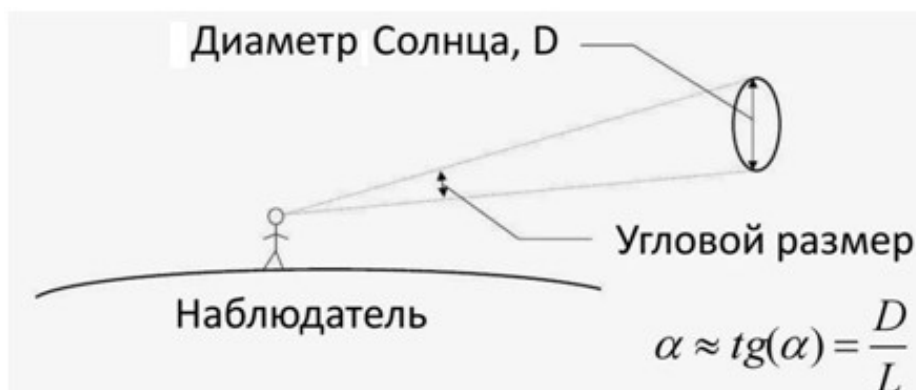
$$\delta = \varphi = 58^\circ.$$

Оценивание.

- 1 пункт решения – 2 балла.
 2 пункт решения – 2 балла.
 3 пункт решения – 2 балла.
 4 пункт решения (определена искомая величина) – 2 балла.

Задание 6. (10 баллов)

- 1) Расстояние от Земли до Солнца равняется $R_1 = 1$ астрономической единице (1 а.е.).
- 2) Видимые (угловые) размеры (для малых углов) обратно пропорциональны расстоянию до тела.



Так как диск Солнца, видимый с Земли, имеет малый угловой размер (около 0.5°), а с космического зонда намного меньше, то можно воспользоваться этим утверждением.

- 3) Проведем измерения дисков на рисунке при помощи линейки.

Диаметр диска Солнца, видимый с Земли: $D_1 = 12.6$ см.

Диаметр диска Солнца, видимый с космического аппарата: $D_2 = 1.2$ см.

Получается, что размер диска Солнца с космического зонда, примерно, в 10.5 раза меньше чем с Земли.

4) Значит, что аппарат находится, примерно, в 10.5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Отсюда

$$R_2 = 10.5 \text{ а.е.}$$

5) Но это расстояние от зонда до Солнца, а нам нужно оценить расстояние от зонда до Земли. С учетом того, что космический зонд может двигаться относительно Солнца в любом направлении, получаем интервал расстояний.

Минимальное расстояние (когда Земля находится между Солнцем и зондом):

$$R_{\min} = 10.5 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 9.5 \text{ а.е.}$$

Максимальное расстояние (когда Солнце находится между Землей и зондом):

$$R_{\max} = 10.5 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 11.5 \text{ а.е.}$$

6) Таким образом, получаем окончательный ответ. Расстояние от космического зонда до Земли может варьироваться в интервале:

$$R = [R_{\min}; R_{\max}] = [9.5 \text{ а.е.}; 11.5 \text{ а.е.}].$$

Ответ может быть получен и в других единицах измерения.

Оценивание.

1 пункт решения (расстояние от Земли до Солнца) – 1 балл.

2 пункт решения (размеры для малых углов обратно пропорциональны расстоянию) – 3 балла.

3 пункт решения (измерение размеров дисков на рисунке) – 2 балла.

4 пункт решения (определено расстояние от зонда до Солнца) – 1 балл.

5 пункт решения (учет всевозможных направлений движения зонда) – 2 балла.

6 пункт решения (окончательный ответ) – 1 балл.

Пермский край
2025-26 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС

Решения олимпиадных заданий и критерии их оценивания
Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (8 баллов)

№	Созвездия	Названия звезд
1	Большой Пёс	Сириус
2	Орион	Бетельгейзе
3	Малая Медведица	Полярная
4	Близнецы	Поллукс
5	Большая Медведица	Дубхе
6	Кассиопея	Шедар
7	Орёл	Альтаир
8	Лира	Вега

Оценивание.

За каждый **правильный** ответ участник олимпиады получает 1 балл. За все правильно указанные ответы участник олимпиады получает 8 баллов.

Задание 2. (8 баллов)

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

Оценивание. За каждый **правильный** ответ – 1 балл. За все правильно указанные ответы участник олимпиады получает 8 баллов.

Задание 3. (8 баллов)

1) Названия созвездий, представленных на рис. 1, следующие:

Рис. 1, *a* – созвездие «Близнецы».

Рис. 1, *b* – созвездие «Рак».

Рис. 1, *c* – созвездие «Лев» (с легко узнаваемым астеризмом Серп).

2) Эти созвездия относятся к **зодиакальным** созвездиям.

3) Известно, что Солнце в течение года последовательно проходит по "зодиакальному" кругу. Если Солнце находится в каком-то созвездии, то это созвездие бывает над горизонтом днем, следовательно, ночью это созвездие не видно. Ночью будут видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики.

4) Астроном Стекляшкин обнаружил на ночном небе созвездия Близнецов, Рака и Льва, следовательно, Солнце находится в "противоположных" созвездиях эклиптики. Это созвездия Стрельцов, Козерога и Водолея, по которым Солнце перемещается примерно с декабря по февраль, т.е. зимой. И именно этих созвездий ночью не видно. Поэтому можно утверждать, что астроном вел наблюдения в **зимнее время года**.

Оценивание.

1 пункт решения (за каждое правильное название созвездия по 1 баллу) – всего 3 балла.

2 пункт решения (зодиакальные созвездия) – 1 балл.

3 пункт решения (ночью видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики, где находится Солнце) – 2 балла.

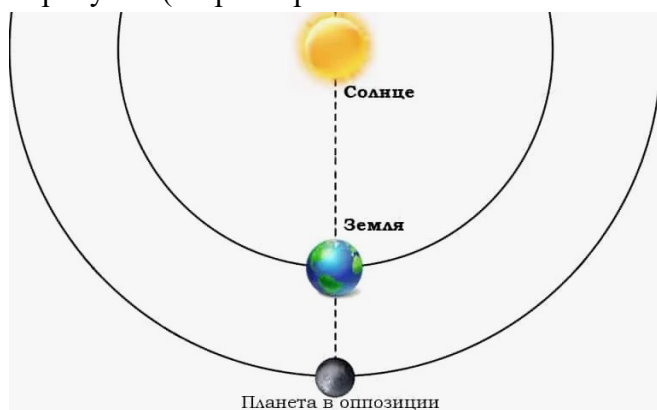
4 пункт решения (указано правильное время года) – 2 балла.

Задание 4. (8 баллов)

1) Яркость Марса сильно зависит от конфигурации планеты, то есть от расстояния между Землей и Марсом. Так как эти планеты вращаются вокруг Солнца с разными периодами, то расстояние между планетами тоже периодически меняется, что приводит к изменению яркости Марса при наблюдении с Земли.

2) Планета Марс достигает максимальной яркости во время противостояния, когда находится на минимальном расстоянии от Земли. В это время Марс, как правило, намного ярче любой из звезд. А во время великих противостояний планета может быть даже немного ярче Юпитера.

3) Сделаем схематичный рисунок (Марс в противостоянии или оппозиции):



4) Сидерический период – промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно удалённых звёзд.

5) На графике промежуток между максимумами – это промежуток времени между двумя последовательными конфигурациями планет (между противостояниями), то есть синодический период Марса S .

6) Из графика получаем (в промежуток 30 лет укладываются 14 периодов):

$$S = 30 \text{ лет} / 14 \approx 2.14 \text{ года.}$$

7) Для внешних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{T}. \quad (1)$$

Здесь S – синодический период Марса, Z – сидерический период Земли ($Z = 1$ год), T – сидерический период Марса.

8) Выражаем сидерический период Марса и находим значение T :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{S} \Rightarrow T = (Z \cdot S) / (S - Z) = (1 \cdot 2.14) / (2.14 - 1) \approx 1.88 \text{ года.}$$

Оценивание.

1 пункт решения – 1 балл.

2 пункт решения (максимум блеска соответствует противостоянию Марса и Земли) – 1 балл.

3 пункт решения (правильный схематичный рисунок) – 1 балл.

4 пункт решения (сидерический период) – 1 балл.

5 пункт решения (расстояние между максимумами – синодический период) – 1 балл.

6 пункт решения (определено значение синодического периода) – 1 балл.

7 пункт решения (формула (1) для внешней планеты) – 1 балл.

8 пункт решения (окончательный ответ) – 1 балл.

Задание 5. (8 баллов)

1) Первая космическая скорость для данной звезды массой M :

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad (1)$$

где $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ – гравитационная постоянная, r – радиус орбиты.

2) При движении по окружности скорость равна:

$$v = \frac{2\pi r}{T}. \quad (2)$$

Здесь T – период вращения спутника.

3) Масса звезды:

$$M = \rho * V, \quad (3)$$

4) Объем нейтронной звезды (сферы):

$$V = (4/3)\pi r^3. \quad (4)$$

5) Путем несложных преобразований и вычислений получаем окончательный ответ:

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = [(3 * 3.14) / (6,672 \cdot 10^{-11} * 2,8 \cdot 10^{17})]^{1/2} = \approx 0.71 * 10^{-3} \text{ с} = 0.71 \text{ мс}.$$

Оценивание.

1 пункт решения (выражение для первой космической скорости) – 2 балла.

2 пункт решения (формула (2)) – 2 балла.

3 пункт решения (выражение для массы) – 1 балл.

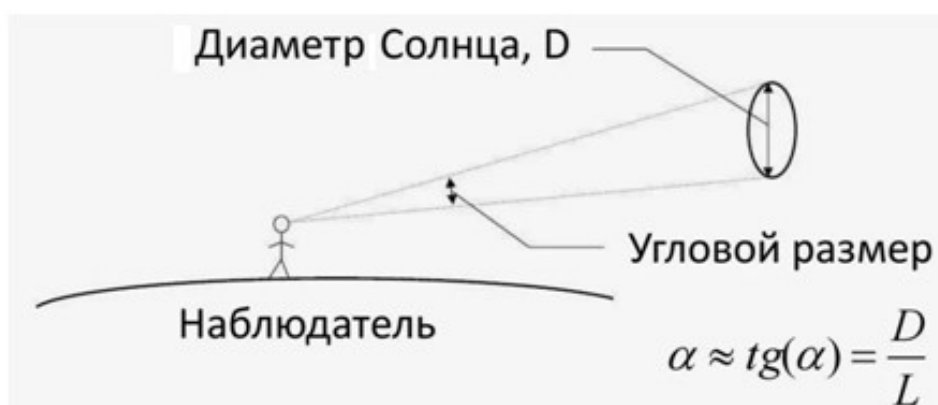
4 пункт решения (выражение для объема сферического тела) – 1 балл.

5 пункт решения (преобразования и вычисления, окончательный ответ) – 2 балла.

Задание 6. (10 баллов)

1) Расстояние от Земли до Солнца равняется $R_1 = 1$ астрономической единице (1 а.е.).

2) Видимые (угловые) размеры (для малых углов) обратно пропорциональны расстоянию до тела.



Так как диск Солнца, видимый с Земли, имеет малый угловой размер (около 0.5°), а с космического зонда намного меньше, то можно воспользоваться этим утверждением.

3) Проведем измерения дисков на рисунке при помощи линейки.

Диаметр диска Солнца, видимый с Земли: $D_1 = 12.6 \text{ см}$.

Диаметр диска Солнца, видимый с космического аппарата: $D_2 = 1.2 \text{ см}$.

Получается, что размер диска Солнца с космического зонда, примерно, в 10.5 раза меньше чем с Земли.

4) Значит, что аппарат находится, примерно, в 10.5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Отсюда

$$R_2 = 10.5 \text{ а.е.}$$

5) Но это расстояние от зонда до Солнца, а нам нужно оценить расстояние от зонда до Земли. С учетом того, что космический зонд может двигаться относительно Солнца в любом направлении, получаем интервал расстояний.

Минимальное расстояние (когда Земля находится между Солнцем и зондом):

$$R_{\min} = 10.5 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 9.5 \text{ а.е.}$$

Максимальное расстояние (когда Солнце находится между Землей и зондом):

$$R_{\max} = 10.5 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 11.5 \text{ а.е.}$$

6) Таким образом, получаем окончательный ответ. Расстояние от космического зонда до Земли может варьироваться в интервале:

$$R = [R_{\min}; R_{\max}] = [9.5 \text{ а.е.}; 11.5 \text{ а.е.}].$$

Ответ может быть получен и в других единицах измерения.

Оценивание.

1 пункт решения (расстояние от Земли до Солнца) – 1 балл.

2 пункт решения (размеры для малых углов обратно пропорциональны расстоянию) – 3 балла.

3 пункт решения (измерение размеров дисков на рисунке) – 2 балла.

4 пункт решения (определено расстояние от зонда до Солнца) – 1 балл.

5 пункт решения (учет всевозможных направлений движения зонда) – 2 балла.

6 пункт решения (окончательный ответ) – 1 балл.

Пермский край
2025-26 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
10 КЛАСС

Решения олимпиадных заданий и критерии их оценивания
Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (8 баллов)

1) Названия созвездий, представленных на рис. 1, следующие:

Рис. 1, *a* – созвездие «Близнецы».

Рис. 1, *b* – созвездие «Рак».

Рис. 1, *c* – созвездие «Лев» (с легко узнаваемым астеризмом Серп).

2) Эти созвездия относятся к **зодиакальным** созвездиям.

3) Известно, что Солнце в течение года последовательно проходит по "зодиакальному" кругу. Если Солнце находится в каком-то созвездии, то это созвездие бывает над горизонтом днем, следовательно, ночью это созвездие не видно. Ночью будут видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики.

4) Астроном Стекляшкин обнаружил на ночном небе созвездия Близнецов, Рака и Льва, следовательно, Солнце находится в "противоположных" созвездиях эклиптики. Это созвездия Стрельца, Козерога и Водолея, по которым Солнце перемещается примерно с декабря по февраль, т.е. зимой. И именно этих созвездий ночью не видно. Поэтому можно утверждать, что астроном вел наблюдения в **зимнее время года**.

Оценивание.

1 пункт решения (за каждое правильное название созвездия по 1 баллу) – всего 3 балла.

2 пункт решения (зодиакальные созвездия) – 1 балл.

3 пункт решения (ночью видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики, где находится Солнце) – 2 балла.

4 пункт решения (указано правильное время года) – 2 балла.

Задание 2. (8 баллов)

Правильные утверждения – 2, 3, 5, 6.

№	Утверждения	Ответы
1	Марс имеет три спутника – Арес, Фобос и Деймос. Они правильной формы и, скорее всего, являются астероидами, захваченными его гравитацией.	–
2	Время суток на Марсе длится примерно 24 часа 37 минут, что делает его наиболее похожим на Землю по длительности дня.	+
3	Атмосфера Марса состоит в основном из углекислого газа, поэтому человек не сможет дышать без специального оборудования.	+
4	Марсианский год примерно равен 365 земным суткам.	–
5	Марс – четвёртая планета от Солнца и в два раза меньше Земли, но его рельеф напоминает наш мир: там есть горы, каньоны, равнины и даже высохшие русла рек.	+
6	Ветры на Марсе способны поднимать пыль на высоту десятков	+

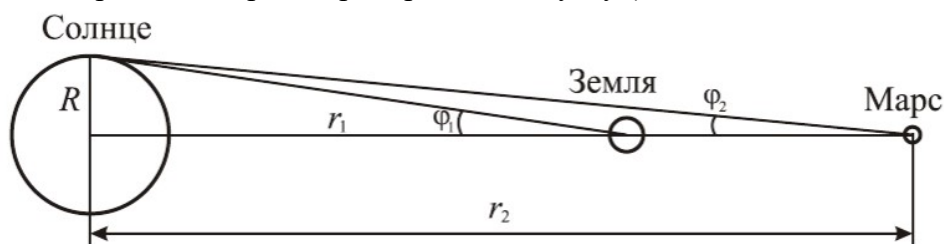
	километров, создавая глобальные пылевые бури, продолжающиеся месяцами.	
7	Атмосферное давление на Марсе в сотни раз больше земного.	—
8	На Марсе, в отличие от Земли, нет смены сезонов.	—

Оценивание.

+2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной). Участник олимпиады может получить максимум 8 баллов.

Задание 3. (8 баллов)

- 1) Расстояние от Земли до Солнца равняется $r_1 = 1$ астрономической единице (1 а.е.).
- 2) Расстояние от Марса до Солнца равняется $r_2 = 1.52$ астрономическим единицам (1.52 а.е.).
- 3) Видимый диаметр Солнца прямо пропорционален углу φ :



- 4) Отношение видимого диаметра D солнечного диска на Земле к видимому диаметру d Солнца на поверхности Марса равно (в предположении малых углов; диск Солнца, видимый с Земли, имеет малый угловой размер – около 0.5° , а с Марса еще меньше):

$$(D / d) \approx (\operatorname{tg} \varphi_1 / \operatorname{tg} \varphi_2) = (R / r_1) \cdot (r_2 / R) = (r_2 / r_1).$$

- 5) Окончательный ответ:

$$(D / d) = (r_2 / r_1) = 1.52,$$

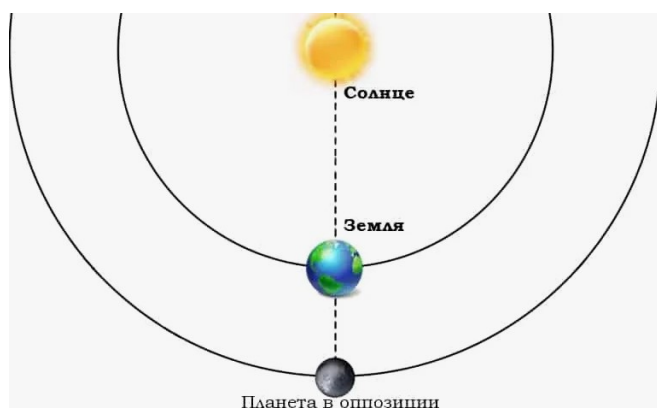
то есть видимый диаметр Солнца с Марса меньше примерно в 1,5 раза.

Оценивание.

- 1 пункт решения (расстояние от Земли до Солнца) – 1 балл.
- 2 пункт решения (расстояние от Марса до Солнца) – 1 балл.
- 3 пункт решения – 2 балла.
- 4 пункт решения (вывод формулы) – 2 балла.
- 5 пункт (получен правильный числовой ответ) – 2 балла.

Задание 4. (8 баллов)

- 1) Яркость Марса сильно зависит от конфигурации планеты, то есть от расстояния между Землей и Марсом. Так как эти планеты вращаются вокруг Солнца с разными периодами, то расстояние между планетами тоже периодически меняется, что приводит к изменению яркости Марса при наблюдении с Земли.
- 2) Планета Марс достигает максимальной яркости во время противостояния, когда находится на минимальном расстоянии от Земли. В это время Марс, как правило, намного ярче любой из звезд. А во время великих противостояний планета может быть даже немного ярче Юпитера.
- 3) Сделаем схематичный рисунок (Марс в противостоянии или оппозиции):



4) Сидерический период – промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно удалённых звёзд.

5) На графике промежуток между максимумами – это промежуток времени между двумя последовательными конфигурациями планет (между противостояниями), то есть синодический период Марса S .

6) Из графика получаем (в промежуток 30 лет укладываются 14 периодов):

$$S = 30 \text{ лет} / 14 \approx 2.14 \text{ года.}$$

7) Для внешних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{T}. \quad (1)$$

Здесь S – синодический период Марса, Z – сидерический период Земли ($Z = 1$ год), T – сидерический период Марса.

8) Выражаем сидерический период Марса и находим значение T :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{S} \Rightarrow T = (Z \cdot S) / (S - Z) = (1 \cdot 2.14) / (2.14 - 1) \approx 1.88 \text{ года.}$$

Оценивание.

1 пункт решения – 1 балл.

2 пункт решения (максимум блеска соответствует противостоянию Марса и Земли) – 1 балл.

3 пункт решения (правильный схематичный рисунок) – 1 балл.

4 пункт решения (сидерический период) – 1 балл.

5 пункт решения (расстояние между максимумами – синодический период) – 1 балл.

6 пункт решения (определено значение синодического периода) – 1 балл.

7 пункт решения (формула (1) для внешней планеты) – 1 балл.

8 пункт решения (окончательный ответ) – 1 балл.

Задание 5. (8 баллов)

1) Световой поток от всего скопления в 1 000 000 раз больше, чем от одной звезды. Представим это число в виде:

$$1\,000\,000 = 100 \cdot 100 \cdot 100 = 100^3.$$

2) Разница в световых потоках в 100 раз соответствует 5^m .

3) Значит, звёздное скопление на $5+5+5 = 15$ звёздных величин ярче одной звезды. Тогда суммарный блеск скопления примерно

$$m = +20^m - 15^m = 5^m.$$

Примечание. Тот же результат можно получить, если воспользоваться формулой Погсона.

4) Связь абсолютной звездной величины M , видимой звездной величины m и расстояния до звезды r в парсеках (пк):

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg(r). \quad (1)$$

5) Отсюда определяем искомое расстояние до шарового скопления ($M = -10^m$, $m = 5^m$):

$$5 \cdot \lg(r) = (m + 5) - M = 20^m,$$

$$\lg(r) = 4^m.$$

$$r = 10^4 \text{ пк} = 10000 \text{ пк} = 10 \text{ кпк}.$$

Примечание. Искомое расстояние r может быть выражено в других единицах измерения.

Оценивание.

1 пункт решения ($1\,000\,000 = 100^3$) – 1 балл.

2 пункт решения – 2 балла.

3 пункт решения (определен суммарный блеск скопления) – 1 балл.

Примечание. За любое альтернативное правильное определение блеска скопления выставляется в сумме 4 балла.

4 пункт решения (формула (1)) – 2 балла.

5 пункт решения (найденно искомое расстояние) – 2 балла.

Задание 6. (10 баллов)

1) Вычислим сначала угловой размер того участка небесной сферы, которая видна со дна колодца.

Известно, что угловой размер Солнца около $\varphi_1 = 0.5^\circ$.

2) Для малых углов можно считать, что линейные размеры пропорциональны их угловым размерам. Поэтому

$$\varphi_2 / \varphi_1 = d_2 / d_1, \quad (1)$$

где φ_1 и φ_2 – угловые размеры Солнца и открытой верхней части колодца, d_1 и d_2 – линейные размеры Солнца и открытой верхней части колодца.

3) Проводим измерения линейных размеров на рис. 5, используя линейку.

$$d_1 = 2.0 \text{ см},$$

$$d_2 = 8.4 \text{ см}$$

4) Определяем угловой размер участка небесной сферы (используя формулу (1)), которая видна со дна колодца:

$$\varphi_2 = 2.1^\circ.$$

5) Тогда площадь участка неба, видимого со дна колодца в угловых единицах:

$$S_2 = \varphi_2^2 \approx 4.4 \text{ кв. градуса}.$$

6) Теперь оценим, сколько звёзд приходится на такой участок. То есть вычислим среднюю площадь небесной сферы, приходящуюся на одну звезду, и сравним с нашим результатом из пункта 5.

Площадь всей небесной сферы в угловых единицах равна 4π стерадиан, или около 41000 квадратных градусов. Это можно знать или вычислить, зная определение стерадиана. Например, так. Телесный угол в 1 стерадиан с вершиной в центре сферы радиусом R вырезает из этой сферы поверхность площадью R^2 . То есть если площадь поверхности сферы $S = 4\pi R^2$, то эта же площадь в стерадианах $S = 4\pi$ стерадиан. Соотношение между стерадианами и квадратными градусами можно получить из следующих соображений:

$$1 \text{ рад} = (180 / \pi)^\circ, \quad 1 \text{ стерадиан} = [(180 / \pi)^\circ]^2 \approx 3283 \text{ кв. градусов}.$$

Тогда

$$4\pi \text{ стерадиан} \approx 41\,255 \text{ кв. градусов}.$$

7) Человек с нормальным зрением тёмной безлунной ночью на всём небе видит около 6000 звёзд (включая оба полушария). Невооружённым глазом можно увидеть звёзды лишь до 5–6 величины.

8) Значит, на одну звезду приходится:

$$S_{\text{одна звезда}} = 41\,255 / 6000 = \approx 6.9 \text{ кв. градуса.}$$

9) Сравнивая этот результат с S_2

$$S_2 = 4.4 \text{ кв. градуса} \leq S_{\text{одна звезда}} = 6.9 \text{ кв. градуса,}$$

видим, что вычисленные площади соизмеримы, значит, в среднем со дна колодца можно будет увидеть или одну звезду, или же ни одной (все таки $S_2 < S_{\text{одна звезда}}$).

Примечание. Можно заметить, что среди видимых невооруженным глазом звезд основное количество достаточно слабые – пятая, шестая звёздные величины. Тогда при присутствующих в реальности помехах (неидеальное зрение, засветка и т.д.) с большой вероятностью наша оценка будет завышенной. Скорее всего, не удастся увидеть ни одной звезды.

Оценивание.

1 пункт решения (указан угловой размер Солнца) – 1 балл.

2 пункт решения (соотношение (1)) – 1 балл.

3 пункт решения (измерены линейные размеры) – 1 балл.

4 пункт решения (найден угловой размер φ_2) – 1 балл.

5 пункт решения (площадь участка неба, видимого со дна колодца в угловых единицах) – 1 балл.

6 пункт решения (площадь небесной сферы в кв. градусах) – 1 балл.

7 пункт решения (указано количество звезд, видимых невооруженным глазом) – 1 балл.

8 пункт решения (найдена площадь $S_{\text{одна звезда}}$) – 1 балл.

9 пункт решения (проведен анализ полученных результатов и сформулирован ответ) – 2 балла.

Пермский край
2025-26 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 КЛАСС

Решения олимпиадных заданий и критерии их оценивания
Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (8 баллов)

1) Названия созвездий, представленных на рис. 1, следующие:

Рис. 1, *a* – созвездие «Стрелец».

Рис. 1, *b* – созвездие «Козерог».

Рис. 1, *c* – созвездие «Водолей».

2) Эти созвездия относятся к **зодиакальным** созвездиям.

3) Известно, что Солнце в течение года последовательно проходит по "зодиакальному" кругу. Если Солнце находится в каком-то созвездии, то это созвездие бывает над горизонтом днем, следовательно, ночью это созвездие не видно. Ночью будут видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики.

4) Астроном Стекляшкин обнаружил на ночном небе созвездия Стрельца, Козерога и Водолея, следовательно, Солнце находится в "противоположных" созвездиях эклиптики. Это созвездия Близнецов, Рака и Льва, по которым Солнце перемещается примерно с июня по август, т.е. летом. И именно этих созвездий ночью не видно. Поэтому можно утверждать, что астроном вел наблюдения в **летнее время года**.

Оценивание.

1 пункт решения (за каждое правильное название созвездия по 1 баллу) – всего 3 балла.

2 пункт решения (зодиакальные созвездия) – 1 балл.

3 пункт решения (ночью видны созвездия, расположенные с диаметрально противоположной стороны эклиптики, где находится Солнце) – 2 балла.

4 пункт решения (указано правильное время года) – 2 балла.

Задание 2. (8 баллов)

1) Так как материнская звезда в самый длинный день года (в день летнего солнцестояния) освещает дно самых глубоких каньонов, находящихся на поверхности данной планеты, то полуденная высота светила равна $h_1 = 90^\circ$.

2) В случае, когда в зимнее солнцестояние на 24 часа наступает полярная ночь, можно считать, что полуденная высота светила около $h_2 = 0^\circ$.

3) Формула для верхней кульминации светила

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta, \quad (1)$$

где φ – широта места наблюдения, а δ – склонение светила.

4) С учетом что, в первом случае $\delta_1 = \varepsilon$, а во втором $\delta_2 = -\varepsilon$, получим

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 2\varepsilon = 90^\circ. \quad (2)$$

5) Отсюда окончательный ответ:

$$\varepsilon = 45^\circ.$$

Оценивание.

1 пункт решения (высота в день летнего солнцестояния) – 2 балла.

2 пункт решения (высота в день зимнего солнцестояния) – 2 балла.

3 пункт решения (выражение для высоты светила в верхней кульминации (1)) – 1 балл.

4 пункт решения (получено выражение (2)) – 2 балла.

5 пункт решения (получен окончательный числовой ответ) – 1 балл.

Задание 3. (8 баллов)

1) Световой поток от всего скопления в 1 000 000 раз больше, чем от одной звезды. Представим это число в виде:

$$1\,000\,000 = 100 \cdot 100 \cdot 100 = 100^3.$$

2) Разница в световых потоках в 100 раз соответствует 5^m .

3) Значит, звёздное скопление на $5+5+5 = 15$ звёздных величин ярче одной звезды. Тогда суммарный блеск скопления примерно

$$m = +20^m - 15^m = 5^m.$$

Примечание. Тот же результат можно получить, если воспользоваться формулой Погсона.

4) Связь абсолютной звездной величины M , видимой звездной величины m и расстояния до звезды r в парсеках (пк):

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg(r). \quad (1)$$

5) Отсюда определяем искомое расстояние до шарового скопления ($M = -10^m$, $m = 5^m$):

$$5 \cdot \lg(r) = (m + 5) - M = 20^m,$$

$$\lg(r) = 4^m.$$

$$r = 10^4 \text{ пак} = 10000 \text{ пак} = 10 \text{ кпк}.$$

Примечание. Искомое расстояние r может быть выражено в других единицах измерения.

Оценивание.

1 пункт решения ($1\,000\,000 = 100^3$) – 1 балл.

2 пункт решения – 2 балла.

3 пункт решения (определен суммарный блеск скопления) – 1 балл.

Примечание. За любое альтернативное правильное определение блеска скопления выставляется в сумме 4 балла.

4 пункт решения (формула (1)) – 2 балла.

5 пункт решения (найденное искомое расстояние) – 2 балла.

Задание 4. (8 баллов)

1) Воспользуемся обобщенным третьим законом Кеплера:

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2(M_1+m_1)}{T_2^2(M_2+m_2)}.$$

Здесь M_1 и M_2 – массы Земли и Урана, m_1 и m_2 – массы Луны и Титания, T_1 и T_2 – периоды вращения Луны и Титания, a_1 и a_2 – большие полуоси орбит Луны и Титания (в предположении круговых орбит равны радиусам орбит, т.е. расстоянию от спутника до планеты).

2) Массой спутников по сравнению с массой планет можно пренебречь, тогда:

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2 M_1}{T_2^2 M_2}.$$

3) Тогда искомая масса Урана M_2 :

$$M_2 = \frac{T_1^2 a_2^3}{T_2^2 a_1^3} M_1.$$

4) Подставляем числовые значения и получаем числовой ответ:

$$M_2 = [(27.3^2 \cdot 436000^3) / (8.7^2 \cdot 384400^3)] \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \approx 86 \cdot 10^{24} \text{ кг}.$$

Оценивание.

- 1 пункт решения (обобщенный третий закон Кеплера) – 3 балла.
- 2 пункт решения (пренебрежение массой спутников) – 3 балла.
- 3 пункт решения (выражена масса урана M_2) – 1 балл.
- 4 пункт решения (получен числовой ответ) – 1 балл.

Задание 5. (8 баллов)

- 1) Яркость Марса сильно зависит от конфигурации планеты, то есть от расстояния между Землей и Марсом. Так как эти планеты вращаются вокруг Солнца с разными периодами, то расстояние между планетами тоже периодически меняется, что приводит к изменению яркости Марса при наблюдении с Земли.
- 2) Планета Марс достигает максимальной яркости во время противостояния, когда находится на минимальном расстоянии от Земли. В это время Марс, как правило, намного ярче любой из звезд. А во время великих противостояний планета может быть даже немного ярче Юпитера.
- 3) Сделаем схематичный рисунок (Марс в противостоянии или оппозиции):



- 4) Сидерический период – промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело-спутник совершает вокруг главного тела полный оборот относительно удаленных звезд.
- 5) На графике промежуток между максимумами – это промежуток времени между двумя последовательными конфигурациями планет (между противостояниями), то есть синодический период Марса S .
- 6) Из графика получаем (в промежуток 30 лет укладываются 14 периодов):
$$S = 30 \text{ лет} / 14 \approx 2.14 \text{ года.}$$

- 7) Для внешних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{T}. \quad (1)$$

Здесь S – синодический период Марса, Z – сидерический период Земли ($Z = 1$ год), T – сидерический период Марса.

- 8) Выражаем сидерический период Марса и находим значение T :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{S} \Rightarrow T = (Z \cdot S) / (S - Z) = (1 \cdot 2.14) / (2.14 - 1) \approx 1.88 \text{ года.}$$

Оценивание.

- 1 пункт решения – 1 балл.
- 2 пункт решения (максимум блеска соответствует противостоянию Марса и Земли) – 1 балл.
- 3 пункт решения (правильный схематичный рисунок) – 1 балл.
- 4 пункт решения (сидерический период) – 1 балл.
- 5 пункт решения (расстояние между максимумами – синодический период) – 1 балл.

6 пункт решения (определено значение синодического периода) – 1 балл.

7 пункт решения (формула (1) для внешней планеты) – 1 балл.

8 пункт решения (окончательный ответ) – 1 балл.

Задание 6. (10 баллов)

1) Вычислим сначала угловой размер того участка небесной сферы, которая видна со дна колодца.

Известно, что угловой размер Солнца около $\varphi_1 = 0.5^\circ$.

2) Для малых углов можно считать, что линейные размеры пропорциональны их угловым размерам. Поэтому

$$\varphi_2 / \varphi_1 = d_2 / d_1, \quad (1)$$

где φ_1 и φ_2 – угловые размеры Солнца и открытой верхней части колодца, d_1 и d_2 – линейные размеры Солнца и открытой верхней части колодца.

3) Проводим измерения линейных размеров на рис. 5, используя линейку.

$$d_1 = 2.0 \text{ см},$$

$$d_2 = 8.4 \text{ см}$$

4) Определяем угловой размер участка небесной сферы (используя формулу (1)), которая видна со дна колодца:

$$\varphi_2 = 2.1^\circ.$$

5) Тогда площадь участка неба, видимого со дна колодца в угловых единицах:

$$S_2 = \varphi_2^2 \approx 4.4 \text{ кв. градуса.}$$

6) Теперь оценим, сколько звёзд приходится на такой участок. То есть вычислим среднюю площадь небесной сферы, приходящуюся на одну звезду, и сравним с нашим результатом из пункта 5.

Площадь всей небесной сферы в угловых единицах равна 4π стерадиан, или около 41000 квадратных градусов. Это можно знать или вычислить, зная определение стерадиана. Например, так. Телесный угол в 1 стерадиан с вершиной в центре сферы радиусом R вырезает из этой сферы поверхность площадью R^2 . То есть если площадь поверхности сферы $S = 4\pi R^2$, то эта же площадь в стерадианах $S = 4\pi$ стерадиан. Соотношение между стерадианами и квадратными градусами можно получить из следующих соображений:

$$1 \text{ рад} = (180 / \pi)^\circ, \quad 1 \text{ стерадиан} = [(180 / \pi)^\circ]^2 \approx 3283 \text{ кв. градусов.}$$

Тогда

$$4 \pi \text{ стерадиан} \approx 41\,255 \text{ кв. градусов.}$$

7) Человек с нормальным зрением тёмной безлунной ночью на всём небе видит около 6000 звёзд (включая оба полушария). Невооружённым глазом можно увидеть звёзды лишь до 5–6 величины.

8) Значит, на одну звезду приходится:

$$S_{\text{одна звезда}} = 41\,255 / 6000 \approx 6.9 \text{ кв. градуса.}$$

9) Сравнивая этот результат с S_2

$$S_2 = 4.4 \text{ кв. градуса} \leq S_{\text{одна звезда}} = 6.9 \text{ кв. градуса,}$$

видим, что вычисленные площади соизмеримы, значит, в среднем со дна колодца можно будет увидеть или одну звезду, или же ни одной (все таки $S_2 < S_{\text{одна звезда}}$).

Примечание. Можно заметить, что среди видимых невооружённым глазом звезд основное количество достаточно слабые – пятая, шестая звёздные величины. Тогда при присутствующих в реальности помехах (неидеальное зрение, засветка и т.д.) с большой

вероятностью наша оценка будет завышенной. Скорее всего, не удастся увидеть ни одной звезды.

Оценивание.

- 1 пункт решения (указан угловой размер Солнца) – 1 балл.
- 2 пункт решения (соотношение (1)) – 1 балл.
- 3 пункт решения (измерены линейные размеры) – 1 балл.
- 4 пункт решения (найден угловой размер φ_2) – 1 балл.
- 5 пункт решения (площадь участка неба, видимого со дна колодца в угловых единицах) – 1 балл.
- 6 пункт решения (площадь небесной сферы в кв. градусах) – 1 балл.
- 7 пункт решения (указано количество звезд, видимых невооруженным глазом) – 1 балл.
- 8 пункт решения (найдена площадь $S_{\text{одна звезда}}$) – 1 балл.
- 9 пункт решения (проведен анализ полученных результатов и сформулирован ответ) – 2 балла.