

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2017-2018 учебный год
10 класс**

Продолжительность олимпиады: 180 минут. Максимально возможное количество баллов: 35

Задание 1. Угловая скорость вращения Земли.

(3 балла)

Из-за существования лунных и солнечных приливов (в океане, атмосфере и литосфере). Приливные горбы перемещаются по поверхности Земли в направлении, противоположном направлению ее вращения вокруг оси. Так как перемещение приливных горбов по поверхности Земли не может происходить без трения, то приливные горбы тормозят вращение Земли.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
3	Полное верное решение
2	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 2. Квазар.

(3 балла)

Освещенность, создаваемая объектом, прямо пропорциональна его светимости и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Светимость квазара в 10^{12} раз больше, следовательно, он должен находиться в 10^6 раз дальше, чем Солнце. Поэтому ответ: 10^7 пк.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
3	Полное верное решение
2	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 3. Продолжительность дня в Абакане.

(5 баллов)

Продолжительность дня определяется средним склонением Солнца в течение дня. В окрестности 21 марта склонение Солнца увеличивается со временем, поэтому день будет длиннее там, где 21 марта наступит позже. Владивосток находится восточнее Абакана, поэтому продолжительность дня 21 марта в Абакане будет больше.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
5	Полное верное решение
4	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
3	Найдено решение одного из двух возможных случаев.

- 2 Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
- 1 Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
- 0 Решение неверное, или отсутствует.

Задание 4. Среднее расстояние между звездами.

(6 баллов)

Для оценки среднего расстояния между звездами скопления можно сосчитать, какая часть объема скопления приходится на одну звезду, и извлечь из полученного числа кубический корень.

$$\text{Полный объем скопления } V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{150}{2} \right)^3 \approx 1.7 \cdot 10^6. \text{ На одну звезду приходится } \frac{1.7 \cdot 10^6}{10^5} = 17$$

Следовательно, среднее расстояние между звездами в М13 составляет $\sqrt[3]{17} \approx 2.6$ световых лет.

Критерии оценивания:

- | | |
|-------|--|
| Баллы | Правильность (ошибочность) решения |
| 6 | Полное верное решение |
| 5 | Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение. |
| 4-5 | Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические). |
| 3 | Найдено решение одного из двух возможных случаев. |
| 2 | Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение. |
| 1 | Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении). |
| 0 | Решение неверное, или отсутствует. |

Задание 5. Радиолокация планеты Марс.

(8 баллов)

Эту задачу проще всего решать, используя в качестве единицы измерения расстояний "световую минуту" - расстояние, которое свет (и радиоволны) проходит за 1 минуту. Известно, что расстояние между Землей и Солнцем составляет 8 св.минут (если то же расстояние известно в обычных единицах - например, в километрах - и известна скорость света, то это число можно легко получить). Расстояние от Солнца до Марса получается равным 12 св.минутам, а расстояние между Землей и Марсом в момент радиолокации - 14 св.минут (за 28 минут радиопульс успел дойти до Марса и вернуться обратно).

В треугольнике "Солнце-Земля-Марс" все три стороны нам известны. Искомое угловое расстояние - это угол треугольника (при Земле) θ , который может быть получен из теоремы косинусов:

$$r_{CM}^2 = r_{CЗ}^2 + r_{ЗМ}^2 - 2 \cdot r_{CЗ} \cdot r_{ЗМ} \cdot \cos \theta$$

Где r_{CM} расстояние между и т.д.

$$\text{Отсюда подставляя числа, имеем } \cos \theta = \frac{8^2 + 14^2 - 12^2}{2 \cdot 8 \cdot 14} \approx \frac{1}{2}$$

Следовательно, угол $\theta \approx 60^\circ$.

- | | |
|-------|---|
| Баллы | Правильность (ошибочность) решения |
| 8 | Полное верное решение |
| 6-7 | Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение. |
| 4-5 | Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические). |

- 3 Найдено решение одного из двух возможных случаев.
- 2 Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
- 0-1 Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
- 0 Решение неверное, или отсутствует.

Задание 6. Атмосферное давление у поверхности Марса.

(10 баллов)

Простую, но достаточно точную оценку можно получить, если считать, что вся атмосфера Марса собрана в приповерхностном слое постоянной плотности, равной плотности у поверхности. Тогда давление можно вычислить по известной формуле $p = \rho gh$, где ρ – плотность атмосферы у поверхности Марса, g – ускорение свободного падения на поверхности, h – высота такой однородной атмосферы.

Такая атмосфера получится достаточно тонкой, поэтому изменением g с высотой можно пренебречь. По той же причине массу атмосферы m можно представить как

$$m_{\text{атм.}} = \rho \cdot 4\pi R^2 \cdot h$$

где R – радиус планеты. Так как $g = \frac{GM}{R^2}$

где M – масса планеты, R – ее радиус, G – гравитационная постоянная, выражение для давления можно записать в виде

$$p = \frac{m_{\text{атм.}}}{4\pi R^2} \cdot \frac{GM}{R^2} = \frac{G}{4\pi} \cdot \frac{m_{\text{атм.}} \cdot M}{R^4}$$

Отношение M/R^3 пропорционально плотности планеты ρ , поэтому давление на поверхности получается пропорциональным $m\rho/R$.

Очевидно, что те же самые рассуждения можно применить и к Земле. Так как средние плотности Земли и Марса – двух планет земной группы – близки, зависимостью от средней плотности планеты можно пренебречь. Радиус Марса примерно равен радиусу Земли, поэтому атмосферное давление на поверхности Марса можно оценить как 1/150 земного, т.е. около 0,7 кПа (на самом деле оно составляет около 0,6 кПа).

$$p \approx \frac{m_{\text{атм.З}} \rho_{\text{З}}}{R_{\text{З}}}$$

- | | |
|-------|--|
| Баллы | Правильность (ошибочность) решения |
| 10 | Полное верное решение |
| 8-9 | Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение. |
| 6-7 | Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические). |
| 5 | Найдено решение одного из двух возможных случаев. |
| 2-3 | Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение. |
| 0-1 | Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении). |
| 0 | Решение неверное, или отсутствует. |