

**Решения и рекомендации по оцениванию заданий школьного этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2023-2024 уч. год**

11 класс

Задание 1 (тема: 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты, категория сложности — 1)

Условие: Вам, вероятно, знаком бессмысленный стишок:

Рано утром, вечером,
в полдень на рассвете...

Неведомый слагатель этих стихов стремился выразить ими заведомую нелепость и подбирал слова, одно другому противоречащие. Между тем, приведенная фраза не совсем бессмысленна; существуют места на Земле, где такое определение времени вполне применимо и относится к некоторому реальному моменту. Где же и когда это бывает?

Решение: 1. «Рано утром, вечером», т. е. восход и закат Солнца происходят через чрезвычайно короткий промежуток времени, практически совпадают. Солнце лишь на мгновение появляется над горизонтом (только верхним краем диска).

2. Следовательно, этот момент есть верхняя кульминация Солнца — истинный полдень. Ему предшествует рассвет — утренние сумерки, пока Солнце приближается к горизонту снизу — «в полдень на рассвете».

3. Таким образом, ситуация следующая — Солнце кульминирует в точке юга точно на горизонте: $h_{\text{в.к.}} = 0$, $h_{\text{в.к.}} = 90^\circ - \varphi + \delta$, $\varphi = 90^\circ + \delta$.

Наименьшее значение склонения Солнца $-23^\circ 26'$ в день зимнего солнцестояния 22 декабря дает границу географической широты, за которой возможно такое явление $+66^\circ 34'$ — северный полярный круг.

Ответ: 22 декабря на северном полярном круге.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 2 балла, п. 2 — в 2 балла, п. 3 — в 4 балла.

Задание 2 (тема: 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу, категория сложности — 1).

Условие: Наибольшее расстояние от Солнца кометы Галлея составляет 35,4 радиуса земной орбиты, а наименьшее — 0,6. Прохождение ее вблизи Солнца наблюдалось в 1986 г.; в каком году произошло ее предыдущее прохождение?

Дано: $Q = 35,4$ а.е., $q = 0,6$ а.е., $D_1 = 1986$. $D_0 = ?$

Решение: $Q + q = 2a$, $a = \frac{Q+q}{2} = \frac{35,4+0,6}{2} = 18$ (а.е.)

$$T^2 = a^3, T = \sqrt{a^3} = \sqrt{18^3} = 76,36 \text{ (год)}$$

$$D_0 = D_1 - T = 1986 - 76 = 1910.$$

Ответ: 1910 год.

Рекомендации по оцениванию: Запись данных и искомого значений оценивается в 1 балл. Определение значения большой полуоси орбиты кометы вместе с вычислением оценивается в 2 балла. Запись Третьего закона Кеплера оценивается в 1 балл, формула для

сидерического периода — в 1 балл, вычисление — в 1 балл. Вычисление даты предыдущего появления кометы — 1 балл, запись ответа — в 1 балл. Правильный ответ без вычислений оценивается в 1 балл.

Задание 3 (тема:4.4. Экваториальные координаты и время, категория сложности — 1)

Условие: Какова будет продолжительность года на Земле, если она будет обращаться вокруг Солнца в прежнем направлении, но вращаться вокруг своей оси будет навстречу современному направлению?

Решение: 1. Основная единица измерения времени — сутки — промежуток между последовательными повторениями наблюдения одного и того же светила из одной и той точки земной поверхности (точнее, с одного и того же географического меридиана). Продолжительность суток определяется вращением Земли вокруг оси. Земля вращается вокруг оси в том же направлении, в котором она движется вокруг Солнца. Из-за движения Солнца в течение года солнечные сутки длиннее звездных на 3^m56^s .

2. Поэтому количество звездных суток в году на одни больше, чем солнечных суток. За один год (один оборот Земли вокруг Солнца) Земля совершает 365,2422 поворота вокруг своей оси относительно Солнца и 366,2422 поворота — относительно неподвижных звезд.

3. Если Земля будет вращаться в противоположном направлении, то число звездных суток в году останется прежним, но они будут на $3^m56^s + 3^m56^s = 7^m52^s$ длиннее солнечных суток. Число солнечных суток в году будет на одни больше, чем звездных, т. е. 367,2422, или на двое суток больше, чем в настоящее время.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 2 балла, при этом разница между солнечными и звездными сутками может быть указана приблизительно — 4 минуты. П. 2 оценивается в 2 балла, при этом число поворотов Земли вокруг оси может быть указано с округлением как целое. Однако, если участник указывает не продолжительность тропического года, а среднюю продолжительность календарного года 365,25 суток или 365,2425 суток, то п. 2 оценивается в 1 балл. П. 3 оценивается в 4 балла, если указаны все числа, приведенные в решении, в противном случае п. 3 оценивается в 3 балла. Правильный ответ без вычислений, но хотя бы с кратким логическим рассуждением оценивается 4 балла. Краткий ответ «двое суток» без пояснений оценивается в 2 балла. Задание может быть решено с помощью схемы движения Земли и Солнца на фоне неподвижных звезд и при правильном указании значений угловых перемещений оценивается аналогично.

Задание 4 (тема: 1.3. Луна, ее свойства и движение, категория сложности — 1)

Условие: Где на небе видит Землю космонавт, находящийся в центре видимого для нас полушария Луны?

Решение: 1. Центры Луны и Земли образуют прямую.

2. На Луне в центре видимого с Земли полушария стоит космонавт, и эта прямая проходит через его точку наблюдения, с одной стороны, к центру Земли, а с другой стороны, к центру Луны, т. е. является отвесной (вертикальной) линией этой точки наблюдения.

3. Следовательно, космонавт видит Землю на этой отвесной линии, т. е. в зените.

Ответ: в зените.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 2 балла, п. 2 — в 3 балла, п. 3 — в 3 балла. Краткий ответ без пояснений оценивается в 2 балла, если при этом участник дает ответ «точно у себя (у космонавта) над головой», то ответ оценивается в 1 балл.

Задание 5 (тема: 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере, категория сложности — 2)

Условие: «Дожди простуженно стучат,
Прозябли окна.
Капусты срубленный кочан
На грядке мокнет.
А рядом в черной борозде
С водой — две бочки.
В них затонуло по звезде
Глубокой ночью.»

(Н. Дружков)

Каковы экваториальные координаты этих звезд, если в стихотворении описана осень в Бежецке ($57^{\circ}47'$ с.ш., $36^{\circ}42'$ в.д.)?

Дано: $\varphi = 57^{\circ}47'$, $\lambda = 36^{\circ}42' = 2^{\text{h}}26^{\text{m}}48^{\text{s}}$, $D = 23.09$, $T_{\text{м}} = 24^{\text{h}}$, $t_{\odot} = 12^{\text{h}}$, $\alpha_{\odot} = 12^{\text{h}}$, $h_{\text{в.к.}} = 90^{\circ}$, $t = 0$.
 δ , α — ?

Решение: 1. Отражения звезд видны в бочках с водой, следовательно, звезды находятся точно над бочками, т. е. кульминируют в зените ($h_{\text{в.к.}} = 90^{\circ}$). Поэтому склонения этих звезд равны географической широте места наблюдения $\delta = \varphi = 57^{\circ}47'$.

2. По условию задания идет холодный дождь, и подмораживает, и уже срубили капусту, т. е. описан конец сентября. В день осеннего равноденствия (23.09) звездное время можно определять не только по звездам, но и по Солнцу:

$$s = \alpha + t = \alpha_{\odot} + t_{\odot}, \alpha = \alpha_{\odot} + t_{\odot} - t = 12^{\text{h}} + 12^{\text{h}} - 0 = 24^{\text{h}} = 0$$

Ответ: $57^{\circ}47'$, $0^{\text{h}}00^{\text{m}}$.

Рекомендации по оцениванию: Запись данных и искомых величин оценивается в 3 балла. При этом данные могут не записываться отдельно, а возникать, так сказать, по ходу решения, но они обязательно должны быть указаны. Определение склонения звезд (п. 1) оценивается в 2 балла. Оно может быть выполнено с применением общей формулы высоты в верхней кульминации, результата (при аккуратном вычислении) это не меняет. Определение прямого восхождения звезд (п. 2) оценивается в 3 балла. Правильный ответ без пояснений и вычислений оценивается в 2 балла (по 1 баллу за каждый результат).

Задание 6 (тема: 3.1. Географические координаты, категория сложности — 2)

Условие: «Если бы яхта шла по экватору, то 196° , отделяющих Австралию от Америки, ... составили бы переход в 11760 миль. Но при следовании вдоль 37-й параллели эти 196° составили всего лишь 9480 миль пути.» (Ж. Верн. *Дети капитана Гранта*.) Точны ли расчеты автора и насколько? 1 (морская) миля составляет 1,852 км.

Дано: $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = 37^\circ$, $\Delta\lambda = 196^\circ$. 1 морская миля = 1,852 км, $R = 6378,14$ км.
Предположительно $l_1 = 11760$ миль, $l_2 = 9480$ (миль). $l_1 - ?$ $l_2 - ?$

Решение: 1. Длина дуги экватора в 1° долготы $l_0 = l_1 = \frac{2\pi \cdot R_3}{360^\circ}$,

длина дуги экватора в $\Delta\lambda^\circ$ долготы $l_1 = \frac{2\pi \cdot R_3}{360^\circ} \cdot \Delta\lambda = \frac{2\pi \cdot 6378,14 \text{ км}}{360^\circ} \cdot 196^\circ$

$$l_1 = 21807,57 \text{ км} = 11775,15 \text{ миль.}$$

2. Длина дуги параллели на географической широте φ в 1° долготы

$$l = \frac{2\pi r}{360^\circ} = \frac{2\pi R_3 \cdot \cos \varphi}{360^\circ},$$

длина дуги этой параллели в $\Delta\lambda^\circ$ долготы $l_2 = \frac{2\pi R_3 \cdot \cos(\varphi)}{360^\circ} \cdot \Delta\lambda$,

$$l_2 = \frac{2\pi \cdot 6378,14 \text{ км} \cdot \cos(37^\circ)}{360^\circ} \cdot 196^\circ = 17416,3 \text{ км} = 9404,05 \text{ миль.}$$

3. Отклонение предположительного значения от точного расчетного в первом случае составляет +0,13%, во втором случае составляет -0,8%, что весьма незначительно.

Рекомендации по оцениванию: Запись данных и искомых величин оценивается в 1 балл. Первая часть расчета (п. 1) оценивается в 3 балла — 1 балл для формулы l_0 , 1 балл для формулы l_1 и 1 балл для вычисления l_1 в километрах с переводом в морские мили. Вторая часть расчета (п. 2) оценивается в 3 балла — 1 балл для формулы l , 1 балл для формулы l_2 и 1 балл для вычисления l_2 в километрах с переводом в морские мили. П. 3 оценивается в 1 балл.