

Ключи ответов

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

- 0 баллов - решение отсутствует или абсолютно некорректно или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
- 1 балл - правильно угаданный 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 недочётами;
- 8 баллов - задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Общая оценка за весь этап получается суммированием оценок по каждому из заданий. Таким образом, максимальная оценка за весь муниципальный этап составляет **48** баллов.

1. Во времена древней Греции при ориентации по звёздному небу основной осью считали ось восток - запад. Почему сейчас основной осью считается ось север - юг?

Решение:

Несколько тысячелетий назад (во времена древней Греции) в районе Северного полюса мира не было яркой звезды. Ориентация в ночное время проводилась по суточному вращению неба, которое надёжнее указывает направление восток-запад, чем север-юг

2. Известен красный цвет Луны во время затмений. Объяснить «покраснение» Луны и привести примеры оптических явлений, имеющих ту же физическую причину.

Решение.

Дело в том, что во время Лунного затмения солнечный свет преломляется в земной атмосфере и, таким образом, частично попадает на затенённую поверхность Луны. Голубая часть солнечного спектра сильнее рассеивается в земной атмосфере, чем красные лучи, и поэтому на Луну попадает в основном излучение красной части спектра.

Этим же объясняется красный цвет заката и рассвета, а также голубой цвет дневного неба. Атмосферный воздух преимущественно рассеивает коротковолновое излучение. Небо, образованное рассеянным излучением, имеет голубой цвет, а Солнце у горизонта становится красным, так как прямые «голубые» лучи Солнца рассеиваются в атмосфере и не доходят до наблюдателя.

3. Некоторое шаровое скопление радиуса 10 пк, состоит из 75 000 звёзд. Предположим, что Солнце, вместе со своей планетной системой, влетело в это скопление. Определить, сколько звёзд в небе Земли будут иметь годичный параллакс больше 0,2".

Решение:

Определим концентрацию звезд в скоплении: $n = N_0/V = 3N_0 / 4\pi R^3$.

$$n = 3 \times 75\,000 / 4 \times 3,14 \times 10^3 \approx 18 \text{ пк}^{-3}.$$

Расстояние l до звезды, имеющей годичный параллакс $0,2''$ составляет $1/0,2$ пк ($l = 5$ пк). Звёзды, имеющие больший годичный параллакс, расположены ближе к наблюдателю (к Земле). Учитывая концентрацию звёзд в скоплении, количество искомым звёзд в шаре радиуса l составляет: $N = n (4\pi l^3/3) = N_0(l/R)^3$.

$$N = 75\,000 \times (5/10)^3 = 9\,375.$$

4. Какое увеличение необходимо, чтобы при наблюдении в телескоп Юпитер был такой же величины, как Луна, видимая невооружённым глазом? Видимый диаметр Юпитера составляет $40''$. При расчётах можно принять расстояние от Земли до Луны 384 тыс.км, радиус Луны $1,737$ тыс.км.

Решение.

Определим видимый диаметр Луны: $2 \times 1,737/384 \approx 0,009$ рад. $\approx 31'$.

Задание считается выполненным полностью, если пояснён переход от радиан к конечному результату. Окончательно, необходимое увеличение $\Gamma = 31'/40'' = 46,5$

5. Некоторое тело движется по эллиптической орбите вблизи гравитационного центра, расположенного в одном из фокусов эллипса, таким образом, что его линейная скорость в перигелии в три раза больше линейной скорости в афелии. Определить отношение фокусного расстояния к большой полуоси эллиптической орбиты этого тела (эксцентриситет орбиты).

Решение.

Несложно получить (вспомнить) связь перигейного и афельного расстояний с эксцентриситетом: $q = a(1 - e)$, $Q = a(1 + e)$. Отсюда,

$$Q/q = (1 + e)/(1 - e), \text{ и } e = (Q/q - 1)/(Q/q + 1).$$

В перигелии и афелии скорость тела перпендикулярна направлению на центр. Тогда, из второго закона Кеплера $v_Q \cdot Q = v_q \cdot q$, получаем: $Q/q = v_q/v_Q = 3$.

Окончательно, эксцентриситет орбиты равен: $e = (3 - 1)/(3 + 1) = 0,5$.

6. Метеороид представляет собой небесное тело, обращающееся вокруг Солнца и имеющее размер больше размеров частиц космической пыли, но меньше размеров астероидов (считается, что минимальный размер астероида составляет порядка 30 метров). Метеороид, влетевший с огромной скоростью в атмосферу Земли, из-за трения сильно нагревается и сгорает, превращаясь в светящийся метеор (который можно увидеть как «падающую звезду»). Определить, какую максимальную скорость может иметь метеороид. При расчётах можно принять $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$; массу, радиус Солнца и Земли соответственно: $2 \cdot 10^{30}$ кг, $697\,000$ км и $6 \cdot 10^{24}$ кг, $6\,400$ км; расстояние от Солнца до Земли 150 млн.км, орбитальная скорость Земля 30 км/с.

Решение.

Так как метеороиды обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, то вблизи Земли их скорость (относительно Солнца) не может превышать вторую космическую скорость, определяемую соотношением $v_0 = \sqrt{2GM/R}$,

$$v_0 = \sqrt{2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 2 \cdot 10^{30} / 150 \cdot 10^9} \approx 42 \text{ (км/с)}.$$

Земля движется по орбите со скоростью 30 км/с, и, если метеорное тело летит навстречу Земле, его относительная скорость может достичь $v = 42 \text{ км/с} + 30 \text{ км/с} = 72 \text{ км/с}$. Наконец, во время падения на Землю, имеющую массу m и радиус r , метеороид получает ускорение за счёт притяжения Земли. Его максимальная скорость определяется из закона сохранения энергии $v_{\text{max}}^2 = v^2 + 2Gm/r$.

$$v_{\text{max}} = \sqrt{(72 \cdot 10^3)^2 + 2 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 6 \cdot 10^{24} / 6,4 \cdot 10^6} \approx 73 \text{ (км/с)}$$