

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
7 класс (2023/24 учебный год)**

Задача № 1

Используя данные таблицы, рассчитайте, сколько раз объём Солнца можно заполнить объёмом вещества всех планет Солнечной системы.

Небесное тело	Солнце	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Масса, кг	$1.99 \cdot 10^{30}$	$3.30 \cdot 10^{23}$	$4.87 \cdot 10^{24}$	$5.97 \cdot 10^{24}$	$6.42 \cdot 10^{23}$	$1.90 \cdot 10^{27}$	$5.69 \cdot 10^{26}$	$8.68 \cdot 10^{25}$	$1.02 \cdot 10^{26}$
Плотность, кг/см ³	1.41	5.42	5.20	5.52	3.93	1.33	0.69	1.32	1.64

Решение:

- $N = \frac{V}{V_1 + \dots + V_8}$, где V – объём Солнца, V_1, \dots, V_8 – объёмы планет.
- $V = \frac{m}{\rho}$, m – масса небесного тела, ρ – плотность небесного тела.
- $N = \frac{m}{m_1 \frac{\rho}{\rho_1} + \dots + m_8 \frac{\rho}{\rho_8}}$
- $N = \frac{1.99 \cdot 10^{30}}{3.30 \cdot 10^{23} \frac{1.41}{5.42} + \dots + 1.02 \cdot 10^{26} \frac{1.41}{1.64}} \approx 592$ раза.

Ответ: $N \approx 592$ раза.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Задача № 2

Ниже приведены факты о четырёх небесных телах. Напишите их названия.

- В атмосфере этого небесного тела наблюдается Большое Красное Пятно.
- Это небесное тело открыто в XIX веке. После открытия Урана заметили, что его движение не всегда предсказуемо, и объяснили это влиянием другого массивного тела. Вычислили положение этого небесного тела Дж. Адамс и У. Леверье.
- Эту планету трудно наблюдать с Земли. Из-за её близости к Солнцу она теряется в лучах восходящего или заходящего светила. Планету часто сравнивают с Луной, так как они сходны по внешним характеристикам.
- Спутники этого небесного тела названы именами героев греческой мифологии, входивших в свиту морского бога.

Ответ: 1 – Юпитер, 2 – Нептун, 3 – Меркурий, 4 – Нептун.

Критерии оценки	Количество баллов
За каждый верный ответ	2

Задача № 3

Объясните, что объединяет приведённые изображения. Расположите изображения в порядке развития астрономических воззрений человечества. Укажите, если это возможно, учёных, с именами которых связано формирование соответствующих представлений.



1



2



3



4

Решение:

- Изображения – графическое отражение представлений человечества о мироустройстве на различных этапах развития научных знаний.
- Порядок исторического развития: 3 – 4 – 1 – 2.
- 1 – Николай Коперник, 2 – Иоганн Кеплер, 4 – Клавдий Птолемей.

Ответ:

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2

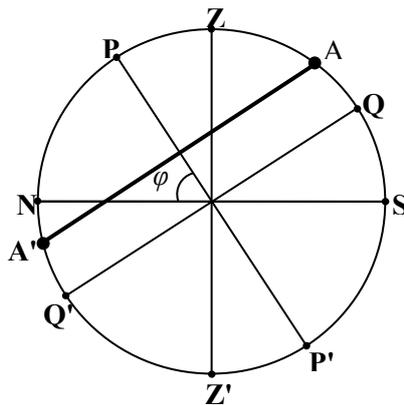
Выполнение пункта 2 (не более 1 балла при наличии ошибки в последовательности)	3
Выполнение пункта 3 (по одному баллу за каждого верно указанного учёного)	3

Задача № 4

Звезда Альтаир имеет склонение $\delta = 8^{\circ}52'$. На каких высотах она кульминирует в Иванове на широте $\varphi = 57^{\circ}$?

Решение:

1. Сделаем пояснительный рисунок



2. Из рисунка видно, что высота Альтаира в верхней кульминации определяется соотношением $h_{\text{в}} = 90^{\circ} - \varphi + \delta$.

3. Из рисунка видно, что высота Альтаира в нижней кульминации определяется соотношением $h_{\text{н}} = \varphi + \delta - 90^{\circ}$.

4. Вычисления: $h_{\text{в}} = 90^{\circ} - 57^{\circ} + 8^{\circ}52' = 41^{\circ}52'$, $h_{\text{н}} = 57^{\circ} + 8^{\circ}52' - 90^{\circ} = -24^{\circ}08'$.

Ответ: $h_{\text{в}} = 41^{\circ}52'$, $h_{\text{н}} = -24^{\circ}08'$.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.

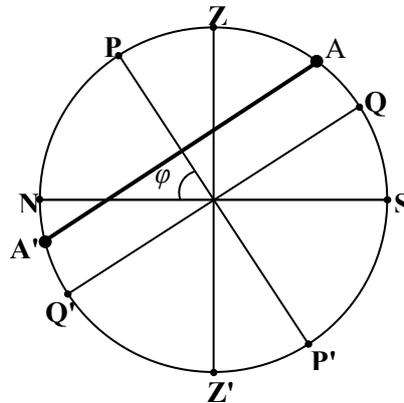
**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
8 класс (2023/24 учебный год)**

Задача № 1

Звезда Алула Бореалис имеет склонение $\delta = 33^{\circ}06'$. Можно ли где-либо в России ежедневно наблюдать эту звезду? Ответ подтвердите расчётом.

Решение:

1. Сделаем пояснительный рисунок



2. Звезду можно наблюдать ежедневно независимо от времени года и суток, если на данной широте она является незаходящей, т.е. её высота в нижней кульминации положительна.

3. Из рисунка видно, что высота звезды в нижней кульминации определяется соотношением $h_n = \varphi + \delta - 90^{\circ}$.

4. Вычисления: $h_n > 0 \rightarrow \varphi + \delta - 90^{\circ} > 0 \rightarrow \varphi > 90^{\circ} - \delta = 90^{\circ} - 33^{\circ}06' = 56^{\circ}54'$.

5. Да, наблюдать звезду можно круглосуточно на широтах, больших $56^{\circ}54'$, т.е. в населённых пунктах севернее Иванова, широта которого 57°

Ответ: Да, на широтах, больших $56^{\circ}54'$.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	2

Задача № 2

День рождения А.С. Пушкина мы отмечаем 6 июня. Какого числа и почему праздновал свой день рождения сам поэт? Учтите, что год рождения поэта – 1799.

Решение:

1. Во времена Пушкина Российская Империя жила по юлианскому календарю, в котором каждый четвёртый год – високосный.

2. В григорианском календаре, по которому мы живём сейчас, из всех четвёртых високосных годов юлианского календаря исключаются те, число столетий в которых целое, но не кратно четырём.

3. С момента рождения Пушкина из високосных были исключены 1800 и 1900, поэтому на момент его рождения разница между новым и старым стилями составляла не 13 дней, как сейчас, а 11 дней.

4. С учётом разницы в 11 дней, день рождения Пушкина приходился на 26 мая по юлианскому календарю.

Ответ: 26 мая.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Задача № 3

Дан список астрономических объектов: Вега, Денеб, Альтаир, Волопас, Сириус, Альдебаран, Капелла, Арктур, Алькор, Мицар, Квazar. Большинство из них относится к определённой группе.

1. Дайте название группы, к которой относится большинство объектов.

2. Перечислите все объекты списка, относящиеся к названной группе.

3. Укажите названия «случайно» попавших в список объектов.

4. Напишите несколько известных Вам фактов об объектах каждой из «случайных» групп.

Решение:

1. Звёзды.

2. Вега, Денеб, Альтаир, Сириус, Альдебаран, Капелла, Арктур, Алькор, Мицар.

3. Волопас, Квazar.

4. Созвездия – участки звёздного неба. Многие яркие звёзды созвездий обозначены буквами греческого алфавита. Часть созвездий, через которые проходит Солнце в течение года, называются зодиакальными. Квazары – одни из самых ярких объектов. Квazары – внегалактические объекты.

Ответ:

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2 (не более 1 балла при наличии ошибок)	2
Выполнение пункта 3 (по 1 баллу за каждый верно указанный ответ)	2
Выполнение пункта 4 (по одному баллу за каждый факт, но не более 3 баллов)	3

Задача № 4

Ниже приведены выдержки из работ учеников.

А. ...газовые гиганты состоят только из газа...

Б. ...Плутон – внешняя планета Солнечной системы...

В. ...Сатурн уникален тем, что окружён кольцами...

Г. ... звёзды в созвездиях связаны между собой...

Д. ...в ходе годового цикла Солнце успевает последовательно побывать во всех двенадцати зодиакальных созвездиях...

Опираясь на известные астрономические факты, опровергните или уточните указанные утверждения.

Решение:

1. На определённой глубине давление в газовых гигантах достигает высоких значений, достаточных для перехода водорода в жидкое состояние. Если планета достаточно велика, то ещё ниже может размещаться слой металлического водорода. Считается, что газовые планеты имеют также относительно небольшое каменное или металлическое ядро.

2. Плутон является не планетой, а карликовой планетой. По разным определениям к внешним планетам относят либо Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, либо только Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, но не Плутон и другие карликовые планеты.

3. Менее заметные кольца, чем у Сатурна, имеются и у Юпитера, Урана и Нептуна.

4. Звёзды в созвездиях не связаны, перемещаются независимо друг от друга и часто находятся на огромных расстояниях друг от друга.

5. Зодиакальных созвездий, т.е. созвездий, расположенных вдоль видимого годового пути Солнца среди звёзд, не 12, а 13. С 30 ноября по 13 декабря, т.е. в момент проведения олимпиады, Солнце находится в созвездии Змееносца, расположенном между созвездиями Скорпиона и Стрельца.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	2
Выполнение пункта 5	2

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
9 класс (2023/24 учебный год)**

Задача № 1

Оцените минимальное время, в течение которого нужно смотреть невооружённым глазом на звёздное небо, чтобы заметить, что оно вращается. Учтите, что разрешающая способность человеческого глаза составляет около 1'.

Решение:

1. Достаточно дождаться, когда небо повернётся на угол 1'.
2. Небо делает полный оборот, т.е. поворачивается на 360°, примерно за 24 часа.
3. Угловая скорость вращения неба составляет $\frac{360 \cdot 60}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,25$ угловых минуты в секунду.
4. Тогда минимальное время, за которое можно заметить вращение неба, составляет 4 секунды.

Ответ: 4 с.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Задача № 2

Козерог, Дракон, Рыбы, Лев, Змееносец, Рак. Найдите лишнее в этом списке. Ответ обоснуйте.

Решение:

1. Дракон.
2. Это созвездие не относится к зодиакальным, т.е. созвездиям, расположенным вдоль видимого годового пути Солнца среди звёзд.

Ответ: Дракон

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	4
Выполнение пункта 2	4

Задача № 3

Известно, что А.С. Пушкин родился 26 мая, а разница между старым и новым стилем составляет 13 дней. Мы празднуем день рождения поэта 6 июня. Разрешите возникшее противоречие.

Решение:

1. Во времена Пушкина Российская Империя жила по юлианскому календарю, в котором каждый четвёртый год – високосный.
2. В григорианском календаре, по которому мы живём сейчас, из всех четвёртых високосных годов юлианского календаря исключаются те, число столетий в которых целое, но не кратно четырём.
3. С момента рождения Пушкина из високосных были исключены 1800 и 1900, поэтому на момент его рождения разница между новым и старым стилями составляла не 13 дней, как сейчас, а 11 дней.
4. С учётом разницы в 11 дней, день рождения Пушкина приходился на 26 мая по юлианскому календарю.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Задача № 4

Предложите способ определения сторон света в солнечный день без использования компаса по наручным стрелочным часам.

Ответьте на вопросы.

1. На каком принципе основан предложенный способ?
2. Каковы причины недостаточной точности предложенного способа?
3. При каких условиях повышается точность способа?

Решение:

1. Циферблат располагают горизонтально. Часовую стрелку направляют на Солнце. Биссектриса угла между часовой стрелкой и линией 6–12 указывает направление на юг.
2. Обоснование. Солнце в суточном движении обходит небо за 24 часа, а часовая стрелка циферблат – за 12 часов, описывая таким образом за то же время вдвое большую дугу. Если в полдень часовая стрелка указывала на Солнце, то через некоторое время она опередит его, описав своим концом вдвое большую дугу. Разделив угол между часовой стрелкой и линией 6–12 пополам, найдём направление на то место, где находилось Солнце в полдень, т.е. направление на юг.

3. Причины неточностей.

3.1. Циферблат расположен параллельно горизонту, а суточный путь Солнца лежит в горизонтальной плоскости только на полюсах Земли.

3.2. Время, показываемое часами, почти никогда и нигде не совпадает с местным истинным солнечным временем.

4. Точность способа повышается при приближении к датам равноденствий и в зимнее время.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	3
Выполнение пункта 2	3
Выполнение пункта 3 (балл выставляется, если указана хотя бы одна причина)	1
Выполнение пункта 4	1

Задача № 5

Противостояние Марса произошло 8 декабря 2022 года. Сколько раз Земля и Марс окажутся на минимальном расстоянии друг от друга в 2023 году, если Марс совершает один оборот вокруг Солнца за 687 суток. Ответ подтвердите расчётом. Орбиты планет считать круговыми.

Решение:

1. Земля и Марс окажутся на минимальном расстоянии через промежуток времени, равный синодическому периоду S для Марса.

2. Уравнение синодического движения для Марса: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_M}$, где T – сидерический период Земли, равный примерно 365, 25 суток, T_M – сидерический период Марса.

3. Расчёт: $S = \frac{T_M T}{T_M - T} = \frac{687 \cdot 365,25}{687 - 365,25} \approx 780$ суток.

4. Таким образом, в течение 2023 года Земля и Марс никогда не окажутся на минимальном расстоянии.

Ответ: 0

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	3
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	1

Задача № 6

Телескоп обсерватории, находящейся на широте $\varphi = 40^\circ 20'$, направили строго в зенит и отключили ведение. При этом время, в течение которого некоторая звезда пересекла поле зрения телескопа, составило 2 мин 38 с. Можно ли в этот телескоп наблюдать одновременно весь диск Луны, средний угловой диаметр которого составляет $31'$?

Решение:

1. Звёзды, проходящие через зенит, движутся вдоль первого вертикала с угловой скоростью $\frac{360 \cdot 60}{23 \cdot 60 + 56} \cos 40^\circ 20' = 11,47'$ в минуту.

2. За 2 мин 38 с звезда пройдёт примерно $30',2$.

3. Таким образом, весь диск Луны с угловым диаметром $31'$ наблюдать нельзя.

Ответ: Нельзя.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1 (2 балла, если не учтена широтная зависимость угловой скорости)	6
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
10 класс (2023/24 учебный год)**

Задача № 1

Укажите названия небесных тел, описания которых приведены ниже.

1. Небесное тело названо в честь древнегреческого бога – властелина подземного царства. В 2006 году на ассамблее Международного астрономического союза этому объекту был присвоен статус карликовой планеты.
2. Это небесное тело является первым, к которому были запущены автоматические межпланетные станции.
3. Названия большинства спутников этой планеты – имена персонажей произведений У. Шекспира.
4. Эта планета имеет обратное осевое вращение. Её ось имеет наклон 98° .

Ответ: 1 – Плутон, 2 – Луна, 3 – Уран, 4 – Уран.

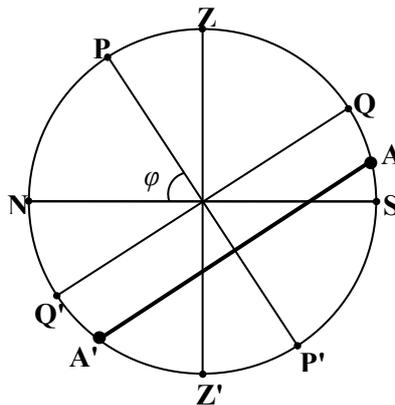
Критерии оценки	Количество баллов
Каждый верный ответ	2

Задача № 2

Оцените, на какую максимальную высоту поднимается Солнце в Иванове в день проведения олимпиады. Географическая широта Иванова $\varphi = 57^\circ$. Считать, что склонение Солнца вблизи точки солнцестояния изменяется на $0,05^\circ/\text{сут}$.

Решение:

1. Сделаем пояснительный рисунок с учётом того, что Солнце в рассматриваемое время года имеет отрицательное склонение:



2. Из рисунка видно, что высота Солнца в верхней кульминации определяется соотношением $h_{\text{в}} = 90^\circ - \varphi - |\delta|$.
3. День зимнего солнцестояния приходится на 22 декабря.
4. Склонение Солнца в день зимнего солнцестояния равно $-23^\circ 26'$.
5. Вычислим склонение Солнца в день олимпиады (8 декабря): $-23^\circ 26' + 14 \cdot 0,05^\circ = -22^\circ 44'$.
6. Вычисления: $h_{\text{в}} = 90^\circ - 57^\circ - 22^\circ 44' = 10^\circ 16'$.

Ответ: $h_{\text{в}} = 10^\circ 16'$.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	2
Выполнение пункта 5	2
Выполнение пункта 6	1

Задача № 3

Оцените безопасную скорость управляемого с Земли марсохода, если он оснащён телекамерой, которая «видит» на 20 метров, если радиус орбиты Марса составляет $1,52 \text{ а.е.}$

Решение:

1. Безопасной будет такая скорость, с которой марсоход пройдёт расстояние, не превышающее 20 м, за время распространения сигнала от Марса до Земли и обратно.
2. Сигналы управления распространяются со скоростью света в вакууме $c = 300\,000 \text{ км/с}$.
3. Наибольшее расстояние сигнал должен пройти в момент соединения Марса с Землёй.
4. Расстояние между Марсом и Землёй в соединении равно сумме радиусов орбит планет: $R = 1,52 + 1 = 2,52 \text{ а.е.}$
5. Условие равенства времён движения аппарата и распространения сигнала: $\frac{2R}{c} = \frac{s}{v}$.

6. Расчёты: $v = \frac{S}{2R}c = \frac{20}{2 \cdot 2,52 \cdot 150 \cdot 10^9} \cdot 3 \cdot 10^8 \approx 8 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

Ответ: $v \approx 8 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1

Задача № 4

Солнечные сутки удлиняются на 0,0017 секунды за столетие. Что можно сказать о месте наблюдения солнечного затмения в 2023 году до нашей эры, если считать продолжительность суток неизменной и равной сегодняшней?

Решение:

1. С 2023 года до н.э. по 2023 год н.э. прошло 4046 лет (года с нулевым номером нет), т.е. 40,46 столетия. За это время продолжительность суток увеличилась на $0,0017 \cdot 40,46$ с.

2. Продолжительность современного года можно принять равной 365,25 суток.

3. Тогда при расчётах всего периода в 4046 лет нужно использовать среднюю длину суток, которые на $\frac{0,0017 \cdot 40,46}{2}$ с короче нынешних.

4. При этом средняя продолжительность года будет меньше современной на $\frac{0,0017 \cdot 40,46}{2} \cdot 365,25$ с.

5. Тогда за период в 4046 лет разность счёта времени, выраженная в часах, будет равна $\frac{0,0017 \cdot 40,46}{2} \cdot 365,25 \cdot \frac{4046}{3600} \approx 14$ часов.

6. Т.о. при счёте современной продолжительностью суток Земля сделала бы на $\frac{14}{24} \approx 0,58$ оборота вокруг своей оси больше. Получается, что если пренебречь замедлением вращения Земли, то расчёты солнечного затмения дадут точку в другой части мира.

7. Наблюдение солнечного затмения возможно лишь в определённом месте Земли, находящемся в тени Луны.

8. Рассмотренная выше неточность может привести к невозможности установления истинности или ложности информации о затмениях в прошлом, т.к. область, на которой наблюдается затмение, существенно меньше всей поверхности планеты.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1
Выполнение пункта 7	1
Выполнение пункта 8	1

Задача № 5

Оцените, во сколько раз масса атмосферы Марса меньше массы атмосферы Земли, если атмосферное давление на его поверхности в 1150 раз меньше, чем на Земле. Масса Марса в 9,3 раза, а радиус – в 1,88 раза меньше, чем у Земли.

Решение:

1. Вес атмосферы над произвольным участком поверхности планеты равен силе атмосферного давления.

2. Тогда вес всей атмосферы пропорционален произведению атмосферного давления на площадь поверхности планеты: $mg \sim p \cdot 4\pi R^2$.

3. Ускорение силы тяжести на поверхности планеты определяется соотношением $g = \frac{GM}{R^2}$.

4. Из пунктов 2 и 3 получим $\frac{m_3}{m_M} = \frac{p_3}{p_M} \cdot \frac{g_M}{g_3} \left(\frac{R_3}{R_M}\right)^2 = \frac{p_3}{p_M} \cdot \frac{M_M}{M_3} \left(\frac{R_3}{R_M}\right)^4 = 1150 \frac{1}{9,3} (1,88)^4 \approx 1545$ раз.

Ответ: 1545 раз.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1

Задача № 6

Чем будет казаться Солнце космонавту, высадившемуся на Нептуне: точкой или диском? Ответ подтвердите расчётом. Считайте, что период обращения Нептуна вокруг Солнца равен 164,8 года, а орбита планеты –

круговая. Средний видимый с Земли диаметр Солнца равен $32'$. Разрешающая способность человеческого глаза составляет около $1'$.

Решение:

1. Из 3 закона Кеплера определим среднее гелиоцентрическое расстояние Нептуна: $R = \left(\frac{T}{T_3}\right)^{\frac{2}{3}} R_3 = (164,8)^{\frac{2}{3}} \approx 30 \text{ a.e.}$

2. Взаимосвязь между расстоянием R от планеты до Солнца и его угловым диаметром α – обратная пропорциональная: $D = \alpha R$, где D – линейный диаметр Солнца.

3. Расстояние от Нептуна до Солнца в 30 раз больше, чем от Земли до Солнца, поэтому видимый угловой диаметр Солнца при наблюдениях с Нептуна составит немногим более $1'$.

4. Т.к. найденный угловой диаметр находится на пределе разрешающей способности человеческого глаза, можно считать, что Солнце космонавту будет казаться точкой.

Ответ: точкой.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	3
Выполнение пункта 2	3
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
11 класс (2023/24 учебный год)**

Задача № 1

Опишите известные способы обнаружения экзопланет и условия их применения.

Решение:

1. Получение фотографического изображения планеты в видимых лучах. Способ применим для планет-гигантов, движущихся на большом расстоянии от сравнительно близких к Солнцу звёзд.
2. Регистрация периодического уменьшения яркости звезды при прохождении планеты по её диску. Можно обнаружить достаточно крупные планеты при условии, что они проходят по диску звезды.
3. Регистрация периодического приближения и удаления звезды от Солнца при её вращении вокруг центра масс системы «звезда-планета». Способ применим для обнаружения массивных планет, расположенных достаточно близко к звёздам.

Критерии оценки

Два балла за каждый способ и два балла за условия его применения, но не более 8 баллов за задание.

Задача № 2

Оцените безопасную скорость управляемого с Земли марсохода, если он оснащён телекамерой, которая «видит» на 20 метров, если большая полуось и эксцентриситет орбиты Марса равны 1,52 а.е. и 0,09 соответственно. Орбиту Земли считать круговой.

Решение:

1. Безопасной будет такая скорость, с которой марсоход пройдёт расстояние, не превышающее 20 м, за время распространения сигнала от Марса до Земли и обратно.
2. Сигналы управления распространяются со скоростью света в вакууме $c = 300\,000\text{ км/с}$.
3. Наибольшее расстояние сигнал должен пройти в момент соединения Марса с Землёй при условии, что Марс находится в афелии своей орбиты.
4. При этом расстояние между Марсом и Землёй равно сумме радиуса орбиты Земли и афелийного расстояния Марса Q .
5. $Q = a(1 + e) = 1,52(1 + 0,09) = 1,66\text{ а.е.}$
6. Наибольшее расстояние между Марсом и Землёй $R = 1 + 1,66 = 2,66\text{ а.е.}$
7. Условие равенства времён движения аппарата и распространения сигнала: $\frac{2R}{c} = \frac{S}{v}$.
8. Расчёты: $v = \frac{S}{2R}c = \frac{20}{2 \cdot 2,66 \cdot 150 \cdot 10^9} \cdot 3 \cdot 10^8 \approx 7,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

Ответ: $v \approx 7,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

Критерии оценки

Количество баллов

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1
Выполнение пункта 7	1
Выполнение пункта 8	1

Задача № 3

От звезды 0^m за 1 с падает 10^{10} фотонов на 1 м^2 площади, перпендикулярной лучу зрения. Сколько фотонов в секунду попадает в человеческий глаз от полной Луны с блеском $-12^m,5$? Диаметр зрачка глаза человека принять равным 6 мм.

Решение:

1. Будем считать, что энергия фотонов излучения звезды и отражённых от Луны одинакова.
2. Освещённость E – количество световой, падающей в единицу времени на единицу площади.
3. Таким образом, освещённость пропорциональна числу N фотонов, падающих на поверхность в секунду, к величине этой поверхности S : $E \sim \frac{N}{S}$.
4. Формула Погсона: $m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_2}$.
5. С учётом пункта 3: $m - m_L = -2,5 \lg \frac{E}{E_L} = -2,5 \lg \left(\frac{N}{N_L} \cdot \frac{S_L}{S} \right)$, где m и m_L – звёздные величины звезды и Луны соответственно, N и N_L – числа фотонов, падающих от звезды и Луны в секунду на соответствующие поверхности, S и S_L – площади освещаемых звездой и Луной поверхностей.
6. $S_L = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь поверхности зрачка, d – диаметр зрачка.
7. Объединим 5 и 6 и выразим число фотонов, падающих в секунду на зрачок: $N_L = \frac{\pi d^2}{4S} 10^{\frac{m-m_L}{2,5}} \cdot N$.

8. Расчёты: $N_{\text{Л}} = \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 1} 10^{\frac{0 - (-12,5)}{2,5}} \cdot 10^{10} = 2,83 \cdot 10^{10}$.

Ответ: $N_{\text{Л}} = 2,83 \cdot 10^{10}$

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1
Выполнение пункта 7	1
Выполнение пункта 8	1

Задача № 4

Диаметр Плутона составляет 2376 км., а его орбитальная скорость – 4,7 км/с. Оцените ширину полосы на поверхности Земли, в которой можно наблюдать покрытие звезды Плутоном, а также продолжительность этого покрытия. Скорость орбитального движения Земли принять равной 29,8 км/с.

Решение:

1. Любая звезда находится настолько далеко от Солнечной системы, что излучение от неё можно считать падающим параллельным пучком.

2. Тогда «тень», отбрасываемая Плутоном на поверхность Земли, сопоставима по размеру с основанием цилиндра диаметром, равным диаметру Плутона. Т.о. оценка ширины полосы, в которой можно наблюдать покрытие звезды Плутоном – 2376 км.

При оценке времени покрытия могут быть применены различные исходные предположения. Далее – пример расчёта при одном из них.

3. Пусть вектор скорости орбитального движения Земли во время покрытия перпендикулярен оси цилиндра, а тень перемещается так, что наблюдатель пересекает её по диаметру. Пусть в момент покрытия Плутон и Земля движутся в одну сторону.

4. Тогда скорость передвижения тени относительно наблюдателя будет равна $29,8 - 4,7 = 25,1$ км/с. При этом оценкой времени покрытия будет величина $\frac{2376}{25,1} \approx 1,6$ мин.

Ответ: 2376 км, 1,6 мин.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	2
Выполнение пункта 2	2
Выполнение пункта 3	2
Выполнение пункта 4	2

Задача № 5

Радиус астероида составляет 5 км. А его плотность – 5,5 г/см³. Считая астероид шарообразным, оцените, на какую высоту поднялся бы человек, находящийся на астероиде и подпрыгнувший с усилием, достаточным для прыжка на высоту 5 см на Земле. Завышенной или заниженной является Ваша оценка? Почему? Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м²/кг².

Решение:

1. Вычислим ускорение силы тяжести на поверхности астероида: $g_A = \frac{GM}{R^2}$, M, R – масса и радиус астероида соответственно.

2. Массу астероида вычислим через его плотность и объём: $M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3$.

3. Тогда ускорение силы тяжести на поверхности астероида: $g_A = \frac{4}{3}\pi G\rho R$.

4. Условия равенства запасов энергий в момент прыжка на Земле и астероиде: $mgh = mg_A H$, m – масса человека, g – ускорение силы тяжести на поверхности Земли, h, H – высоты подъёма на Земле и астероиде соответственно.

5. Объединим пункты 3 и 4: $H = \frac{g}{g_A} h = \frac{3g}{4\pi G\rho R} h$.

6. Расчёты: $H = \frac{3G}{4\pi G\rho R} h = \frac{3 \cdot 9,81}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5500 \cdot 5000} \cdot 0,05 \approx 63,8$ м.

7. Оценка является оценкой снизу.

8. Высота подъёма будет немного выше найденной, т.к. ускорение силы тяжести убывает с высотой над поверхностью астероида.

Ответ: $H \approx 63,8$ м

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1

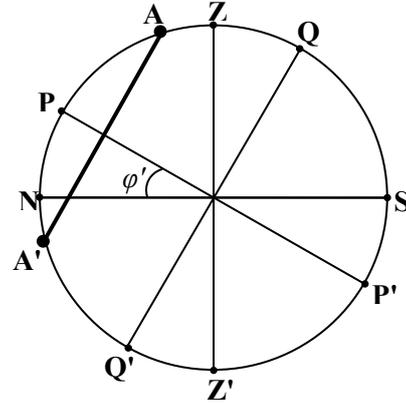
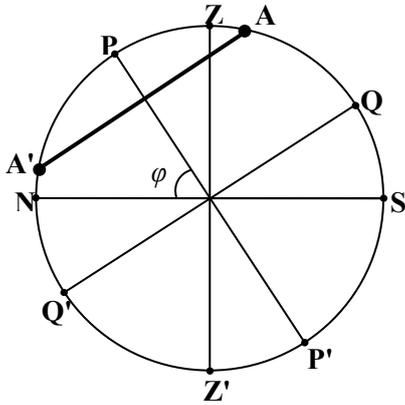
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1
Выполнение пункта 7	1
Выполнение пункта 8	1

Задача № 6

Первый наблюдатель, находящийся в Северном полушарии Земли, измерил высоту некоторой звезды в верхней кульминации и получил 80° . Второй наблюдатель, находящийся на том же географическом меридиане на 2000 км южнее, увидел ту же звезду в верхней кульминации на высоте 82° . Возможна ли такая ситуация? Если да, то в каком случае? Ответ обоснуйте. Средний радиус Земли равен $R = 6371 \text{ км}$.

Решение:

1. Сделаем пояснительные рисунки для случаев верхней кульминации A звезды к югу и к северу от зенита:



2. Из левого рисунка следует, что высота звезды в верхней кульминации A к югу от зенита определяется соотношением: $h_B = 90^\circ - \varphi + \delta$.

3. Из правого рисунка видно, что высота звезды в верхней кульминации A к северу от зенита определяется соотношением: $h'_B = 90^\circ + \varphi' - \delta$.

4. Из пунктов 2 и 3 следует, что если для обоих наблюдателей кульминация наблюдалась по одну и ту же сторону от зенита, то изменение высоты равно модулю изменения географической широты.

5. Если для первого наблюдателя кульминация наблюдалась к югу от зенита, а для второго – к северу, то из пунктов 2 и 3 следует, что должно выполняться соотношение: $h_B + h'_B = 180^\circ + \varphi' - \varphi = 180^\circ - |\Delta\varphi|$, т.к. $\varphi' < \varphi$ для более южной точки.

6. Оценим разность географических широт, на которых находятся наблюдатели: $|\Delta\varphi| = \frac{l}{L} 180^\circ = \frac{2000}{3,14 \cdot 6371} 180^\circ = 18^\circ$, где l – расстояние между наблюдателями, L – длина земного меридиана.

7. Таким образом, выполняется условие из пункта 5 и не выполняется условие из пункта 4.

8. Да, описанная в тексте задачи ситуация возможна, если первый наблюдатель видит верхнюю кульминацию к югу от зенита, а второй – к северу.

Критерии оценки	Количество баллов
Выполнение пункта 1	1
Выполнение пункта 2	1
Выполнение пункта 3	1
Выполнение пункта 4	1
Выполнение пункта 5	1
Выполнение пункта 6	1
Выполнение пункта 7	1
Выполнение пункта 8	1

Примечание: полное и правильное решение каждой задачи оценивается в 8 баллов.