

**Районный этап всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге**

9 класс

1. В одном известном школьном учебнике астрономии написано, что в начале января угловой диаметр Солнца максимален и составляет около $32^{\circ}5'$, а в начале июля минимален и составляет $31^{\circ}5'$. Считая, что эти данные верны, а масса и размеры Солнца совпадают с реальными, оцените период обращения Земли вокруг Солнца в таких условиях.
2. В 1781 г. астроном Шарль Мессье составил каталог протяженных туманных объектов на небе, позволявший ему не путать такие объекты при наблюдении в телескоп с кометами (систематическим поиском которых Мессье и занимался). Каких из перечисленных далее типов объектов в этом каталоге нет: планетарных туманностей, планет Солнечной системы, квазаров, спиральных галактик, глобул, остатков вспышек сверхновых? Объясните свой выбор.
3. Определите день недели даты 13 ноября 435373934389234114185092024 года (при условии, что современный календарь будет действовать без изменений вплоть до указанной даты).
4. Астероид 2021 GK₁₃₉ движется по орбите радиуса 2.6 а.е. в плоскости эклиптики. Оцените, во сколько раз для земного наблюдателя различаются его максимальный и минимальный угловые размеры.
5. Радиус орбиты Урана равен 19 а.е., а радиус самого Урана — 25 тысяч км. Оцените минимальное увеличение телескопа, в который в принципе можно разглядеть диск Урана.

**Районный этап всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге**

9 класс, критерии оценивания

1. В одном известном школьном учебнике астрономии написано, что в начале января угловой диаметр Солнца максимален и составляет около $32^{\circ}5'$, а в начале июля минимален и составляет $31^{\circ}5'$. Считая, что эти данные верны, а масса и размеры Солнца совпадают с реальными, оцените период обращения Земли вокруг Солнца в таких условиях.

Решение:

Можно заметить, что в учебнике опечатка — градусы перепутаны с минутами (а минуты с секундами). Тем самым угловые размеры Солнца завышены в 60 раз, а это означает, что при том же реальном радиусе Солнца Земля находится в 60 раз ближе к нему, чем в реальности.

Тогда, по III закону Кеплера, период обращения Земли T в годах и радиус орбиты Земли a в астрономических единицах связаны соотношением $T^2 = a^3$. Отсюда

$$T = \left(\frac{1}{60}\right)^{3/2} \approx 0.0022 \text{ года} \approx 19 \text{ часов.}$$

Комментарии к оцениванию:

Знание правильного углового размера Солнца или его определение (достаточно примерно $0^{\circ}.5$ — 3 балла. Вывод о том, что Солнце примерно в 60 раз ближе, чем настоящее — 1 балл. Использование III закона Кеплера или решение аналогичной задачи для круговой орбиты — 3 балла. Итоговый ответ — 1 балл (допустимы любые единицы измерения, в том числе и годы).

2. В 1781 г. астроном Шарль Мессье составил каталог протяженных туманных объектов на небе, позволявший ему не путать такие объекты при наблюдении в телескоп с кометами (систематическим поиском которых Мессье и занимался). Каких из перечисленных далее типов объектов в этом каталоге нет: планетарных туманностей, планет Солнечной системы, квазаров, спиральных галактик, глобул, остатков вспышек сверхновых? Объясните свой выбор.

Решение:

Сначала рассмотрим те объекты, которые в каталог Мессье попасть не могли.

Планеты Солнечной системы не являются «туманными объектами», более того, все они, кроме открытого в том же 1781 году Урана, видны невооруженным глазом.

Квазары уже в XX веке получили свое название («квазизвездные объекты») из-за того, что на вид они ничем не отличались от звезд (кроме необычных спектров), соответственно, наиболее яркие квазары Мессье мог наблюдать, но должен был принять за звезды — спектральный анализ придумали только в XIX веке. Можно также отметить, что квазары — это сравнительно компактные и очень далекие объекты, поэтому Мессье не мог наблюдать их как протяженные.

Глобулы являются протяженными объектами, но это темные пылевые туманности, заметные на фоне более светлых туманностей или звезд, их невозможно перепутать с более яркой, чем фон неба, кометой.

А вот все остальные объекты в каталоге Мессье есть. Например, планетарная туманность М57 (она же «Кольцо»), спиральная галактика М31 (известная как «Туманность Андромеды»). Остатки вспышек сверхновых наблюдать в XVIII веке было сложно, однако и один такой объект в каталоге есть — М1, широко известный под названием «Крабовидная туманность».

Комментарии к оцениванию:

Ответ оценивается следующим образом: каждый правильно указанный отсутствующий тип объектов добавляет к оценке 1 балл, за каждый неправильно указанный снимается один балл (если на этом этапе оценка становится отрицательной, то за этап выставляется 0 баллов). Обоснование отсутствия в каталоге планет — 1 балл. Обоснование отсутствия квазаров — 2 балла (достаточен любой один из вариантов объяснения). Обоснование отсутствия глобул — 2 балла.

3. Определите день недели даты 13 ноября 435373934389234114185092024 года (при условии, что современный календарь будет действовать без изменений вплоть до указанной даты).

Решение:

Продолжительность среднего календарного года григорианского календаря составляет 365.2425 солнечных суток. Отсюда следует, что в 10000 годах Григорианского календаря 3652425 суток. Поскольку это число делится на 7 нацело, получаем, что для годов, номера которых отличаются на 10000, распределение дней недели по датам полностью совпадает.

Таким образом, день недели 13 ноября 435373934389234114185092024 года совпадает с днём недели 13 ноября 2024 года, то есть датой тура. Итоговый ответ — среда.

Комментарии к оцениванию:

Знание или вычисление средней продолжительности года в григорианском календаре — 3 балла. Вывод о том, что в 10000 лет укладывается целое число недель — 4 балла. Итоговый правильный ответ — 1 балл.

4. Астероид 2021 GK₁₃₉ движется по орбите радиуса 2.6 а.е. в плоскости эклиптики. Оцените, во сколько раз для земного наблюдателя различаются его максимальный и минимальный угловые размеры.

Решение:

Поскольку радиус орбиты Земли равен 1 а.е., то минимальное расстояние от Земли до астероида равно $2.6 - 1 = 1.6$ а.е., а максимальное — $2.6 + 1 = 3.6$ а.е. Угловые размеры обратно пропорциональны расстоянию, поэтому отношение максимального и минимального угловых размеров равно $3.6/1.6 \approx 2.3$ раза.

Комментарии к оцениванию:

Определение минимального и максимального расстояния до астероида — по 2 балла. Связь угловых размеров и расстояний — 3 балла. Итоговый ответ — 1 балл.

5. Радиус орбиты Урана равен 19 а.е., а радиус самого Урана — 25 тысяч км. Оцените минимальное увеличение телескопа, в который в принципе можно разглядеть диск Урана.

Решение:

Максимальный угловой размер диска будет наблюдаться тогда, когда Уран окажется на минимальном расстоянии от Земли. Минимальным расстояние от Урана до Земли будет тогда, когда они окажутся с одной стороны от Солнца (Уран будет в противостоянии), при этом оно будет равно $19 - 1 = 18$ а.е.

1 а.е. равна примерно 150 млн. км, поэтому в этом случае угловой диаметр Урана в радианах равен

$$\beta = \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^3}{18 \cdot 150 \cdot 10^6} \approx 19 \cdot 10^{-6}.$$

Учитывая, что в одном радиане примерно $2 \cdot 10^5$ угловых секунд, получаем, что диаметр Урана составит примерно $3''.7$.

Для того, чтобы разглядеть диск, необходимо, чтобы телескоп позволил увеличить эту величину по крайней мере до предела углового разрешения человеческого глаза. Если считать, что предельное угловое разрешение составляет $1' = 60''$, то необходимое увеличение составит $60/3.7 \approx 16$. Если в качестве оценки предельного углового разрешения взять $100''$ — необходимое увеличение окажется равным $100/3.7 \approx 27$.

Комментарии к оцениванию:

Учет того, что Уран должен находиться в противостоянии или обоснованное пренебрежение этим (оно допустимо — задача оценочная и получение результата с точностью лучше 10% бессмысленно) — 1 балл. Знание величины 1 а.е. в километрах (или использование для последующих вычислений других сведений — например, сравнения Урана с Солнцем, если участнику известен радиус последнего) — 2 балла. Вычисление углового диаметра Урана — 2 балла. Выбор той или иной оценки предельного разрешения человеческого глаза (допустимы варианты от $1'$ до $3'$, а при явном указании на дополнительную потерю качества изображения из-за аббераций телескопа — до $6'$) — 2 балла. Итоговый ответ с учетом выбранной оценки разрешения — 1 балл.