

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. В современных условиях, при ориентации по звёздному небу основной осью считается ось север – юг. Как Вы думаете (предполагаете), почему во времена древней Греции основной осью считали ось восток - запад?

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. При наблюдении полного Лунного затмения свет от неё заметно слабее, чем обычно, и Луна имеет угрожающе красный цвет. Пояснить, в какой фазе находится Луна, и объяснить «покраснение» Луны. Приведите примеры оптических явлений, имеющих ту же физическую причину, что и «покраснение» Луны.

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. У двойной звезды α -Центавра период обращения составляет 79 лет. Большая полуось орбиты $17,6''$, а годичный параллакс $0,75''$. Определите сумму масс компонентов звезды.

Решение:

Записывая третий обобщённый закон Кеплера и измеряя период T в земных годах, а длину в астрономических единицах, имеем:

$$M_1 + M_2 = 1/T^2 \cdot (a''/\pi'')^3.$$

Тогда, $M_1 + M_2 = 1/79^2 \cdot (17,6/0,75)^3 = 2,1M_{\odot}$.

4. Рационально ли осуществлять перелёта с Земли на Нептун по полуэллиптической траектории. Ответ обоснуйте. Нептун располагается в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля, год на Нептуне длится 164,5 года. Орбиты Земли и Нептуна считать круговыми.

Решение:

По условию задачи космический аппарат движется траектории, являющейся частью эллипса.

Применим третий закон Кеплера $\frac{T^2}{T_H^2} = \frac{a^2}{a_H^2}$, где a – большая полуось орбиты аппарата, T – время

одного оборота вокруг Солнца по этой эллиптической орбите, на которой находится аппарат, a_H – большая полуось орбиты Нептуна, T_H – время одного оборота Нептуна вокруг Солнца.

$$a = \frac{a_H + a_3}{2} = \frac{4500 + 150}{2} = 2325 \text{ млн. км}, \quad T = T_H \sqrt{\frac{a^3}{a_H^3}} = 164,5 \cdot \sqrt{\frac{2325^3}{150^3}} = 10^4 \text{ лет} - \text{ время одного}$$

оборота космического аппарата по эллиптической орбите. Откуда время перелета

$$t = \frac{T}{2} = \frac{10000}{2} = 5000 \text{ лет}.$$

Таким образом, перелёта с Земли на Нептун по полуэллиптической траектории производить нерационально, так как время, которое потребуется для такого перелета сопоставимо возрастом письменной цивилизации на Земле.

5. Согласно теории относительности энергия эквивалентна массе ($W = mc^2$), поэтому наше Солнце, «испуская свет», «сгорает» и теряет свою массу. Если Солнце потеряет 0,001 своей массы, то оно «умрет». Определив ежесекундную потерю массы за счёт излучения, оценить время жизни Солнца. Справочно: масса Солнца $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, расстояние от земли до Солнца 1 а.е. = 150 млн.км, а Солнечная постоянная $E_{\odot} = 1,37$ кВт/м².

Решение:

Используя солнечную постоянную, определим светимость Солнца по формуле:

$$L_{\odot} = S \cdot E_{\odot} = 4\pi R^2.$$

$$L_{\odot} = 4\pi(1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2 \cdot 1,37 \cdot 10^3 \text{ Вт/м} \approx 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт}.$$

Таким образом, учтя формулу Эйнштейна $W = mc^2$, ежесекундно потеря массы Солнца за счёт излучения составит $\Delta m = 4 \cdot 10^{26} / (3 \cdot 10^8)^2 \approx 4 \cdot 10^9$ кг.

Учитывая массу Солнца, согласно условию задачи, оно «умрет», потеряв примерно $2 \cdot 10^{27}$ кг.

Если Солнце ежесекундно теряет $4 \cdot 10^9$ кг, то $2 \cdot 10^{27}$ кг оно потеряет за $2 \cdot 10^{27} / 4 \cdot 10^9 = 5 \cdot 10^{17} (\text{с}) \approx 1,6 \cdot 10^{10} (\text{лет})$.

6. Рассчитайте третью космическую скорость – минимальную скорость старта космического корабля с Земли, чтобы он мог без последующих затрат энергии навсегда покинуть Солнечную систему. Справочно: принять массу Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, а её радиус – 6 400 км.

Решение:

Вторая космическая скорость, необходимая для того, чтобы с расстояния $R = 1$ а.е. преодолеть притяжение Солнца с массой $M_{\odot} = M$ и улететь за пределы Солнечной системы, равна

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

что составляет 42,1 км/с. Но Земля сама движется по орбите со скоростью 29,8 км/с, и при запуске аппарата в направлении движения Земли его скорость относительно Земли может быть равна всего $u = 12,3$ км/с. Но такой скоростью должна быть уже после преодоления земного притяжения. Для определения стартовой скорости воспользуемся законом сохранения энергии:

$$v_3 = \sqrt{u^2 - \frac{2GM}{R}}$$

В результате третья космическая скорость v_3 на Земле составляет 16,7 км/с (здесь M и r — масса и радиус Земли).