

**Задания муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2020 – 2021 учебный год
10 класс**

**время выполнения 180 минут
максимальный балл- 48**

Задача 1. Вифлеемская звезда.

Соединения Сатурна и Юпитера в древности именовались великими. Вычислите средний период P их наступления.

Решение: Синодический период планет S_x выражается через сидерические периоды планет T_x и Земли T_3 :

$$\frac{1}{S_x} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_x}. \quad (1) \quad (2 \text{ балла})$$

Средний промежуток времени между великими соединениями P связан с синодическими периодами планет соотношением:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{S_c} - \frac{1}{S_{ю}} \quad (2) \quad (2 \text{ балла})$$

В формуле (2), на основании формулы (1), можем заменить синодические периоды на сидерические:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T_{ю}} - \frac{1}{T_c} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{11,862} - \frac{1}{29,458}$$

$$P \approx 19,86 \text{ лет} \quad (2 \text{ балла})$$

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 2. Обозреваем окрестности

Читаем повесть «Малыш» А. и Б. Стругацких:

«Майка сидела за пультом обзора - на панорамном экране виднелся Комов, крошечная фигурка у самого берега; над болотом шевелился туман, и больше никакого движения на всех трёхстах шестидесяти градусах в радиусе семи километров от корабля не было заметно».

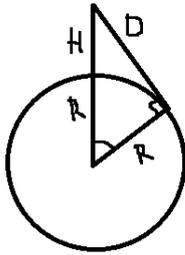
Вопрос: почему обзор панорамного экрана ограничивался именно этими величинами (360^0 и 7 км)? Учитывая, что обзорная камера располагалась на высоте 3м над уровнем планеты, что можно сказать о размере планеты и свойствах её атмосферы?

Решение: сразу ясно, что атмосфера планеты весьма прозрачная, не хуже земной. На Земле, на уровне моря, при наблюдении на 5-6 км уже вполне заметным становится рассеяние и поглощение света в атмосфере. Правда, в тексте Стругацких сказано о тумане над болотом. Но, видимо, он был низким и не мешал наблюдателю. (2 балла)

Угол в 360^0 – это полная окружность; следовательно, камера смотрела во все стороны, осматривая весь горизонт. Если понимать текст так, что во всех

направлениях было видно на 7 км, то это означает, что местность плоская, равнинная, лишённая высоких холмов и растений (болото!).

Если во всех направлениях было видно на одно и то же расстояние (7 км), то это расстояние до истинного горизонта, т.е. до точки где луч зрения параллелен поверхности планеты и перпендикулярен отвесной линии, т.е. радиусу планеты, проходящему через точку наблюдателя. (2 балла)



R- радиус планеты

H- высота наблюдателя над её поверхностью

D- расстояние до горизонта

Если пренебречь атмосферной рефракцией, искривляющей ход световых лучей, то эти три отрезка составляют прямоугольный треугольник. Из теоремы Пифагора

$$(R+H)^2 = R^2 + D^2 \quad (2 \text{ балла})$$

$R^2 + 2RH + H^2 = R^2 + H^2$, поскольку планета удерживает атмосферу (туман!), её радиус не менее 1000 км, а значит $R \gg H$. Следовательно, в левой части уравнения можно пренебречь членом H^2 . Тогда

$$2RH = D^2, \text{ отсюда } R = \frac{D^2}{2H}, D = 7 \text{ км и } H = 3 \text{ м. Получим } R = 8167 \text{ км. (2 балла)}$$

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 3. За орбитой Плутона.

Астрономы подозревают, что за орбитой Плутона, в поясе Койпера, движется множество крупных астероидов и ядер комет. Можно ли обнаружить астероид диаметром 350 км, имеющий альбедо 7%, на расстоянии 100 а.е. от Солнца с помощью наземного телескопа, обладающего предельной чувствительностью 24^m ?

Решение: альбедо астероида такое же, как у Луны, а его диаметр в 10 раз меньше. Значит, он будет отражать в 10 раз меньше света, что даст проигрыш на 5^m . (1 балл) Астероид в 100 раз дальше от Солнца, чем Луна. Значит, освещённость его поверхности в 10000 раз ниже, что даст дополнительный проигрыш в 10^m . (1 балл) От Земли астероид в $100 \times 150 \text{ млн км} / 384400 \text{ км} = 39\,022$ раза дальше Луны, что снижает его блеск в 1,53 млрд раз, т.е. на 23^m . (1 балл) В сумме мы теряем относительно Луны 38^m . (1 балл) Поскольку астероид очень далеко, мы всегда видим его поверхность полностью освещённой Солнцем, следовательно, сравнивать его блеск следует с блеском Луны в полнолуние ($-12,7^m$). (2 балла) В результате блеск астероида будет равен $38^m - 12,7^m = 25,3^m$. Для указанного телескопа он будет недоступен. (2 балла)

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 4. От Солнца до Земли.

Для объяснения того, сколь велико расстояние от Земли до Солнца, поэт Гебель в своей «Сокровищнице» (Литцман, 1959, с 17) воспользовался таким примером:

«Артиллерист, находясь на Солнце, направляет орудийный снаряд как раз на тебя. Ты в испуге убегаешь. Но не волнуйся: тебе нечего спешить, ты имеешь ещё много времени, чтобы избежать снаряда».

Определите, за какое время снаряд, пущенный с поверхности Солнца со скоростью 5000 км/ч, преодолеет путь до Земли.

Решение: двигаясь с постоянной начальной скоростью, снаряд пролетел бы это расстояние за $150\,000\,000\text{ км}/5000\text{ км/ч} = 30\,000\text{ ч} = 1250\text{ дн} = 3,4\text{ года}$. (4 балла) Учитывая, что вторая космическая скорость на поверхности Солнца

равна $\sqrt{\frac{2GM}{R}} = 618\text{ км/с}$, а скорость снаряда $5000\text{ км/ч} = 1,4\text{ км/с}$, ясно, что снаряд не покинет Солнце. (4 балла)

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 5. Бег в невесомости.

Американские астронавты, работавшие на орбитальной станции «Скайлэб» (1973 г), занимались бегом по внутренней поверхности станции, представлявшей собой цилиндр диаметром около 6 м. С какой скоростью нужно бежать в таких условиях, чтобы ощутить земную силу тяжести? Как при этом должна быть ориентирована станция?

Решение. Из формулы центростремительного ускорения $a = \frac{v^2}{r}$ найдём значение скорости $v = \sqrt{gr} = 5,4\text{ м/с}$. (4 балла) Это нормальная скорость бега для тренированного человека. Ориентация станции в данном случае никакого значения не имеет. (4 балла)

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 6. Полярная Луна.

Будет ли на небе Луны созвездие Малой Медведицы играть роль Полярной звезды?

Решение. Полус вращения Луны практически совпадает с полюсом эклиптики, (2 балла) который лежит в созвездии Дракона. Там нет ярких звёзд. (2 балла) Но «черпак» ковша Малой Медведицы удалён от него на такое же расстояние, как и от конца своей «ручки», где расположена Полярная звезда. (2 балла) Так что, если не требовать высокой точности, то «черпак» Малого Ковша отмечает область северного полюса мира и может быть использован для ориентации на поверхности Луны. (2 балла)

Максимальный балл- 8 баллов