

Всероссийская олимпиада по астрономии

2019/2020 учебный год

Муниципальный этап

10 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

$$\operatorname{tg} \alpha = 1 \text{ а. е. } / R, \operatorname{tg} \alpha = 1.496 \cdot 10^8 / 387 \cdot 10^3 = 386.6; \alpha \approx 89.85^\circ = 89^\circ 51' \text{ (4 балла вычисления)}$$

(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 проникание 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 температуре Солнца (такие белые карлики также встречаются). Радиус белого карлика в 100 раз меньше солнечного, массы этих звезд равны.

Решение:

Светимость звезды $L=4\pi R^2\sigma T^4$, что при равных температурах даст $L\sim R^2$. Поэтому светимость составит 10^{-4} от солнечной (5 баллов), или на 10^m слабее (3 балла).

5. Предположим, ровно посередине между Землей и Марсом вокруг Солнца по круговой орбите вращается фарфоровый чайник массой 0.5 кг. Определите период вращения чайника.

Решение:

Большая полуось орбиты чайника составит $(1+1.523)/2=1.25$ а.е. (3 балла)

Сидерический период обращения чайника (учтя, что масса чайника и Земли намного меньше массы Солнца) составит $1.25^{3/2}=1.40$ земного года = 510 земных дней (5 баллов).

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.

Задания разработаны на кафедре астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета, со всеми вопросами обращаться к Жучкову Роману Яковлевичу, e-mail: gilgalen@yandex.ru тел. +7 (843) 2927797