

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап
8 класс

Задание 1. (2.4. Солнце и звезды, их физические характеристики)

Согласно одной из гипотез об источнике энергии, поддерживающем температуру Солнца постоянной, долгое время считалось, что Солнце является непрерывно горящим объектом. Опровергните данную гипотезу, основываясь на том, что Солнце на 73% состоит из водорода, на 25% гелия и других элементов с меньшей концентрацией. Удельная теплота сгорания водорода 141 МДж/кг. Согласно гипотезе, предполагается, что для горения Солнце обладает доступом к неограниченному объёму кислорода.

Решение.

1) (2 балла – расчёт возможной энергии горения)

Гелий – инертный газ, поэтому не может вступить в химическую реакцию горения с кислородом. Значит, вся энергия, которая выделится при сгорании объёма вещества, входящего в состав Солнца, может быть только энергией горения кислорода:

$$Q=qm=0.73 \cdot 1.989 \cdot 10^{30} \cdot 141 \cdot 10^6 = 204.7 \cdot 10^{36} \text{ Дж.}$$

2) (3 балла – связь с мощностью и светимостью)

Светимость Солнца равна мощности его горения: $P=L$, а мощность представляет из себя количество энергии за время $P=Q/t$

3) (3 балла – гипотеза корректно отвергнута, проведены расчёты и сделан вывод (по два балла за каждое))

Если предположить, что вещество Солнца горело бы равномерно (то есть светимость была бы постоянной), то выделяемой энергии хватило бы на время $t=Q/P=204.7 \cdot 10^{36} / (3.88 \cdot 10^{26}) = 52.76 \cdot 10^{10}$ (с) или примерно на 16770 лет, что меньше даже времени существования человечества. Кроме того, такого количества доступного кислорода у Солнца нет. Гипотеза отвергнута.

Задание 2. (3.3. Основы небесной механики)

После окончания экспедиции на Марс ракета стартовала с поверхности планеты с не меняющимся во времени ускорением $|\vec{a}| = 4 \text{ м/с}^2$. Какой вес был у космонавта в момент взлёта, если его масса $m=70 \text{ кг}$. Какой вес будет у космонавта на очень большом расстоянии от планеты?

Решение.

1) (3 балла – верно составлена зависимость для веса)

Вес \vec{P} – это сила, с которой тело давит на опору. Согласно третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе, с которой ракета давит на тело, но противоположно направлена. Согласно второму закону Ньютона

$$\vec{P} = -\vec{a}m + \vec{g}_{mars} m$$

Тогда выбрав координаты против направления движения ракеты получим, что $P = at + g_{mars}m$

2) (3 балла – верный расчёт для первого вопроса)

Ускорение свободного падения на поверхности Марса найдём из закона всемирного тяготения Ньютона: $g_{mars} = G \frac{M_{mars}}{R_{mars}^2} \approx 3.7 \text{ м/с}^2$. То есть, при взлёте вес космонавта составлял $(4+3,7)*70=539\text{Н}$.

3) (2 балла – верный расчёт для второго вопроса)

С удалением от Марса сила притяжения уменьшается и в пределе стремится у нулю. То есть на большом расстоянии от Марса вес космонавта будет равен $at = 280\text{Н}$.

Задание 3. (3.5. Система Земля-Луна)

С поверхности Луны в полнолуние со скоростью 70км/с запущена ракета с направлением точно в центр Земли. Чему равен угол движения ракеты по отношению к центру Земли в начале полёта? Достигнет ли ракета Земли? Угловой радиус Земли, наблюдаемый с Луны, близок к 1° .

Решение.

1) (4 балла – определён угол полёта ракеты)

Средняя скорость движения Луны относительно Земли равна $\frac{2\pi R_{луна}}{T_{луна}} \approx 1 \text{ км/с}$. Так как по условию задачи ракета запущена перпендикулярно к движению Луны (Луна находится в полнолунии), то угол движения ракеты по отношению к центру Земли определится выражением $tg(\alpha) \approx \frac{1\text{км/с}}{70\text{км/с}} \approx 0,014$ (может быть нарисован прямоугольный треугольник для векторов скоростей в решении). Так как значение тангенса мало, то и $tg(\alpha) \approx \alpha \approx 0,014\text{рад} \approx 0,8^\circ$.

2) (4 балла – сделан вывод о движении ракеты)

Угол $0,8^\circ$ меньше углового радиуса 1° , то есть ракета будет двигаться по направлению к Земле. Земля и Луна находятся во взаимном движении, поэтому движение Земли не повлияет на движение ракеты относительно себя. Кроме того, притяжение Земли приблизит траекторию движения ракеты к Земле. Если ракета не сгорит в атмосфере, то она достигнет поверхности Земли.

Задание 4. (3.4. Солнечная система)

Период обращения кометы Энке составляет 3,3 года, а минимальное расстояние от Солнца – 0,33 а.е. Определить максимальное расстояние кометы от Солнца.

Решение.

1) (2 балла – записан третий закон Кеплера)

Согласно третьему закону Кеплера $\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{2/3}$.

2) (4 балла – в третьем законе Кеплера взяты параметры Земли (не обязательно, можно Марс, Юпитер и т.д.) и верно рассчитана большая полуось)

Период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году, Земля движется относительно Солнца практически по окружности, то есть большая полуось орбиты Земли близка к 1 а.е. Тогда большая полуось Энке равна

$$a = 3.3^{2/3} \approx 2.22 \text{ а.е.}$$

3) (2 балла – верно получен ответ)

Максимальное удаление от Солнца: $2a - r_{\min} = 4.11 \text{ а.е.}$