

### 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 **40** баллов.

**Итоговая рейтинговая таблица результатов муниципального этапа олимпиады по астрономии составляется и передается Организатору олимпиады в стобалльной системе.**

Рекомендуем формировать итоговую рейтинговую таблицу результатов олимпиады по астрономии с переводом в 100 балльную систему после проведения апелляции.

В случае дробного итогового результата он округляется до сотых.

В итоговой рейтинговой таблице результатов муниципального этапа олимпиады по астрономии максимальная оценка по итогам выполнения заданий олимпиады 100 баллов.

В параллелях 9-11 классов оценка по итогам выполнения заданий за муниципальный этап не более 40 баллов, тогда для перехода к 100 балльной системе необходимо:  $40 \times 2,5 = 100$  баллов, т.е. оценка по итогам выполнения заданий **умножается на коэффициент 2,5.**

**1) Определите время, которое будут показывать 1 сентября солнечные часы в Гринвиче в тот же самый момент, в который в городе Орле такие же часы покажут 12 часов.**

**Долготу г. Орла принять раной  $36^\circ$  в.д.**

**Решение:**

1 сентября поправка, вносимая уравнением времени, равняется нулю. Долгота г. Орла в часовой мере 2 ч 24 мин (1 час равен  $15^\circ$ ). Так как Гринвич располагается западнее Орла, то там полдень еще не наступил, а значит, солнечные часы в Гринвиче будут показывать 9 ч 36 мин.

Долготу в часовой мере можно найти через пропорцию

$$60 \text{ мин} - 15^\circ$$

$$X \text{ мин} - 36^\circ$$

Ответ: 9 ч 36 мин.

**2) Астероид (99942) Апофис относится к астероидам, сближающимся с Землей. Большая полуось его орбиты составляет 137,98 млн. км, определите период обращения этого астероида вокруг Солнца. Период обращения Земли вокруг Солнца – 365,26 солнечных суток, радиус орбиты Земли 150 млн. км.**

**Решение:**

Большая полуось орбиты Апофиса составляет 137,98 млн. км. Согласно третьему закону Кеплера  $\frac{T_A^2}{T_3^2} = \frac{a_A^3}{a_3^3}$ , где  $T_A$  - период обращения Апофиса вокруг

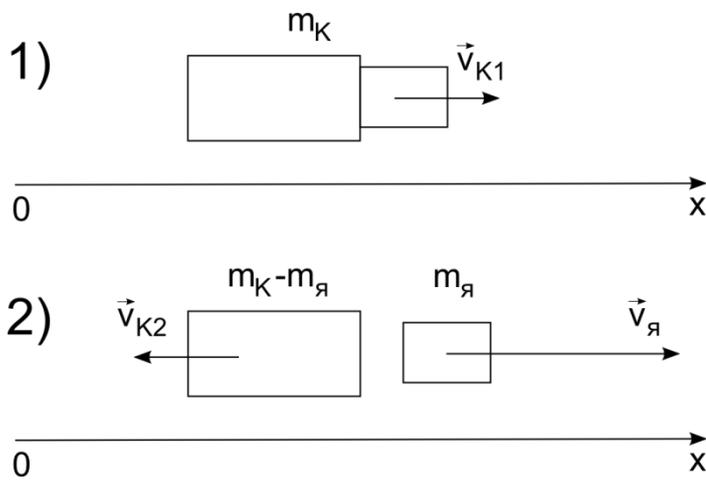
Солнца,  $T_3$  - период обращения Земли вокруг Солнца,  $a_3$  - большая полуось орбиты Земли. Полагая  $T_3 = 365,26$  суток,  $a_3 = 150$  млн.км., получим

$$T_A = \sqrt{\frac{a_A^3 T_3^2}{a_3^3}} = \sqrt{\frac{137,98^3 \cdot 365,26^2}{150^3}} = 322 .$$

Ответ:  $T_A = 322$  дня.

**3) Космонавт в скафандре массой 120 кг отлетел от борта космической станции на 3 м, после чего бросил в направлении своего движения ящик с инструментами массой 18 кг. Скорость ящика относительно космонавта 7 м/с. Через какое время космонавт вернулся к борту космической станции, если первоначально он двигался со скоростью 1 м/с?**

**Решение:**



$$Ox: m_K v_{K1} = m_Я v_Я - (m_K - m_Я) v_{K2}$$

$$-(m_K - m_Я) v_{K2} = m_K v_{K1} - m_Я v_Я$$

$$(m_K - m_Я) v_{K2} = m_Я v_Я - m_K v_{K1}$$

$$v_{K2} = \frac{m_Я v_Я - m_K v_{K1}}{m_K - m_Я} = \frac{18 \cdot 7 - 120 \cdot 1}{120 - 20} = 0,06 \text{ м/с}$$

$$v_{K2} = \frac{l}{t}, t = \frac{l}{v_{K2}} = \frac{3}{0,06} = 50 \text{ с}$$

Ответ:  $t = 50 \text{ с}$

**4) Оцените время, необходимое для перелёта с орбиты Земли на орбиту Сатурна по траектории Цандера-Гомана. Радиус орбиты Сатурна принять равным  $1,42 \cdot 10^9$  км, радиус орбиты Земли  $150 \cdot 10^6$  км. Орбиты планет считать круговыми.**

**Решение:**

Т.к. космический аппарат движется по эллиптической траектории, то задачу можно решить, применив третий закон Кеплера  $\frac{T^2}{T_{Земли}^2} = \frac{a^3}{a_{Земли}^3}$ , где  $a$  – большая полуось орбиты аппарата,  $T$  – время одного оборота вокруг Солнца по этой эллиптической орбите, на которой находится аппарат,  $a_{Земли}$  – большая полуось орбиты Земли,  $T_{Земли}$  – время одного оборота Земли вокруг Солнца.

$$a = \frac{a_{Земли} + a_{Сатурна}}{2} = \frac{1,42 \cdot 10^9 + 0,15 \cdot 10^9}{2} = 7,85 \cdot 10^8 \text{ км,}$$

$$T = T_{Земли} \sqrt{\frac{a^3}{a_{Земли}^3}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{(7,85 \cdot 10^8)^3}{(1,5 \cdot 10^8)^3}} = 12 \text{ лет} - \text{ время одного оборота космического}$$

аппарата по эллиптической орбите. Откуда время перелета  $t = \frac{T}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ лет}$

Ответ:  $t = 6 \text{ лет}$

5) Во многих фантастических произведениях астероиды используют как оружие для бомбардировки планет. Кажется, что это очень эффективное оружие. Ядерное оружие, как правило, дорого. А астероид – это каменная глыба, которую надо «просто» направить в цель. Оцените энергию, которую надо сообщить астероиду, чтобы направить его к планете, если для этого его скорость надо изменить «всего» на 1 км/с.

Масса астероида  $10^5$  тонн, форма астероида близка к форме шара. (Результат выразить в тротиловом эквиваленте. Принять, что при взрыве 1 т тринитротолуола выделяется энергия около 4,2 ГДж.)

Оцените размеры астероида, если его плотность равна  $3000 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение:**

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{10^8 \cdot (10^3)^2}{2} = 5 \cdot 10^{13} \text{ Дж}$$

Энергия, необходимая просто для перевода астероида на траекторию удара, эквивалентна энергии взрыва атомной бомбы с энергосвободением 12 кт.

При этом от момента изменения орбиты до столкновения пройдут месяцы, а то и годы.

Определим радиус астероида

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3, \quad \rho = \frac{m}{V}, \quad m = \rho V, \quad m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho, \quad r^3 = \frac{3m}{4\pi\rho}, \quad r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 10^8}{4\pi \cdot 3 \cdot 10^3}} = 20 \text{ м}$$

Размер данного астероида приблизительно такой же, как у Тунгусского метеорита, при столкновении с планетой астероид таких размеров может в худшем случае вызвать локальные разрушения, а не глобальные, как в фантастических произведениях.

Ответ:  $E = 12 \text{ кт}$ ,  $r = 20 \text{ м}$ .