

## Ключи ответов

*Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе. Альтернативные способы решения задачи, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности также оцениваются в полной мере. Ниже представлена общая схема оценивания решений.*

- 0 баллов — решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
- 1 балл — правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;
- 1–2 балла — попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;
- 2–3 балла — правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;
- 3–6 баллов — задание частично решено;
- 5–7 баллов — задание решено полностью с некоторыми недочетами;
- 8 баллов — задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов (оценка за задание более 8 баллов) на муниципальном этапе не допускается. Общая оценка за весь этап получается суммированием оценок по каждому из заданий. Таким образом, максимальная оценка за весь муниципальный этап составляет 48 балла.

1. Необходимо построить новую обсерваторию, работающую в оптическом диапазоне. Если бы Вам представилось возможность выбрать место для новой обсерватории, то какие наиболее важные факторы Вы бы учли?

### **Решение.**

Самые важные факторы — это большое количество ясных дней, отсутствие засветки неба от близлежащих населенных пунктов и стабильность атмосферы, от которой будет сильно зависеть качество изображения. Часто даже при ясной погоде из-за «атмосферного дрожания» изображения звезд размываются до размеров в несколько угловых секунд. Это сильно ограничивает разрешающую способность инструмента.

И еще один фактор нужно принять во внимание — доступность наблюдениям как можно большей части небесной сферы. Чем ближе обсерватория будет к экватору, тем большая часть небесной сферы будет доступна наблюдениям. Но, как известно, в экваториальной зоне Земли очень мало ясных дней и очень большая влажность. Поэтому современные обсерватории строятся, в основном, в тропических поясах нашей планеты.

2. Предположим, что в пространстве Солнечной системы движется космический корабль в виде большой сферы. Одно полушарие корабля чёрное, а второе — белое. Какой стороной к Солнцу в конце концов развернётся корабль? Можно считать, что изначально к Солнцу были обращены половина от чёрной и половина от белой части корабля.

### **Решение.**

На оба полушария корабля будет действовать давление поглощаемого ими солнечного света. Но у белой полусферы эта сила будет больше, так как это

полушарие будет ещё и рассеивать фотоны в обратном направлении (отражать свет). Тёмная часть корабля только поглощает свет. В результате белое полушарие в конце концов повернется от Солнца, а черное полушарие — к Солнцу.

3. Считая плотность базальта равной  $2\,900\text{ кг/м}^3$ , а предел его прочности составляет около  $200\text{ МПа}$ , оценить максимальную высоту гор на Земле и Марсе. В расчётах принять ускорение свободного падения на Земле и Марсе соответственно  $9,8\text{ м/с}^2$  и  $3,7\text{ м/с}^2$ .

**Решение.**

Гора не разрушится, если в её основании давление не превышает предела прочности. Давление в основании горы  $p = F/s = mg/s = \rho Vg/s = \rho shg/s = \rho hg$ . Тогда,

$$h_{\max} = p / (\rho g).$$

$$h_{\max Z} = 2 \cdot 10^8 / (2\,900 \times 9,8) \approx 7\text{ (км)}, \quad h_{\max M} = 2 \cdot 10^8 / (2\,900 \times 3,7) \approx 18,6\text{ (км)}.$$

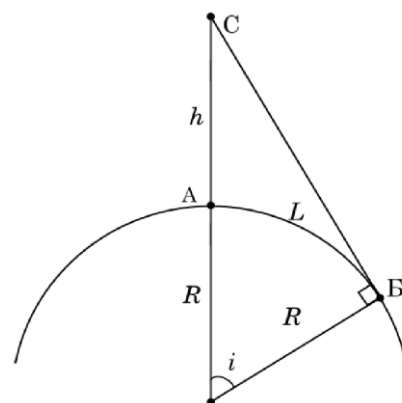
4. Искусственный спутник на высоте  $6400\text{ км}$  от поверхности Земли движется по круговой орбите. Определить максимальное расстояние между наблюдателями, находящимися на поверхности Земли, которые могут видеть этот спутник. Считать, что свет в атмосфере распространяется прямолинейно (не учитывать рефракцию света), радиус Земли  $R_3 = 6400\text{ км}$ , а  $\pi \approx 3,14$ .

**Решение.**

Опустим перпендикуляр из места расположения спутника (т. С) на поверхность Земли и касательную к земле СБ. Очевидно, наблюдатель спутника может находиться на поверхности Земли не дальше расстояния  $L$  от точки А.

Так как  $h = R$ , то в прямоугольном треугольнике прилежащий к углу  $i$  катет в 2 раза меньше гипотенузы. Тогда,  $i = 60^\circ = \pi/3$ , а  $L = \pi R/3$ .

На поверхности Земли спутник виден для наблюдателей, расположенных внутри конуса с образующей СБ. Поэтому, максимальное расстояние между наблюдателями, находящимися на поверхности Земли, которые могут видеть этот спутник равно  $2L$ , т.е.,  $2\pi R/3$



$$2 \times 3,14 \times 6\,400/3 \approx 13\,400\text{ (км)}$$

5. Зная, что ускорение свободного падения на поверхности Плутона  $0,7\text{ м/с}^2$ , а его радиус  $1\,195\text{ км}$ , определить среднюю плотность Плутона. При расчётах можно принять  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$ ;  $\pi \approx 3,14$ .

**Решение.**

Согласно закону всемирного тяготения для материальной точки на поверхности планеты  $mg = G \frac{Mm}{R^2}$ . Тогда, масса Плутона  $M = gR^2/G$ .

Так как  $\rho = M/V$ , а  $V = 4/3 \pi R^3$ , то  $\rho = 3g/(4G\pi R)$ .

$$\rho = 3 \times 0,7 / (4 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 3,14 \times 1\,195 \cdot 10^3) \approx 2,1 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3.$$

6. Зная, что плотность Марса  $3,94\text{ г/см}^3$ , а его радиус примерно равен  $3\,400\text{ км}$ , найти первую космическую скорость для этой планеты. При расчётах можно принять  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$ ;  $\pi \approx 3,14$ .

**Решение.**

Согласно закону всемирного тяготения и воспользовавшись вторым законом

Ньютона, можно записать, что  $m \frac{v^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$ . Тогда,  $v_l = \sqrt{GM/R}$ .

Учтя, что  $M = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$ , имеем:  $v_l = 2R \sqrt{\rho G \pi / 3}$

$$v_l \approx 2 \times 3,4 \cdot 10^6 \sqrt{3,94 \cdot 10^3 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 3,14 / 3} \approx 3,6 (\text{м/с}).$$