

Районный этап  
Всероссийской олимпиады  
по астрономии  
Санкт-Петербург

2019  
20  
ноября

11 класс

1. Блазар 6C 001403+811827 на данный момент считается самым ярким известным активным ядром галактики. Его светимость составляет около  $1.2 \cdot 10^{41}$  Вт. На каком расстоянии от Земли он должен находиться, чтобы Земля получала от него в единицу времени столько же энергии, сколько от Солнца? Солнечная постоянная (суммарная мощность солнечного излучения, проходящего через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии 1 а.е. от Солнца вне земной атмосферы) составляет  $1.4 \text{ кВт/м}^2$ .

**Решение:**

Освещенность  $E$ , создаваемая точечным объектом, обратно пропорциональна квадрату расстояния до него и равна

$$E = \frac{L}{4\pi r^2},$$

где  $L$  — светимость объекта,  $r$  — расстояние до него. Поскольку освещенность, создаваемая блазаром, должна по условию совпадать с солнечной постоянной, то расстояние до него можно выразить как

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi E}} = \sqrt{\frac{1.2 \cdot 10^{41}}{4 \cdot 3.1 \cdot 1.4 \cdot 10^3}} = 2.6 \cdot 10^{18} \text{ м} = 84 \text{ пк.}$$

**Оценивание:**

Явное или неявное указание связи между освещенностью и светимостью оценивается 3 баллами. Использование солнечной постоянной как освещенности, создаваемой блазаром — 2 балла. Еще 3 балла ставятся за вычисление ответа (в любых единицах). При указании ответа с заведомо избыточной точностью (4 и более значащие цифры) снимается 2 балла (в том числе и в случае, если ответ численно неверен).

*В.В.Григорьев*

2. Известно, что полярные сияния возникают при столкновении быстро движущихся частиц солнечного ветра с атомами в земной атмосфере. Атомы каких из перечисленных химических элементов — кислород, азот, железо, уран — «ответственны» за возникновение полярных сияний? Почему?

**Решение:**

Атмосфера Земли по массе на 76% состоит из азота и 23% кислорода (остальное — аргон, углекислый газ и т.д.). Поэтому именно эти химические элементы (и, соответственно, их атомы, ионы и молекулы) в первую очередь за полярные сияния. Соединения железа и урана в атмосфере практически отсутствуют и участвовать в образовании полярных сияний, как следствие, не могут.

**Оценивание:**

Указание каждого из двух правильных ответов оценивается 2 баллами, за указание каждого лишнего ответа снимаются 2 балла. Обоснование ответа оценивается 4 баллами.

*В.В.Григорьев*

3. Сферический астероид диаметром 22 м на круговой орбите радиусом 1.3 а.е. вращается вокруг своей оси с периодом, равным 16 секундам. Во сколько раз скорость движения точек на его экваторе относительно центра отличается от скорости его движения по орбите?

**Решение:**

Скорость вращения астероида на экваторе равна  $2\pi R/P$ , где  $R$  — радиус астероида,  $P$  — период его обращения. Радиус астероида равен  $22/2 = 11$  м, тогда скорость движения точек на его экваторе

$$v = \frac{2\pi R}{P} \approx \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 11}{16} = 4.3 \text{ м/с.}$$

Для определения орбитальной скорости вычислим период обращения астероида по орбите с помощью III закона Кеплера для Солнечной системы: если выразить большую полуось в астрономических единицах, а период обращения в годах, то

$$T^2 = a^3 \implies T = \sqrt{a^3} = 1.5 \text{ года.}$$

Скорость обращения планеты по круговой орбите можно определить как отношение длины орбиты к периоду обращения:

$$V = \frac{2\pi a}{T} = \frac{2\pi \cdot 1.3 \cdot 1.5 \cdot 10^8 \text{ км}}{1.5 \cdot 3.2 \cdot 10^7 \text{ с}} \approx 26 \text{ км/с.}$$

Тогда отношение скоростей равно

$$\frac{V}{v} = \frac{26 \cdot 10^3}{4.3} = 6 \cdot 10^3.$$

**Оценивание:**

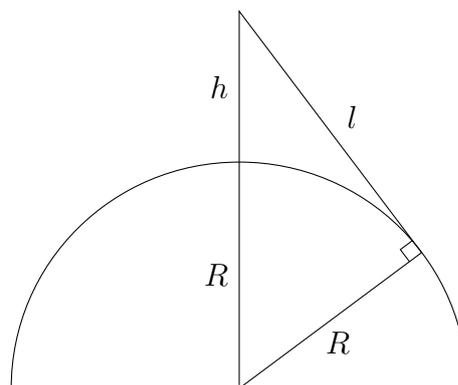
За вычисление каждой из двух скоростей выставляется 3 балла (в том числе и в случае, если численные значения не вычислялись, а итоговый ответ на вопрос задачи сначала был получен в виде формулы и в итоге оказался правильным). Вычисление итогового ответа — 2 балла.

*А.В.Веселова*

4. Радиус Плутона равен  $1.2 \cdot 10^3$  км. Оцените максимальное расстояние, на котором объекты, находящиеся на поверхности Плутона, сможет увидеть наблюдатель, расположившийся на вершине самой высокой горы Плутона — горы Райт, высота которой равна 4 км.

**Решение:**

Искомое расстояние ищется с помощью теоремы Пифагора, примененной к треугольнику центр Плутона — самая дальняя видимая точка — вершина горы.



Обозначим искомое расстояние  $l$ , радиус Плутона  $R$ , а высоту горы —  $h$ . Тогда

$$l^2 + R^2 = (R + h)^2$$

и

$$l = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{(R + h - R) \cdot (R + h + R)} = \sqrt{h \cdot (2R + h)}.$$

Поскольку высота горы много меньше радиуса Плутона,  $h \ll R$ , можно записать приближенное равенство  $l = \sqrt{2Rh}$ , откуда  $l = \sqrt{2 \cdot 1.2 \cdot 10^3 \cdot 4} \approx 10^2$  км.

#### Оценивание:

Получение выражения для расстояния оценивается 4 баллами. Еще 4 балла выставляются за вычисление ответа. При записи итогового результата с заведомо избыточной точностью (3 значащих цифры или более) снимается 2 балла вне зависимости от правильности результата.

*В.В.Григорьев*

5. Астрономы, живущие в планетной системе другой звезды, наблюдая Солнце, открыли Юпитер по изменению видимой звездной величины Солнца при прохождении Юпитера по диску Солнца. Оцените зарегистрированное ими изменение видимой звездной величины Солнца, если известно, что средние плотности Юпитера и Солнца примерно одинаковы, а массы отличаются в  $10^3$  раз.

#### Решение:

В оптическом диапазоне Юпитер самосветящимся объектом не является, поэтому можно считать, что при прохождении по диску Солнца он просто перекрывает часть излучения Солнца, пропорциональную закрытой им доле диска.

Поскольку плотности Юпитера и Солнца примерно совпадают, то отношение их масс совпадает с отношением объемов, а это означает, что линейные размеры отличаются в  $\sqrt[3]{10^3} = 10$  раз. Следовательно, для удаленного наблюдателя Юпитер перекрывает  $1/10^2$  долю диска Солнца, что в среднем приводит к изменению освещенности, создаваемой Солнцем, на 1%.

Поскольку видимая звездная величина объекта  $m$  связана с создаваемой им освещенностью  $E$  как  $m = -2.5 \lg E + \text{const}$ , изменение звездной величины Солнца составит  $\Delta m = 2.5 \lg(1 - 0.01) = 2.5 \lg 0.99 \approx 0^m.01$ .

#### Оценивание:

Явно полученный или неявно используемый вывод о том, что диаметр Юпитера в 10 раз меньше диаметра Солнца, оценивается 2 баллами. Еще 1 балл выставляется за вывод, что освещенность от Солнца при прохождении Юпитера по диску Солнца уменьшается на 1%. 3 балла выставляются за запись в каком-либо виде связи освещенности и видимой звездной величины, еще 2 балла выставляются за вычисление правильного ответа.

*П.А.Тараканов*