

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

**7 – 8 классы**

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

**Условие:** Почему керны льда, высверленные из скважин в Антарктиде, состоят из слоев, чередующихся по плотности?

**Решение:** 1. Лёд образуется из слежавшегося снега под давлением от постоянно накапливающихся слоев, ведь около полюсов снег идет круглогодично.

2. Летом в Антарктиде, с ноября по январь, стоит полярный день и Солнце светит круглосуточно.

3. Поэтому в летние полудни, когда Солнце выше поднимается над горизонтом, слой снега немного подтаивает и становится менее плотным, чем слой, отложившийся в летние полночи, когда Солнце низко стоит над горизонтом и слабо нагревает равнины.

4. В результате летняя толща льда получается полосатой и более рыхлой, чем зимняя.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 2 балла. П. 2 оценивается в 2 балла, но если летние месяцы Антарктиды не указаны, то 1 балл снимается. Если же не указано, что Солнце летом в Антарктиде светит круглосуточно или не назван полярный день, то П. 2 не оценивается. П. 3 оценивается в 3 балла: 1 балл — за «Солнце в летние полудни поднимается выше», 1 балл — за «слой снега подтаивает и становится менее плотным», 1 балл — за сравнение с летними полуночами. П.4 оценивается 1 балл и является заключительным выводом.

**Задание 2:** (тема: 2.1. Солнце и планеты, категория сложности — 1).

**Условие:** «Я очень много фотографирую на орбите. За сутки мы встречаем 16 закатов и 16 рассветов, «посещаем» почти все континенты и все страны, видим в течение пары часов яркое Солнце и полярное сияние, снежные вершины и весеннюю зелень» (Космонавт С. Рязанский). С каким периодом Международная космическая станция движется вокруг Земли?

**Решение:** 1. Наблюдение 16 закатов и 16 рассветов в течение суток означает, что за сутки МКС совершает 16 оборотов вокруг Земли, точнее, вокруг центра Земли.

2. Период обращения МКС  $T = \frac{1 \text{ сут}}{16} = \frac{24 \text{ ч}}{16} = 1,5 \text{ ч}$  .

**Ответ:** 1,5 часа.

**Рекомендации по оцениванию:** Первая часть решения оценивается в 3 балла, вторая — в 5 баллов. Ответ без пояснений оценивается в 2 балла.

**Задание 3:** (тема: 1.4. Основы летоисчисления и измерения времени, категория сложности — 2)

**Условие:** В Древнем Китае для измерения не очень долгих промежутков времени применяли «огненные часы». Специально изготовленные из порошка ароматических смол,

медленно горящие палочки стандартной длины и толщины были рассчитаны на определенное время горения.

Применялись такие «часы», например, в процессе обработки свежесобранных листьев чая. Сначала их подсушивали на воздухе, временами перемешивая, пока палочка сгорала на четыре пятых длины, а затем листья держали «полпалочки» на решетке над огнем. И, наконец, на время горения двух с тремя четвертями палочек чай помещали в горшок над огнем. Весь же рабочий день на фабрике чая составлял 12 часов. За это время опытный работник выдавал четыре корзины продукта. Сколько времени горела одна палочка?

**Решение:** 1. Сколько палочек надо для изготовления одной корзины чая?

$$\frac{4}{5} + \frac{1}{2} + 2\frac{3}{4} = \frac{4}{5} + \frac{1}{2} + \frac{11}{4} = \frac{81}{20} = 4,05 \approx 4 \text{ (палочки).}$$

2. Сколько палочек надо для изготовления 4 корзин чая?

$$4 \cdot 4 = 16 \text{ (палочек).}$$

3. Сколько времени горит одна палочка?

$$\frac{16 \text{ палочек}}{12 \text{ часов}} = \frac{4 \text{ палочек}}{3 \text{ часа}} = \frac{4 \text{ палочки}}{180 \text{ минут}} = \frac{1 \text{ палочка}}{45 \text{ мин}}.$$

**Ответ:** одна палочка горела 45 минут.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 4 балла, п. 2 — в 1 балл, п. 3 — в 3 балла. Округление в п. 1 не является обязательным, оно приводит к результату в п. 2 16,2 палочки, а в п. 3 — 44,44 минут.

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

**Условие:** Как по внешнему виду Луны определить, начался ли лунный месяц недавно или он близится к концу?

**Решение:** 1. Лунный месяц начинается с новолуния. Луна при этом не видна.

2. Если лунный серп обращен выпуклостью вправо, значит, Солнце освещает Луну справа, т. е. Луна — растущая или молодая и, следовательно, лунный месяц начался недавно.

3. Если лунный серп обращен выпуклостью влево, значит Солнце освещает Луну слева, т. е. Луна — стареющая и, следовательно, лунный месяц близится к концу.

**Рекомендации по оцениванию:** Знание того, что лунный месяц начинается новолунием (п. 1), оценивается в 1 балл. Если при этом не указана невидимость Луны, то эта часть решения не оценивается. П. 2 оценивается в 4 балла. Если при этом положение Солнца относительно Луны не указано, то 1 балл снимается. П. 3 оценивается в 3 балла. Если при этом положение Солнца относительно Луны не указано, то 1 балл снимается. Краткий ответ оценивается в 2 балла.

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

**9 класс:**

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

**Условие:** «Капель до половины дня,  
Потом, морозом землю скомкав,  
Гремит плавучих льдин резня  
И поножовщина обломков.»

*Б. Пастернак. Ледоход (1916, 1928 гг.)*

Почему капель только «до половины дня»? И почему при ледоходе всегда наступает похолодание?

**Решение:** 1. Когда солнечные лучи с утра с востока падают на крыши, они растапливают снег и начинается капель.

2. Когда Солнце переходит кульминацию над точкой юга (в истинный солнечный полдень), восточные скаты крыш остывают и капель прекращается.

3. Похолодание во время ледохода связано с тем, что теплота, необходимая для таяния льда, забирается из окружающей среды (на основе сохранения энергии), и температура воздуха снижается.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 2 балла. П. 2 Оценивается в 3 балла: один балл за переход кульминации, 1 балл — за «над точкой юга», 1 балл — за истинный солнечный полдень. П. 3 оценивается в 3 балла с упоминание закона сохранения энергии и в 2 балла — без упоминания этого закона.

**Задание 2.** (тема: 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит), категория сложности — 1)

**Условие:** Противостояние некоторой планеты повторяется через 3 года. Чему равна большая полуось ее орбиты?

**Дано:**  $S = 3^a$ ,  $T_0 = 1^a$ ,  $a_0 = 1^a$ .  $a = ?$

**Решение:**

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{S} = \frac{1}{1^a} - \frac{1}{3^a} = \frac{2}{3^a}$$

$$T = 1,5^a, T^2 = a^3, a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{1,5^2} = 1,31 \text{ а.е.}$$

**Ответ:** 1,31 а.е.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных и искомой величин оценивается в 1 балл. Запись уравнения синодического движения с учетом того, что планета верхняя (в задании говорится о противостоянии) оценивается в 2 балла. Вывод расчетной формулы для вычисления сидерического периода и получение результата оценивается в 3 балла. Запись

Третьего закона Кеплера оценивается в 1 балл, вычисление значения большой полуоси орбиты — в 1 балл.

**Задание 3:** (тема: 1.4. Основы летоисчисления и измерения времени, категория сложности — 1)

**Условие:** «Я не могу себя заставить веселиться на Иванов день. На любом другом празднике я буду душой компании, но в самый длинный день года меня мучает мысль о том, что вечера теперь станут короче. И мы вступаем на тропу, ведущую к зиме.»

*А. А. Милн. Иванов день (1920 г.)*

Верно ли описан здесь Иванов день (Иван Купала в славянской традиции)?

**Решение:** 1. Иван Купала — 6 июля (в ночь на 7 июля).

2. Самый длинный день года — день летнего солнцестояния — 22 июня в настоящее время, а в начале XX в. — 23 июня.

3. Между ними этими датами 13 суток — разница между григорианским календарем («новым стилем») и юлианским календарем (славянской традиции) в XX в.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 1 балл. П. 2 оценивается в 3 балла: 1 балл за определение дня летнего солнцестояния, 1 балл — за 22 июня и 1 балл — за уточнение на начало XX в. П. 3 оценивается в 4 балла с уточнениями названий календарей и областей их применимости, а также упоминанием XX в. Если этих уточнений не указано, то П. 3 оценивается в 1 балл.

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

**Условие:** «На западе давно погас закат, а на востоке поднялся прозрачный серп месяца.»  
Всё ли здесь правильно?

**Решение:** 1. «Давно погас закат...», т. е. поздний вечер, Солнце давно зашло на западе.

2. «...а на востоке ...», т. е. диаметрально противоположно Солнцу, поднимается Луна.

3. При таком взаимном расположении Луны и Солнца Луна может быть только в фазе, очень близкой к полнолунию, но никак не тонким прозрачным серпом.

Ответ: описание неправильное — Луна должна быть видна диском, а не серпом.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 2 балла, если не указано, что Солнце на западе, то 1 балл снимается. П. 2 оценивается в 2 балла, если не отмечено, что Луна диаметрально противоположна Солнцу, то этот пункт не оценивается. П. 3 оценивается в 4 балла. Ответ без пояснений оценивается в 2 балла. Краткий ответ в виде «нет» или «неправильно» оценивается в 1 балл.

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

**Условие:** В таблице приведены названия городов и их географические широты:

№	Город	Географическая широта
1	Гринвич	51°
2	Сент-Луис	38°

3	Калькутта	$23^\circ$
4	Мбандака	$0^\circ$
5	Рио-де-Жанейро	$-23^\circ$

В каких из них:

- а) Солнце вблизи зенита 22 июня;
- б) Солнце вблизи зенита 22 декабря;
- в) Полярная звезда у горизонта;
- г) звезды со склонением  $67^\circ$  не заходят;
- д) Полярная звезда не видна;
- е) звезда  $\gamma$  Дракона со склонением  $51^\circ$  проходит через зенит?

**Решение:** а) 22 июня склонение Солнца равно  $+23^\circ 26'$ . Условие кульминации светила в зените — это равенство склонения светила и географической широты точки наблюдения, следовательно, это №3 — Калькутта.

б) 22 декабря склонение Солнца равно  $-23^\circ 26'$ . Рассуждая аналогично пункту (а), приходим к выводу, что это №5 — Рио-де-Жанейро.

в) Полярная звезда —  $\alpha$  Малой Медведицы — практически совпадает с Северным полюсом мира. Высота Северного полюса мира над горизонтом равна географической широте точки наблюдения. Полярная звезда у горизонта, т. е. ее высота над горизонтом близка к нулю. Это возможно вблизи географического экватора, т. е. на широте  $0^\circ$ . Следовательно, это №4 — Мбандака.

г) Незаходящими на данной широте  $\varphi$  являются звезды, склонение  $\delta$  которых удовлетворяет условию  $\delta \geq (90^\circ - \varphi)$ , в условиях задания  $\varphi \geq (90^\circ - \delta)$ ,  $\varphi \geq (90^\circ - 67^\circ)$ ,  $\varphi \geq 23^\circ$ . Следовательно, это №1 — Гринвич, №2 — Сент-Луис, №3 — Калькутта.

д) Полярная звезда не видна во всем Южном полушарии Земли. Таким образом, это №5 — Рио-де-Жанейро.

е) Рассуждая аналогично пункту (а), приходим к выводу, что это №1 — Гринвич.

**Рекомендации по оцениванию:** а) — 2 балла, б) — 1 балл, в) — 1 балл, г) — 2 балла, д) — 1 балл, е) — 1 балл.

**Задание 6:** (тема: 4.1. Угловые измерения на небосводе, категория сложности — 2)

**Условие:** «Открыл дверь из прихожей — степь как на ладони до самого горизонта. Орлана или волка за километр увидеть можно.» Справедливо ли это описание калмыцкой степи?

**Дано:**  $r = 1$  км, волк  $h = 90$  см,  $l = 160$  см, размах крыльев орлана  $L = 230$  см, высота полета  $6100$  м,  $l = 100$  см.  $d' = ?$

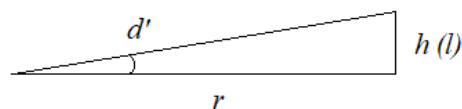
**Решение:** а) Волк

1. Волк стоит анфас:

$$\operatorname{tg} d' = \frac{h}{r} = \frac{0,9 \text{ м}}{1000 \text{ м}} = 9 \cdot 10^{-4}, \quad d' = 0,052^\circ = 3'$$

$3'$  больше предела разрешения глаза, следовательно, волка видно.

2. Волк стоит боком:



$$\operatorname{tg} d' = \frac{l}{r} = \frac{1,6 \text{ м}}{1000 \text{ м}} = 1,6 \cdot 10^{-3}, \quad d' = 0,092^\circ = 5,5' \quad - \text{ волка видно.}$$

б) Орлан

1. Орлан сидит на земле:

$$\operatorname{tg} d' = \frac{l}{r} = \frac{1 \text{ м}}{1000 \text{ м}} = 0,001, \quad d' = 0,057^\circ = 3,4' \quad - \text{ орлана видно.}$$

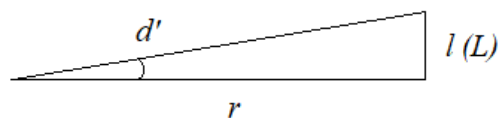
2. Орлан взлетает и расправляет крылья:

$$\operatorname{tg} d' = \frac{L}{r} = \frac{2,3 \text{ м}}{1000 \text{ м}} = 2,3 \cdot 10^{-3}, \quad d' = 0,13^\circ = 7,9' \quad - \text{ орлана видно.}$$

**Ответ:** всё верно.

**Рекомендации по оцениванию:** запись данных оценивается в 2 балла — по 1 баллу за каждый объект. Чертеж оценивается в 1 балл. Волк п. 1 оценивается в 2 балла. Волк п. 2 — в 1 балл. Орлан п. 1 — 1 балл. Орлан п. 2 — 1 балл. Ответ без вычислений и пояснений оценивается в 2 балла.

**Примечание:** основная сложность этого задания состоит в оценке размеров видимых объектов. Размеры волка не могут быть меньше 60 см в высоту и больше 180 см в длину. Размеры орлана не могут быть меньше 75 см и больше 250 см. В любом случае видимый угловой размер будет превышать предел разрешения глаза.



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

**10 класс**

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

**Условие:** «Эти ночи, эти дни и ночи!

Дробь капелей в середине дня,  
Кровельных сосулек худосочье,  
Ручейков бессонных болтовня!»

*Б. Пастернак. Март (1947 г.)*

Почему капель только «в середине дня»? Почему сосульки тонкие, а ручейки «бессонные»?

**Решение:** 1. Когда солнечные лучи с утра с востока падают на крыши, они растапливают снег. Оттаявшая вода сбегает с крыши и начинается капель.

2. Когда Солнце переходит кульминацию над точкой юга (в истинный солнечный полдень), восточные скаты крыш остывают и капель прекращается. Капли воды повисают на краю крыши. Капля, охлаждаемая еще и испарением, замерзает. На замерзшую каплю набегает следующая и также замерзает. Образуется сосулька. Но оттаявшей воды мало, поэтому сосульки тонкие.

3. Вода, упавшая каплями на землю, не замерзает, поскольку мартовское Солнце невысоко поднимается над горизонтом и нагревает землю и до полудня, и после. Поэтому ручейки талой воды текут и журчат — «болтают», пока Солнце не опустится за горизонт.

**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 1 балл. П. 2 оценивается в 3 балла: один балл за переход кульминации над точкой юга, 1 балл — за истинный солнечный полдень, 1 балл — за механизм образования сосулек. П. 3 оценивается в 3 балла: 1 балл — за невысокое положение Солнца в марте, 1 балл — за обогревание почвы и до полудня, и после, 1 балл — за существование ручейков до заката Солнца.

**Задание 2:** (тема: 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит), категория сложности — 1).

**Условие:** 500 метеоров в час можно было наблюдать в средней полосе России в середине августа 1993 г. Такой обильный звездный дождь пролился, когда комета Свифта — Таттла проходила близко к Солнцу (в обычные годы метеоров гораздо меньше — от 60 до 100 в час). Следующее сближение произойдет в 2126 г. Каково среднее расстояние ядра кометы от Солнца?

**Дано:**  $D_1 = 1993$ ,  $D_2 = 2126$ .  $a = ?$ .

**Решение:**  $T = D_2 - D_1 = 2126 - 1993 = 133$  (года)

$$T^2 = a^3, a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{133^2} = 26,0556 \text{ (а.е.)}$$

**Ответ:** среднее расстояние ядра кометы от Солнца 26 а.е.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных и искомой величин оценивается в 2 балла. Определение сидерического периода обращения ядра кометы оценивается в 1 балл. Запись Третьего закона Кеплера оценивается в 1 балл, вычисление точного значения большой полуоси орбиты — в 2 балла. Запись развернутого ответа с правильно округленным значением оценивается в 2 балла.

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

**Условие:** Действие романа Энн Перри *Bluegate Fields* происходит в Лондоне в 1886 г. Главный герой романа Томас Питт «... прошел к широкой сверкающей полосе реки... Баржи поднимались по реке к грузовым причалам лондонского порта. Питту вдруг захотелось узнать, откуда он, этот накрытый брезентом груз, лежащий у них на палубе. Он мог быть откуда угодно — из тропических лесов Африки, из безлюдных арктических пустынь, расположенных к северу от Гудзонова залива, где зима безраздельно хозяйничает по полгода кряду, из джунглей Индии, с островов Карибского моря. И все эти земли входят в Британскую империю. У Питта перед глазами возникла карта мира, с британскими владениями, выделенными красным, — казалось, речь шла о каждой второй стране. Недаром говорили, что над Британской империей никогда не заходит Солнце.»

Верно ли последнее утверждение?

**Решение:** Британская империя в XIX в. занимала по долготе больше половины земного шара — от границы Канады (Брит.) с Аляской (США) ( $\lambda \approx 140^\circ$  з. д.) до восточной границы Индии ( $\lambda \approx 90^\circ$  в. д.), т. е. больше 12 часовых поясов. Поэтому, действительно, когда в Канаде Солнце заходит, в Индии оно уже взошло.

Если учесть еще Австралию ( $\lambda = 120^\circ \div 150^\circ$  в. д.) и Новую Зеландию ( $\lambda \approx 180^\circ$  в. д.), то получится ~ 20 часовых поясов из 24.

Поэтому, да, утверждение верное.

**Рекомендации по оцениванию:** Первая часть решения оценивается в 5 баллов. Значения долгот не являются обязательными, но понимание того, что их разница больше  $180^\circ$  (12 часов, 12 часовых поясов) обязательно, и если это не указано, то снимаются 2 балла. Вторая часть решения оценивается в 2 балла, вывод — в 1 балл. Правильный ответ без пояснений оценивается в 1 балл.

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

**Условие:** «На горизонте только что взошла яркая и крупная звезда. Казалось, она запуталась в траве. На другой стороне неба всплывала, отрываясь от Земли, Луна.»

Реальна ли описанная здесь картина?

**Решение:** 1. «На горизонте только что взошла звезда» - следовательно, описан вечер, и звезда взошла на восточной стороне горизонта.

2. Все светила восходят на восточной стороне горизонта,

3. следовательно, Луна тоже должна взойти на восточной стороне горизонта. Поэтому описание неправильно.

**Ответ:** нет, такая картина невозможна, Луна восходит на восточной стороне горизонта.



**Рекомендации по оцениванию:** П. 1 оценивается в 3 балла. П. 2 оценивается в 2 балла. П. 3 оценивается в 3 балла. Развернутый ответ (такой, как приведенный здесь) без пояснений оценивается в 3 балла. Краткий ответ «нет, не реально» оценивается в 1 балл.

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

**Условие:** В полдень длина тени вертикально стоящего стержня была равна  $\frac{1}{3}$  его высоты. Вычислите географическую широту места наблюдения и укажите (приблизительно) дату наблюдения, зная, что оно проводилось весной. Склонение Солнца было равно  $+14^{\circ}47'$ .

**Дано:**  $l = \frac{1}{3}h$ ,  $\delta_c = 14^{\circ}47'$ ,  $T_c = 12^h$ .  $\varphi$ ,  $D$  — ?

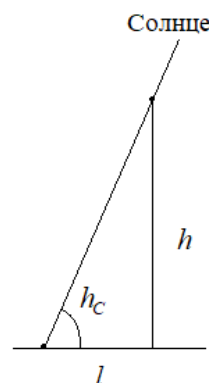
**Решение:**  $\operatorname{tg} h_c = \frac{h}{l} = \frac{h}{\frac{1}{3}h} = 3$ ,  $h_c = 71^{\circ}34'$

$$h_c = 90^{\circ} - \varphi + \delta_c$$

$$\varphi = 90^{\circ} + \delta_c - h_c$$

$$\varphi = 90^{\circ} + 14^{\circ}47' - 71^{\circ}34' = 33^{\circ}13'$$

21.03	$\delta_c = 0$	март	10
22.06	$\delta_c = 23^{\circ}26'$	апрель	30
		май	31
		июнь	<u>22</u>
			93 <sup>d</sup>



За 1 сутки склонение Солнца увеличивается на  $\frac{23^{\circ}26'}{93} = 15,12'$ .

На  $14^{\circ}47'$  склонение Солнца увеличится за  $\frac{14^{\circ}47'}{15,12'} = 58,66$  сут

март	10
апрель	30
май	<u>18 (19)</u>
	58 (59)

**Ответ:**  $33^{\circ}13'$ , 18 или 19 мая.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных — 1 балл. Чертеж — 1 балл. Вычисление высоты Солнца в полдень (в верхней кульминации) — 1 балл. Запись формулы для высоты Солнца в верхней кульминации, вывод формулы для географической широты и вычисление широты — 1 балл. Изменение склонения Солнца за сутки — 2 балла. Время изменения склонения Солнца на  $14^{\circ}47'$  — 1 балл. Определение даты — 1 балл.

**Задание 6:** (тема: 4.1. Угловые измерения на небосводе, категория сложности — 2).

**Условие:** В романе Ж. Верна «Таинственный остров» для определения высоты отвесной стены (плато) над уровнем моря инженер Сайрес Смит «вооружился прямым шестом в 12 футов длиной. Он погрузил шест на 2 фута в песок, основательно укрепил его и с помощью отвеса поставил перпендикулярно плоскости горизонта.

После этого он отошел и лег на землю на таком расстоянии, чтобы луч зрения, исходящий из его глаза, одновременно касался верхнего конца шеста и гребня стены. Эту точку Сайрес Смит тщательно отметил колышком...» Наконец, с помощью того же шеста инженер измерил расстояние от колышка до стены (оно оказалось равным 500 футам) и от колышка до шеста (15 футов). Какова высота плато? 1 фут равен 30,48 см.

**Дано:**  $L = 500$  фут,  $l = 15$  фут,  
 $h = (12 - 2) = 10$  фут.  $H = ?$

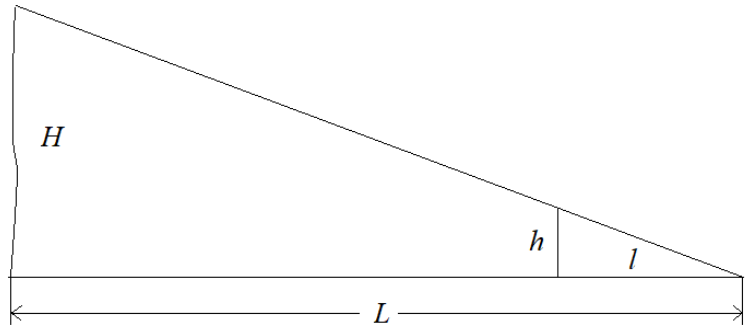
**Решение:**  $\frac{L}{l} = \frac{H}{h}$

$$H = h \frac{L}{l} = \frac{10 \cdot 500}{15} \approx 333 \text{ фут}$$

$$H = 333 \text{ фут} \cdot 30,48 \text{ см/фут} = 10160 \text{ см} = 101,6 \text{ м.}$$

**Ответ:** 101,6 м.

**Рекомендации по оцениванию:** Запись данных и искомой величин оценивается в 1 балл, чертеж — в 1 балла. Понимание величины  $h$  (длина шеста минус его заглубление) и определение ее — 2 балла. Формула на основе подобия треугольников — 1 балл. Вывод рабочей формулы  $H$  — 1 балл. Вычисление  $H$  — 1 балл (в футах) и перевод в метры — 1 балл.



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

**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  $196^{\circ}$ , отделяющих Австралию от Америки, ... составили бы переход в 11760 миль. Но при следовании вдоль 37-й параллели эти  $196^{\circ}$  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  $1^\circ$  долготы  $\ell_0 = l_1 = \frac{2\pi \cdot R_3}{360^\circ}$ ,

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  $\varphi$  в  $1^\circ$  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.