

Всероссийская олимпиада школьников 2023-2024

Муниципальный этап

Астрономия

10 класс

Ответы и критерии

Максимальный балл - 48 баллов

Задача 1 (8 баллов)

Любитель путешествовать отправился в странствия. Он вел дневник, в который заносил свои наблюдения. Среди прочих записей в дневнике оказались в наличии записи о наблюдении Полярной звезды в ясные ночи. Можно ли по этим данным сделать вывод о том, где находился путешественник в этот момент? Поставьте в соответствие положение Полярной звезды на небесной сфере положению путешественника на земном шаре.

Ответы могут повторяться.

Положение Полярной звезды
на небесной сфере

1. Вблизи зенита
2. Вблизи точки востока горизонта
3. В горизонте на севере
4. На высоте $66,5^\circ$ над горизонтом
5. Над точкой юга горизонта
6. Звезды ее видно

Положение путешественника на
земном шаре

- А. Где-то на 33-й параллели
- Б. Вблизи экватора
- В. Примерно на 66-й параллели северного полушария
- Г. Вблизи северного полюса
- Д. Где-то в южном полушарии
- Е. Такого быть не может, путешественник ошибочно определил звезду или стороны света

Решение и критерии оценивания

Ответ:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Г | Е | Б | В | Е | Д |

- 6 верных – 8 баллов;
5 верных – 6 баллов;
4 верных – 4 балла;
3 верных – 2 балла;
1-2 верных – 0 баллов.

Задача 2 (8 баллов)

Путешественник зафиксировал в своем дневнике наблюдение полного лунного затмения, описав при этом, что ущерб диска Солнца начался снизу. Где находился в это время наблюдатель? В какое время суток он наблюдал затмение?

Решение и критерии оценивания

| | |
|--|------|
| Орбитальное движение Луны проявляется в ее видимом движении относительно звезд с запада на восток с периодом 27,32 суток (сидерический месяц). Орбитальное движение Земли проявляется в видимом движении Солнца тоже с запада на восток с периодом 1 год. Поэтому лунный диск во | 3 б. |
|--|------|

| | |
|---|------|
| время движения догоняет солнечный диск и касается его западной стороны. | |
| Западная область на диске Солнца может оказаться внизу только во второй половине дня в странах не очень далеких от экватора. | 2 б. |
| Максимальную широту этих мест можно вычислить так: она будет равна максимальному углу между плоскостями лунной орбиты и земного экватора $23,5^\circ + 5,1^\circ \sim 28^\circ$. | 3 б. |

Задача 2 (8 баллов)

Путешественник в своих дневниках отразил, что останавливаясь на ночлег в окрестностях населенных пунктов, тихими ясными звёздными ночами наблюдал на небе туманности и галактики, причем невооруженным глазом. Проверьте, не случал ли он, если известно, что разрешающая способность глаза человека с хорошим зрением $2'$, и на пределе он видит точечные источники с блеском 6^m . Ответ объясните.

| Объект | Звездная величина | Прямое восхождение | Склонение | Расстояние до объекта, кпк | Линейный радиус объекта, кпк |
|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Туманность Эты Киля | 3^m | $10^h 45^m 06,0^s$ | $-59^\circ 52' 00''$ | 2500 | 100 |
| Магеллановы облака: | | | | | |
| Большое | $0,4^m$ | $5^h 23^m 34,6^s$ | $-69^\circ 45' 22''$ | 50 | 4,9 |
| Малое | $1,97^m$ | $0^h 52^m 38,0^s$ | $-72^\circ 48' 01''$ | 59 | 2,9 |
| Туманность Андромеды | $3,5^m$ | $00^h 42^m 44,33^s$ | $+41^\circ 16' 08''$ | 770 | 23 |
| Галактика Треугольник | 6^m | $1^h 33^m 50,90^s$ | $+30^\circ 39' 37''$ | 850 | 9,4 |
| Галактика Вертушка | $7,5^m$ | $14^h 03^m 12,51^s$ | $+54^\circ 20' 53''$ | 8300 | 26 |

Решение и критерии оценивания

| | |
|--|------|
| Невооруженным глазом можно видеть туманность Эты Киля, Большое и Малое Магеллановы облака, туманность Андромеды. (Верный краткий ответ без объяснения) | 1 б. |
| Объект виден невооруженным глазом, если его угловой размер превышает предел разрешения для человеческого глаза ($2'$). Угловой размер рассчитывается по формуле $\alpha = 2 \arctg \left(\frac{r}{D} \right),$ где r – линейный радиус объекта, D – расстояние до объекта. | 2 б. |
| Расчет угловых размеров для каждой туманности дает значения угловых размеров $>2^\circ$ для туманности Эты Киля, $>11^\circ/5^\circ$ для Большого и Малого Магеллановых облаков, соответственно, $\sim 3^\circ$ для туманности Андромеды, $>1^\circ$ для галактики Треугольника, $\sim 20'$ для галактики Вертушка. Угловые размеры всех указанных туманностей значительно превышают предел разрешения человеческого глаза. | 2 б. |
| Объект может быть виден невооруженным глазом, если его звездная величина меньше предела для точечных источников (6^m). Все объекты кроме галактики Вертушка удовлетворяют этому условию. | 1 б. |
| Туманность Треугольника не видна невооруженным глазом, поскольку глаз | 2 б. |

| | |
|--|--|
| видит точечные источники с блеском 6^m , протяженные источники такого же блеска вблизи населенных пунктов из-за наличия засветки увидеть нельзя. | |
|--|--|

Задача 4 (8 баллов)

Геостационарной называют круговую орбиту, расположенную над экватором Земли, находясь на которой, искусственный спутник обращается вокруг Земли с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси. Возможен ли запуск подобного арестационарного спутника (Арэс — в древнегреческой мифологии — бог войны, римский аналог Ареса – Марс)? Поясните свой ответ. В случае положительного ответа рассчитайте высоту «стояния» спутника над поверхностью Марса.

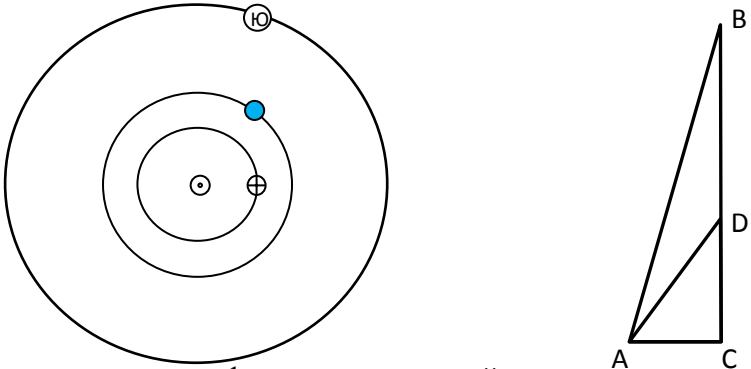
Решение и критерии оценивания

| | |
|---|------|
| Да, теоретически это возможно. | 1 б. |
| <p>Период обращения арестационарного спутника равен периоду вращения Марса вокруг своей оси.</p> <p>Высоту полета спутника можно искать несколькими способами, например, записав второй закон Ньютона (гравитационная сила придает спутнику центростремительное ускорение), дополнив его выражением для связи скорости равномерного движения тела по окружности с ее радиусом и периодом, либо используя напрямую третий обобщенный закон Кеплера. В любом случае выражение получится выражение</p> $R + h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3},$ <p>где R - радиус Марса, h - высота спутника над поверхностью Марса, G - постоянная всемирного тяготения, M - масса Марса, T - период обращения Марса вокруг своей оси.</p> | 5 б. |
| <p>Подстановка численных данных и получение верного ответа.</p> <p>Высота полета спутника над поверхностью $h = 16600\text{км}$.</p> | 2 б. |

Задача 5 (8 баллов)

На каком расстоянии находятся Марс и Юпитер, если они наблюдаются в западной квадратуре? Ответ выразите в астрономических единицах.

Решение и критерии оценивания

| | |
|---|------|
|  <p>Квадратура — это такая конфигурация внешней планеты относительно Земли и Солнца, когда угол планета-Земля-Солнце равен 90°. Если светило при этом находится к западу от Солнца, конфигурация называется западной квадратурой.</p> <p>A – Солнце, C – Земля, D – Марс, B – Юпитер.</p> | 4 б. |
| <p>Используя справочные данные о расстояниях между планетами и Солнцем ($AC=1$ а.е., $AD=1,524$ а.е., $AB=5,203$ а.е.), необходимо вычислить расстояние BD.</p> <p>Из прямоугольного треугольника ABC находим катет $BC = \sqrt{AB^2 - AC^2} = 5,11$ а.е.</p> <p>Из прямоугольного треугольника ADC находим катет $DC = \sqrt{AD^2 - AC^2} = 1,15$ а.е.</p> <p>Расстояние между Юпитером и Марсом, таким образом $BD = BC - DC = 3,96$ а.е. ~ 4 а.е.</p> | 4 б. |

Задача 6 (8 баллов)

Представим себе звездное скопление из 1000 одинаковых звезд, каждая из которых блеск равный 7^m . Чему равен полный блеск этого скопления?

Решение и критерии оценивания

| | |
|---|------|
| <p>Используя формулу Погсона, определим на сколько звездных величин отличается блеск одной звезды от блеска всего скопления</p> $m_1 - m_N = 2,5 \lg E_N/E_1$ | 3 б. |
| <p>Поток от скопления равен сумме потоков от всех звезд:</p> $E_N = NE_1$ | 1 б. |
| <p>Производя преобразования, получаем формулу для блеска скопления</p> $m_N = m_1 - 2,5 \lg E_N/E_1 = m - 2,5 \lg N.$ | 2 б. |
| <p>Выполняем расчеты</p> $m_N = 7^m - 2,5 \lg 1000 = -0,5^m.$ | 2 б. |