



Муниципальный этап по астрономии

Условия и решения

9 класс

29 ноября 2022

1. Факты

8 баллов

Выберите правильные факты. Поясните для каждого случая, почему вы так думаете.

- Луна повернута к Земле всегда одной стороной и поэтому не вращается вокруг своей оси.
- Солнце является желтым гигантом
- Солнце всегда восходит в точке востока и заходит в точке запада.
- Ближайшая к Земле карликовая планета — это Плутон

Решение. Разберем каждый из вариантов.

- «Луна повернута к Земле всегда одной стороной и поэтому не вращается вокруг своей оси»- **нет**. Луна к Земле действительно повернута одной стороной, это происходит только потому, что периоды вращения вокруг Земли и вокруг своей оси у Луны согласованы и равны.
- «Солнце является желтым гигантом»- **нет**. Нередко Солнце наоборот называют желтым карликом. Обычно звезду называют гигантом, если она имеет радиус от 10 солнечных радиусов.
- «Солнце всегда восходит в точке востока и заходит в точке запада»- **нет**. Это случается только в дни равноденствия, когда склонение Солнца равно 0° . Склонение Солнца меняется в течение года от -23.5° до 23.5° и только дважды в год Солнце оказывается на экваторе.
- «Ближайшая к Земле карликовая планета — это Плутон» — **нет**. К карликовым планетам относятся небесные тела в форме сферы, которые вращаются вокруг Солнца, но не имеют достаточной массы, чтобы очистить свою орбиту от метеоритов. Все признанные карликовые планеты находятся в имеющихся в Солнечной системе двух астероидных поясах. Плутон расположен в поясе Койпера, тогда как объекты в поясе астероидов за Марсом расположены ближе. В том числе, одна из карликовых планет — Церера.

Ответ. Верных утверждений нет

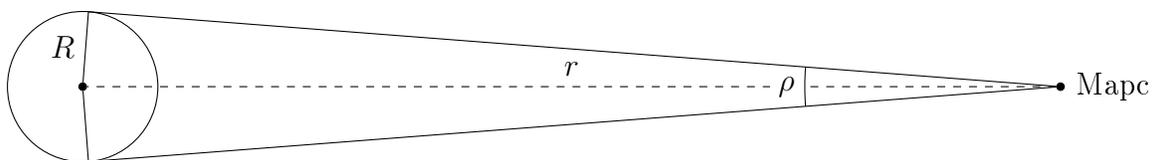
Критерии оценивания	8
Определение каждого утверждения с кратким обоснованием...	4×2
Верный ответ без обоснования	4×1

2. Солнце на Марсе

8 баллов

Определите видимый размер Солнца для наблюдателя на Марсе. Орбиту Марса считать круговой.

Решение. Нарисуем рисунок



Запишем формулу углового размера

$$\rho'' = \frac{206265 D}{r}$$

Диаметр Солнца возьмем из справочных данных $D_{\odot} = 2R_{\odot} = 2 \cdot 700\,000 \text{ км} = 1\,400\,000 \text{ км}$

Расстояние от Солнца до Марса равно 1.52 а.е.

Подставим значения в формулу углового размера

$$\rho'' = \frac{206265 \cdot 1\,400\,000 \text{ км}}{1.52 \cdot 150\,000\,000 \text{ км}} = 1\,267'' \approx 21.1'$$

Альтернативное решение. Известно, что угловой размер Солнца на Земле составляет $32'$. Угловые размеры обратно пропорциональны расстоянию - в n раз дальше, соответственно угловой размер в n раз меньше. $\rho = 21'$

Ответ. $\rho = 21.1'$

Критерии оценивания	8
Запись формулы для углового расстояния	2
Определение диаметра Солнца	2
Получение значения углового размера	4

3. Атмосфера Венеры

16 баллов

Оцените массу атмосферы Венеры, если она состоит преимущественно из углекислого газа CO_2 . Давление на поверхности $p = 94$ атм., масса Венеры $M_{\text{В}} = 0.8M_{\oplus}$, радиус Венеры $R_{\text{В}} = 6050$ км.

Решение.

Представим атмосферу как совокупность газовых столбов массой m и площадью сечения S . Каждый такой столб оказывает на поверхность планеты давление

$$p = \frac{mg}{S},$$

где g – ускорение свободного падения на данной планете.

Ускорение свободного падения на Венере вычисляется по формуле

$$g_{\text{В}} = G \frac{M_{\text{В}}}{R_{\text{В}}^2}.$$

Масса всей атмосферы Венеры $M_{\text{атм}}$ есть сумма масс всех столбов. Их количество мы можем вычислить разделив площадь поверхности Венеры на площадь сечения каждого столба. Тогда получим

$$M_{\text{атм}} = m \frac{S_{\text{В}}}{S} = m \frac{4\pi R_{\text{В}}^2}{S}.$$

Подставляя сюда массу столба и ускорение свободного падения получим итоговое выражение

$$M_{\text{атм}} = \frac{pS}{g_{\text{В}}} \frac{4\pi R_{\text{В}}^2}{S} = 4\pi \frac{pR_{\text{В}}^4}{GM_{\text{В}}}$$

Подставляя значения в эту формулу получим $M_{\text{атм}} \approx 5.0 \cdot 10^{20}$ кг.

Ответ. $M_{\text{атм}} \approx 5.0 \cdot 10^{20}$ кг..

Критерии оценивания

16

Связь между давлением и силой тяжести.....	4
Площадь шара.....	2
Определение g на Венере.....	6
Итоговый ответ.....	4

4. Восход

16 баллов

Определите высоту в верхней кульминации Солнца над горизонтом в день осеннего равноденствия в Долгопрудном ($\varphi = 56^\circ$, $\lambda = 37.5^\circ$ в.д.). Определите гражданское время момента восхода Солнца в этот день. Часовой пояс Московской области UTC+3. Уравнением времени и рефракцией пренебречь.

Решение. Для решения этой задачи необходимо вспомнить, что в момент равноденствий по определению склонение Солнца - $\delta_\odot = 0^\circ$.

Далее необходимо найти значение верхней кульминации:

$$h_{\text{в.к.}} = 90^\circ - |\varphi - \delta_\odot| = 90^\circ - 56^\circ + 0^\circ = 34^\circ$$

Теперь определим сколько времени будет в момент верхней кульминации Солнца:

$$t_{\text{в.к.}} = UT + n + D - \lambda = 12^h + 2^h + 1^h - \frac{37.5^\circ}{15} = 12^h 30^m$$

В день равноденствия Солнце находится на небесном экваторе - большом круге небесной сферы, поэтому горизонтом такой круг будет разделен на две части, и до меридиана - верхней кульминации, Солнце должно будет пройти четверть большого круга т.е. 6 часов. Найдем время восхода:

$$t_{\text{в.к.}} = UT + n + D - \lambda - 6^h = 12^h + 2^h + 1^h - \frac{37.5^\circ}{15} - 6^h = 6^h 30^m$$

Где UTC - всемирное время, n - номер часового пояса (в Московской области $n = 2$), D - декретное время (в Московской области $D = 1$):

Ответ. $h_{\text{в.к.}} = 34^\circ$, $t_{\text{в.к.}} = 6^h 30^m$.

Критерии оценивания

16

Нахождение склонения Солнца в равноденствие.....	2
Правильное использование верхней кульминации.....	4
Нахождение значения верхней кульминации.....	4
Правильный перевод долготы в часовую меру угла.....	2
Нахождение времени восхода.....	4

5. Минтака

16 баллов

Звезда Минтака ($\delta = -00^\circ 18'$) проходит диаметр поля зрения неподвижного телескопа за 1 минуту. Определите увеличение телескопа и диаметр поля зрения при этом увеличении. Поле зрения окуляра считать равным 45° .

Решение.

Диаметр поля зрения телескопа можно вычислить по формуле

$$\alpha_T = \tau \cos \delta,$$

где τ – время, за которое светило проходит диаметр поля зрения неподвижного телескопа. Звезда Минтака расположена неподалёку от небесного экватора, поэтому $\alpha_T \approx \tau$. В результате $\alpha_T = 0.25^\circ$.

Увеличение телескопа Γ связано с величиной поля зрения окуляра следующим образом

$$\Gamma = \frac{\alpha_{\text{ок}}}{\alpha_T}.$$

Тогда получим значение $\Gamma = 180$.

Критерии оценивания 16

Выражение размера поля зрения от времени	5
Нахождение поля зрения	3
Выражение для увеличения окуляр-телескоп	5
Нахождение увеличения	3

6. Спутник над Землей

16 баллов

Скорость движения спутника Земли 6.4 км/с. Спутник движется по круговой орбите в плоскости экватора. Определите период обращения спутника вокруг Земли. Определите, как часто спутник проходит через меридиан для земного наблюдателя. Движение спутника происходит по направлению вращения Земли вокруг своей оси.

Решение. Период обращения спутника можно определить из условия, что он движется с центростремительным ускорением, определяемым силой тяжести на расстоянии равном радиусу орбиты спутника:

$$\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} = g = \frac{V^2}{R}$$

Отсюда можно выразить радиус орбиты:

$$R = \frac{GM_{\oplus}}{V^2} = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6.4 \cdot 10^3)^2} = 9.77 \cdot 10^7 = 9770 \text{ км}$$

На следующем шаге можно определить период обращения спутника:

$$T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{23.149770}{6.4} = 9587 \approx 160 \text{ мин}$$

Этот шаг можно выполнить, используя III Закон Кеплера, сравнивая движение нашего спутника с другим известным спутником Земли, например, с Луной. Чтобы определить, как часто этот спутник проходит через меридиан наблюдателя, можно использовать синодическое уравнение, учитывая вращение для спутника и для поверхности Земли:

$$S = \frac{TT_{\oplus}}{T - T_{\oplus}} = \frac{1436 \cdot 160}{1436 - 160} = 180.06 \approx 180 \text{ мин}$$

При этом, за период обращения Землю следует брать звездный период осевого вращения в 23ч 56 мин.=1436 мин

Ответ. $T = 160$ мин, $S = 180$ мин.

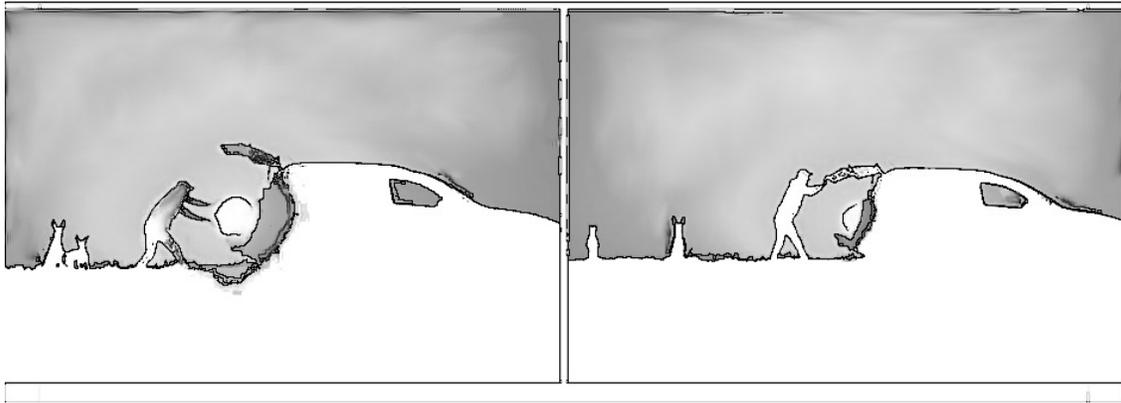
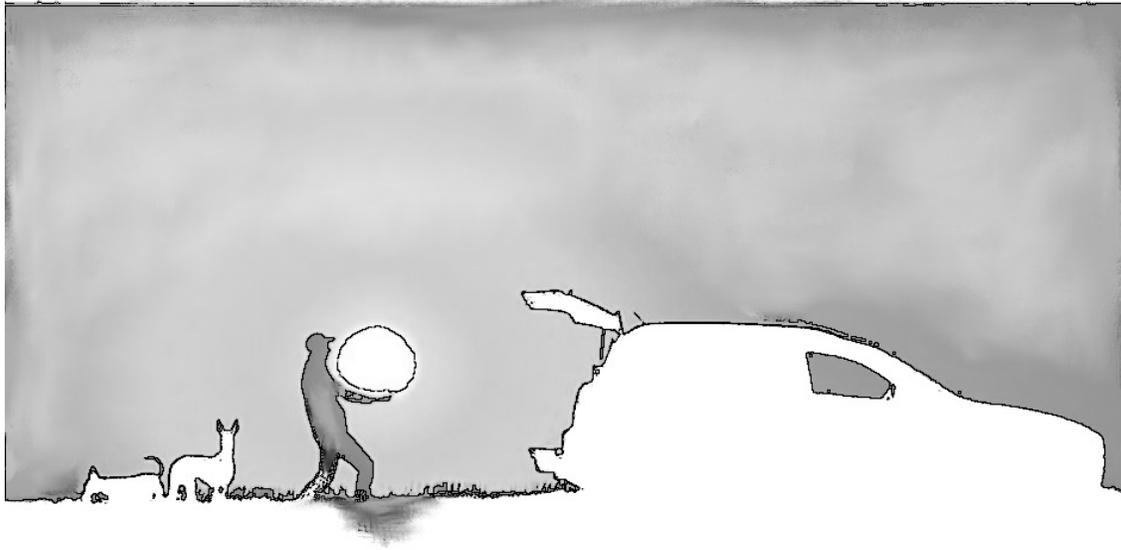
Критерии оценивания	16
Указаны формулы для расчета радиуса орбиты спутника	3
Указано численное значение радиуса орбиты спутника	2
Указан способ вычисления периода обращения спутника	2
Указано численное значение периода обращения спутника	3
Указание на сложение вращений спутника и Земли	3
Учтен звездный период вращения Земли	2
Получено численное значение для времени прохождения через меридиан	1

7. Закат Солнца вручную 20 баллов

Перед вами несколько негативов фотографий захода Солнца. Определите время между первой и последней фотографиями. Каково расстояние от фотографа до человека с машиной, если средний рост человека 1.8 м. Считать, видимый угловой размер диска Солнца равным 0.5°

Решение. Для ответа на вопрос о времени необходимо на один рисунок нанести крайние положения Солнца. Необходимо выбрать самый большой рисунок. Считая Машину не подвижной и используя положение центра Солнца на последней фотографии нанесем положения центра солнечного диска - оно окажется в начале багажника автомобиля.

Затем проведем измерения при помощи линейки и надем диаметр Солнца - $D_{\odot} = 9$ мм, расстояние между центрами изображений Солнца - $l = 26$ мм и высоту человека - $h_{man} = 21$ мм



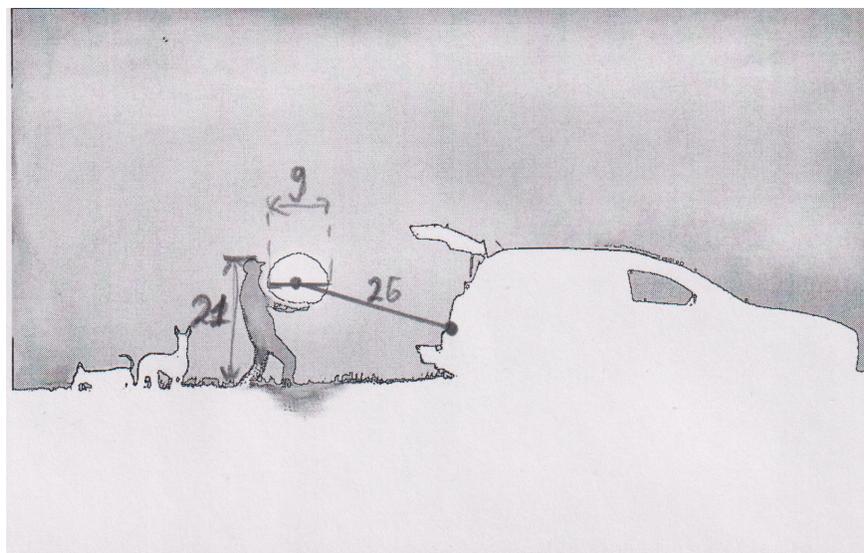
Вспомним, что размер диска Солнца на Земле, составляет 0.5° Следовательно $9 \text{ мм} = 0.5^\circ$ и от первого к третьему снимку центр Солнца прошел:

$$\alpha = \frac{26}{9} \cdot 0.5^\circ \approx 1.4^\circ$$

Поворот Земли на такой угол происходит за:

$$\tau = \frac{1.4^\circ}{360^\circ} \cdot 24 \cdot 60 = 5.6 \text{ мин}$$

Теперь определим расстояние до фотографа, Для этого вычислим угловой размер человека на фотографии:



$$\theta = \frac{21}{9} \cdot 0.5^\circ \approx 1.17^\circ$$

Воспользовавшись определением углового размера найдем расстояние:

$$R = \frac{57.3^\circ}{1.17^\circ} \cdot 1.8 = 88.2 \approx 88 \text{ м}$$

Ответ. $\tau = 5.6$ мин, $R = 88$ м.

Критерии оценивания	20
Опорный самый большой снимок - первый	1
Определение положения центра Солнца с третьего снимка	2
Измерение размера Солнца	1
Измерение пути центра Солнца	1
Определение угла поворота Земли	4
Пересчет во время поворота 5.6 мин	4
Измерение роста человека	1
Определение углового размера человека	2
Нахождение расстояния - $R = 88$ м.	4