

Всероссийская олимпиада по астрономии

2019/2020 учебный год

Муниципальный этап

11 класс

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Ответы должны быть подробными и снабжены пояснениями и рисунками. Каждая задача оценивается в 8 баллов. Время на выполнение задания – 180 минут.

1. Часто можно встретить фразу, что угловое расстояние между Луной и Солнцем в момент фазы первой (или последней) четверти (т.е. когда для наблюдателя на Земле освещена ровно половина лунного диска) составляет 90 градусов. В чём неточность данного утверждения? Вычислите истинное значение этого угла. Обязательно поясните свой ответ рисунком.

Решение: Утверждение было бы верным, если бы Солнце располагалось на бесконечно большом расстоянии. Но из-за конечности расстояния до Солнца этот угол менее 90 градусов (2 балла) (именно так и было впервые измерено расстояние до Солнца). Обозначив искомый угол α , а расстояние до Луны R , легко получим

$$\operatorname{tg} \alpha = 1 a. e. / R, \operatorname{tg} \alpha = 1.496 \cdot 10^8 / 384 \cdot 10^3 = 386.6; \alpha \approx 89.85^\circ = 89^\circ 51' \quad (4 \text{ балла вычисления})$$

(т.е. 90° – это угол при вершине «Земля» в треугольнике «Солнце – Земля – Луна»). (2 балла рисунок)

2. В книге Яна Ларри «Необыкновенные приключения Карика и Вали» ребята, выпив волшебный напиток, уменьшились в размере. редполагая, что рост ребят в обычном состоянии был 1 метр, а стали они размером в 1 см, рассчитайте, сколько звёзд могли они увидеть на ночном небе, когда стали маленькими. Считайте, что при уменьшении пропорции тела человека остаются постоянными, а чувствительность сетчатки глаза не меняется.

Решение: очевидно, что при пропорциональном уменьшении диаметр зрачка так же уменьшился в 100 раз, т.е. на сетчатку от точечного источника стало приходить в 10000 раз меньше энергии (3 балла). Т.е. на пределе после уменьшения ребята смогли видеть лишь звезды, в 10000 раз более яркие, чем сейчас. 10000 раз соответствует разнице в 10 звездных величин, поэтому пропускание составило $6-10 = -4^m$ (3 балла). Объектов ярче этого предела на земном небе три – Солнце, Луна и Венера. При этом ночью видны только Луна и Венера, но это не звезды (1 балл). Поэтому ответ – ни одной звезды (1 балл финальный ответ при верных рассуждениях).

3. В произведении Бажова «Серебряное копытце» есть такие строки: «Ночь месячная, светлая, далеко видно. Глядит Дарёнка — кошка близко на покосном ложке сидит, а перед ней козёл. Стоит, ножку поднял, а на ней серебряное копытце блестит.

...Тут вспрыгнул козёл на крышу и давай по ней серебряным копытцем бить. Как искры, из-под ножки-то камешки посыпались. Красные, голубые, зелёные, бирюзовые — всякие».

Пред вами иллюстрация этих строк (рис. 1). Укажите, в какое время ночи (начало ночи, середина или под утро) происходили описываемые события. Ответ обоснуйте. Какие астрономические неточности допустил художник на иллюстрации?

Рис. 1

Решение:

Дело происходило утром. На рисунке показан стареющий месяц, в северном полу-шарии Земли (Бажов писал сказы об Урале), стареющий месяц можно наблюдать только перед восходом Солнца (3 балла).

К астрономическим неточностям можно отнести следующие:

1) линия, соединяющая «рожки» месяца должна являться диаметром лунного диска, на рисунке «рожки» явно более «длинные» (3 балла);

2) около месяца нарисованы звёзды, но яркость месяца слишком велика и рассеянный лунный свет не позволяет наблюдать звезды около лунного диска. Кроме того, на светлом предутреннем небе (что соответствует фазе месяца и его высоте над горизонтом) видны только самые яркие звёзды, которых заметно меньше, чем нарисовано на рис. 1 (2 балла).

3) Звезды нарисованы случайным образом

4. Вычислите, на сколько звездных величин яркость белого карлика меньше находящегося на том же расстоянии от наблюдателя Солнца. Температуру белого карлика принять равной 11600 К Радиус белого карлика в 100 раз меньше солнечного, массы этих звезд равны.

Решение:

Светимость звезды $L=4\pi R^2\sigma T^4$, Температура Солнца 5800 К (3 балла знание в диапазоне 5000-6500К значение считается верным). Поэтому (при отношении температур в 2 раза) светимость составит $1.6 \cdot 10^{-3} = 1/625$ от солнечной (3 балла). В звездных величинах это на $6.99 \approx 7^m$ слабее (2 балла).

Примечание: если температуры принимались иными (от 5000 до 6500К), но дальнейшие рассуждения и вычисления верные, то ответ будет также иным, но школьник получает полный балл. Если принималось иное значение температуры, оценка снижается на 1, 2 или 3 балла при верных остальных вычислениях.

5. 14 октября 2020 года произошло противостояние Марса. Когда произойдет следующее противостояние этой планеты? Для решения этой задачи вы можете использовать только данные, приведенные в справочном разделе.

Решение:

Найдем сидерический период обращения Марса. Он составит $1.523^{3/2}=1.8795$ земного года (3 балла).

Из уравнения синодического движения получим интервал между противостояниями $1/S=(1 - 1/1.8795)$; $S=2.137$ года или 2 года 50 дней (3 балла). Поэтому следующее противостояние произойдет примерно 30 октября 2022 года (2 балла дата).

Примечание: априорное использование (без вывода) синодического периода обращения Марса снижает оценку на 3 балла, т.е. 5 баллов максимально за задачу..

6. Вы проснулись на неизвестном вам необитаемом острове и заметили, что в течение суток максимальная высота Солнца над горизонтом составляет 40 градусов.

Как без средств связи, современных вычислительных устройств и часов, за время, не превышающее 1 месяц, при наличии ясной погоды определить

А) Полушарие, в котором вы находитесь

Б) Примерное время года

В) Примерную широту

Решение:

Поскольку максимальная (т.е. полуденная) высота Солнца составляет 40 градусов, то остров заведомо находится вне зоны тропиков, что заметно облегчает задачу.

А) Полушарие ночью можно определить по околополярным созвездиям и самой наличию Полярной звезды (северное) или отсутствию яркой звезды в месте, относительно которого происходит вращение неба (южное). Днём это возможно по наблюдению движения Солнца – в северном оно будет двигаться слева направо (к югу от зенита), в южном справа налево (к северу от зенита). Вблизи экватора этот метод не работал бы – там Солнце может двигаться как к северу, так и к югу от зенита. (Любой из методов – 3 балла).

Б) Время года можно определить по созвездию, в котором находится Луна в полнолуние или внешняя планета в противостоянии. Оно противоположно точке нахождения Солнца. Аналогично, если вы хорошо знакомы с изменением сезонного вида звездного неба – то по виду рисунка созвездий в начале или конце ночи. Так, восходящий на вечернем небе Орион соответствует декабрю, а если он восходит перед утренней зарёй – июлю. В любом случае, вам потребуется знание звездного неба – и именно так ориентировались по временам года в древности (любой верно аргументированный метод 3 балла)

В) Широта определяется по высоте Полярной звезды (строго говоря – Северного полюса мира) в северном полушарии или Южного полюса мира – в Южном. В дневное время широту можно определить по длине полуденной (самой короткой) тени от вертикального предмета по отношению к высоте этого предмета (по сути – по полуденной высоте Солнца, ведь мы знаем месяц года, т.е. примерно можем определить его склонение, которое однозначно связано с высотой и широтой). (2 балла за любой верный аргументированный метод).

В любом случае следует оценивать верные рассуждения и понимание сути описываемых явлений.

Справочные данные: Некоторые параметры больших планет Солнечной Системы

Планета	Большая полуось орбиты, а.е.	Сидерический период обр-я вокруг оси, ср.солн.сут.	Наклон оси вращения к плоскости орбиты, °
Меркурий	0.387	58.6462	0.01
Венера	0.723	-243.0185 (вр-е обратное)	177.36
Земля	1.000	0.99726963	23.44
Марс	1.523	1.02595675	25.19
Юпитер	5.204	0.41354 (на экваторе)	3.13
Сатурн	9.584	0.44401 (на экваторе)	26.73
Уран	19.187	-0.71833 (на экваторе)	97.77
Нептун	30.021	0.67125 (на экваторе)	28.32

Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^8$ км; Большая полуось орбиты Луны $384 \cdot 10^3$ км; Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$; Широта Казани – $55^\circ 47'$; угловой размер Солнца – $32'$, радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5$ км; продолжительность тропического года на Земле 365.24 суток.