

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

2019/2020 учебный год

Муниципальный этап

10 класс

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Приведите два следующих из наземных наблюдений, выполняемых невооруженным глазом или фотоаппаратом, аргумента в пользу того, что Земля имеет форму, близкую к сферической.

Решение: Возможные варианты аргументов (основные идеи):

1. Приближение корабля (сначала появляются мачты, потом верхняя часть палубы, потом весь корабль целиком);

2. Круглая тень, отбрасываемая Землей на Луну во время Лунного затмения;

3. Понижение линии горизонта при подъеме на возвышенность;

4. Изменение высоты звезд (Солнца) в кульминацию при изменении широты наблюдателя;

5. Изменение высоты Солнца (звезд) над горизонтом при смещении вдоль параллели (иначе – необходимость введения часовых поясов или то, что в Москве 15ч дня, а в Петропавловске-Камчатском полночь);

6. Различный вид звездного неба в Северном и Южном полушариях.

Можно привести и иные аргументы. Каждый довод (обоснованный рассуждением или рисунком) оценивается в 4 балла, в сумме не более 8 баллов.

2. Укажите (в градусах и минутах дуги) широты тропиков и полярных кругов на Марсе. Обоснуйте свой ответ.

Решение: тропики – параллели, на которых хотя раз в год Солнце кульминирует в зените, модули их широт равны углу наклона экватора к плоскости орбиты, в случае Марса это $25^{\circ}11'$ (2 балла определение тропиков, 2 балла перевод наклона из десятичной дроби в $25^{\circ}11'$, 1 балл широта тропиков). Полярные круги – параллели, на которых начинается зона полярного дня и полярной ночи (в предположении что Солнце точка и нет рефракции – школьникам это указывать не обязательно). Их широта – это дополнение наклона экватора к плоскости орбиты до 90° , в случае Марса это $64^{\circ}49'$ (2 балла определение полярных кругов, 1 балл их широта для Марса).

3. На рисунке представлена иллюстрация к сказке П.П. Ершова «Конёк-Горбунок»:

...Кто-то в поле стал ходить
И пшеницу шевелить.
Мужички такой печали
Отродясь не видали...

...Вдруг о полночь конь заржал...
Караульщик наш привстал,
Посмотрел под рукавицу
И увидел кобылицу.

Кобылица та была
Вся, как белый снег, бела,
В землю грива золотая,
В мелки кольца завитая.

Часть какого созвездия изобразил художник на рисунке?

Все ли верно, с т.з. астрономии, показано на рисунке, учтя контекст сказки и условия видимости этого созвездия в средних широтах?

Решение: На рисунке в верхнем правом углу видна узнаваемая часть созвездия Ориона (2 балла). Созвездие расположено почти вертикально, т.е. находится незадолго до верхней кульминации. В умеренных широтах Северного полушария такое расположения созвездия в около полуночи имеет место в декабре (4 балла за рассуждения о расположении созвездия и времени года). В сказке указывается, что кобылица «пшеницу шевелила», то есть речь идет о летних месяцах, в крайнем случае – сентябре, но никак не о начале зимы. Это же видно и на рисунке. Т.е. неточность – вид звездного неба в полночь не соответствует возможному времени действия в сказке (2 балла финальный вывод).

4. Сегодня (11 ноября) состоится прохождение Меркурия по диску Солнца. Оно начнется в $12^{\text{h}}35^{\text{m}}$ UT. На каких долготах на территории России этот момент может наблюдаться? Заход Солнца 11 ноября в 16^{h} местного времени.

Решение: Прохождение будет видно всюду, где Солнце будет над горизонтом в это время (1 балл). Заход Солнца в 16^{h} местного времени будет соответствовать $12^{\text{h}}35^{\text{m}}$ UT на долготе $16^{\text{h}} - 12^{\text{h}}35^{\text{m}} = 3^{\text{h}}25^{\text{m}}$ или $51^{\circ}15'$ (4 балла). Западная граница зоны видимости будет находиться в западном полушарии (1 балл). Таким образом, в России начало прохождения будет видно от долготы $51^{\circ}15'$ до западных границ (Калининградская область) (2 балла финальный ответ).

5. Земля совершает оборот вокруг центра Галактики за 250 млн. лет (этот промежуток времени называют "галактический год"). Определите массу Галактики, сосредоточенную внутри галактической орбиты Солнца.

Решение: по третьему обобщенному закону Кеплера $M=a^3/T^2$, где большая полуось выражена в а.е., а период в годах (возможно и «классическое» выражение закона в СИ) (4 балла). Подставив численные значения, получим $M=(8 \cdot 10^3 \cdot 206265)^3 / (250 \cdot 10^6)^2 = 71.9 \cdot 10^9$ масс Солнца. (2 балла верная подстановка численных значений в формулы, 2 балла расчет).

6. Мы наблюдаем Нептун в телескоп с Земли. Нептун находится в противостоянии. Каков должен быть диаметр телескопа, чтобы получать в фокальной плоскости такое же количество энергии (за секунду времени), как получил бы человек, находящийся на спутнике Урана и наблюдающий Нептун в противостоянии, на сетчатке глаза? Считать, что наблюдатель на спутнике Урана не использует оптику.

Решение: В противостоянии для наблюдателя на Уране расстояние до Нептуна $30-19.2=10.8$ а.е., а для наблюдателя на Земле $30-1=29$ а.е. Т.е. для наблюдателя на Уране Нептун в $29/10.8=2.69$ раз ближе, чем на Земле, т.е. единица площади получает в $2.69^2=7.21$ раз большую энергию за единицу времени (2 балла за верное определение расстояний в конфигурациях, 2 балла закон обратных квадратов). Для компенсации этого на Земле нам потребуется телескоп с собирающей поверхностью объектива в 7.21 раз больше, т.е. диаметр объектива д.быть в 2.69 раз больше, чем диаметр зрачка человеческого глаза (2 балла верные рассуждения о параметрах телескопа), т.е. $6 \cdot 2.69=16.4$ мм (2 балла ответ). Очень скромный инструмент, меньше, чем первые телескопы Галилея и Ньютона!

*Примечание: хотя рассуждения в духе «Нептун в 2.7 раз дальше, поэтому телескоп должен быть в 2.7 раз больше, чем глаз» формально приведут к верному ответу, но такое решение (без промежуточной аргументации) оценивается **НЕ ВЫШЕ, ЧЕМ В 4 БАЛЛА**.*

Справочные данные: Некоторые параметры больших планет Солнечной Системы

Планета	Большая полуось, а.е.	Сидерический период обращения 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) (вр-е обратное)	97.77
Нептун	30.021	0.67125 (на экваторе)	28.32

Видимая звездная величина Солнца и Луны в полнолуние $m(\text{Sun})=-26.7^m$, $m(\text{Moon})=-12.7^m$

Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^8$ км; $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.}$;

Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$; период прецессии земной оси 25500 лет;

Широта Казани – $55^\circ 47'$; угловой размер Солнца - $32'$, радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5$ км; угол рефракции в горизонте - $35'$, диаметр зрачка человека 6 мм.

Экваториальные координаты Сириуса $\alpha = 06^h 43^m$ и $\delta = -16^\circ 35'$.