



**ЗОЛОТОЕ
СЕЧЕНИЕ**

ФОНД ПОДДЕРЖКИ
ТАЛАНТЛИВЫХ ДЕТЕЙ
И МОЛОДЕЖИ

ВС{ }Ш

Разбор заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии для 9 класса

**2025/2026 учебного года
в Свердловской области**

Разработчик:
Малютин Иван Александрович –
учитель физики и астрономии
СУНЦ УрФУ



Задание 1: Кто старое помянет

В таблице вам предложены 8 событий в истории астрономии.

- Событие под каким номером произошло позже всех нижеперечисленных?
- Событие под каким номером произошло раньше всех нижеперечисленных?
- Расположите номера всех событий в хронологическом порядке, от самого раннего до самого позднего, и приведите в виде строки из 8 чисел.

№	Событие
1	Открытие законов Кеплера
2	Создание первой фотографии Солнца Луи Физо и Леоном Фуко
3	Запуск космического телескопа имени Хаббла
4	Создание первого телескопа Галилео Галилеем
5	Создание первой фотографии солнечного спектра Генри Дрейпером
6	Открытие Урана Уильямом Гершелем
7	Создание первого радиотелескопа Гроутом Ребером
8	Создание классической механики Исааком Ньютоном



Задание 1: Кто старое помянет

- Знание истории науки и техники и логические рассуждения помогут правильно расставить события

Событие	Номер
Создание первого телескопа Галилео Галилеем	4
Открытие законов Кеплера	1
Создание классической механики Исааком Ньютоном	8
Открытие Урана Уильямом Гершелем	6
Создание первой фотографии Солнца Луи Физо и Леоном Фуко	2
Создание первой фотографии солнечного спектра Генри Дрейпером	5
Создание первого радиотелескопа Гроутом Ребером	7
Запуск космического телескопа имени Хаббла	3

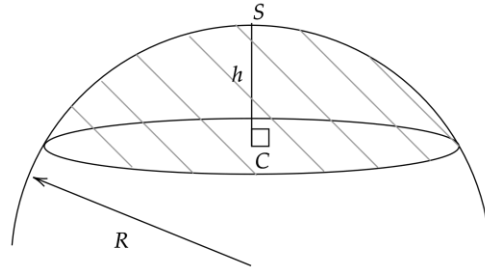
Задание 2: Спутники

Примерно 80000 активных околоземных спутников обращаются вокруг Земли на высотах от 330 до 1330 км. Пренебрегая рефракцией, рельефом местности, высотой наблюдателя, а также считая, что спутники в каждый момент времени распределены равномерно вокруг Земли,

- Определите объем пространства, в котором могут находиться спутники. Ответ дайте в м^3 ;
- Оцените, какое количество спутников приходится на единичный объем пространства, где они летают. Ответ дайте в $1/\text{м}^3$;
- Определите, какой объем пространства, где могут летать спутники, может видеть наблюдатель, находящийся на поверхности Земли. Ответ дайте в $1/\text{м}$;
- Оцените, какое количество околоземных спутников может видеть наблюдатель на поверхности Земли.

Задание 2: Спутники

Справка: Разрежем шар радиуса R на две части. Одна из частей шара будет в форме «шапочки» (кусочек шара с плоским дном в виде круга) (см рисунок).



Проведем от центра круга, получившегося при разрезе шара (точка C) перпендикуляр вверх. Пусть точка S – пересечение этого перпендикуляра с границей шара. Расстояние CS обозначим, как h (её можно назвать «высотой шапочки»). Тогда объем заштрихованной части шара («шапочки») может быть найден по формуле

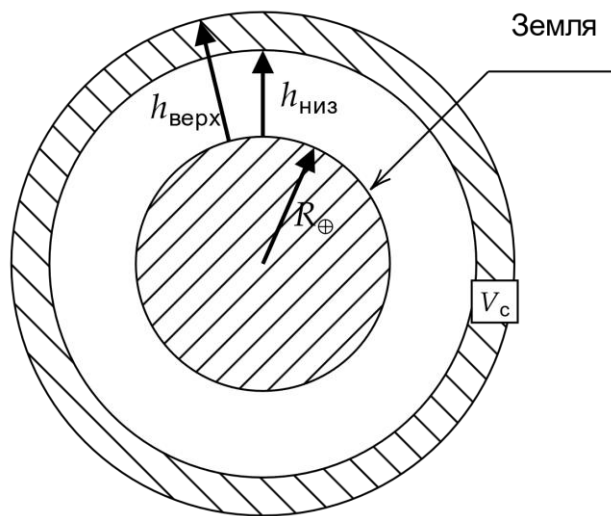
$$V = \pi h^2 \left(R - \frac{1}{3} h \right)$$

Справка: Объем шара радиуса R может быть найден по формуле

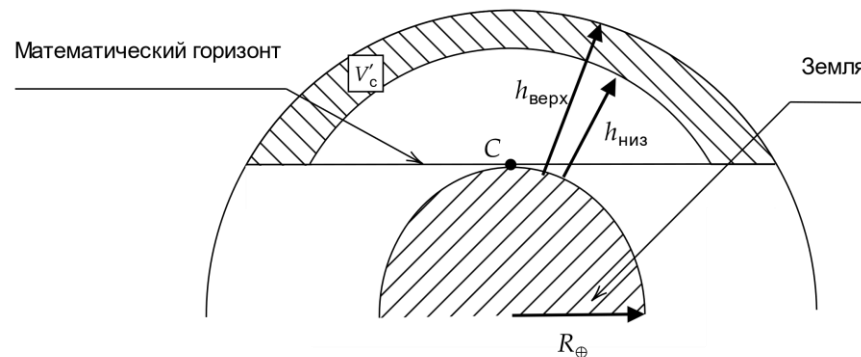
$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Задание 2: Спутники

- Искомые объёмы (V_c и V'_c на рисунках), занимаемые спутниками — это разница объёмов сфер (полусфер) с радиусами орбит самых высоких и самых низких спутников



$$\begin{aligned} V_c &= V_{\text{верх}} - V_{\text{низ}} \\ &= \frac{4}{3}\pi \left((h_{\text{верх}} + R_{\oplus})^3 - (h_{\text{низ}} + R_{\oplus})^3 \right) = 6.54 \cdot 10^{20} \text{ м}^3 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V' &= V'_{\text{верх}} - V'_{\text{низ}} \\ &= \pi h_{\text{верх}}^2 \left(R_{\oplus} + h_{\text{верх}} - \frac{1}{3} h_{\text{верх}} \right) \\ &\quad - \pi h_{\text{низ}}^2 \left(R_{\oplus} + h_{\text{низ}} - \frac{1}{3} h_{\text{низ}} \right) = 3.81 \cdot 10^{19} \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Задание 2: Спутники

- Количество спутников на единицу объёма равно общему количеству спутников N , делённому на занимаемый ими объём:

$$n = \frac{N}{V_c} = 1.22 \cdot 10^{-16} \frac{1}{\text{м}^3}$$

- Количество спутников, видимых наблюдателю, равно количеству спутников на единицу объёма, умноженному на видимый объём:

$$N' = nV' \approx 4650.$$

Задание 3: Храм огня

В мультфильме “Аватар: легенда об Аанге” главному герою Аангу необходимо найти храм Огня, чтобы пообщаться с духом аватара Року. В видении Аанг увидел цилиндрическую комнату диаметром 20 м, в центре которой в пол был вмонтирован маленький золотой диск. В стене на высоте 3 м было проделано отверстие, через который проходит солнечный луч. Дух аватара Року явится, когда диск будет освещён солнечным лучом. Известно, что это произойдет в момент верхней кульминации Солнца с наименьшей угловой высотой Солнца в году. Храм находится между северным полярным кругом и северным тропиком.

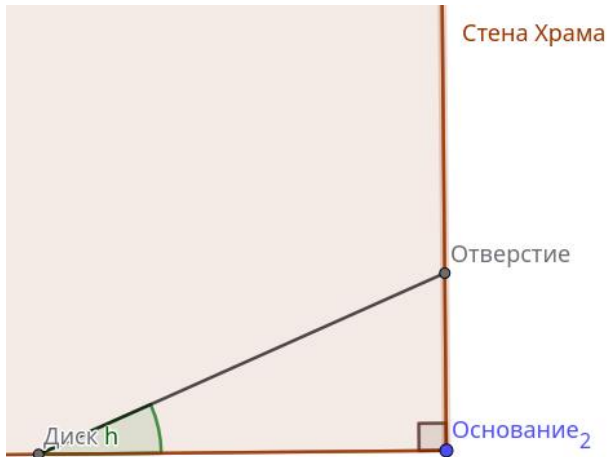
- Определите сторону света отверстия, если наблюдатель стоит около золотого диска. В какой день будет наблюдаться описанное событие? Укажите склонение Солнца в этот день.
- Определите угловую высоту Солнца в этот момент, используя размеры комнаты и расположение отверстия.
- Определите широту храма с точностью до минут угловой дуги.

Задание 3: Храм огня

- Из условий задачи известно, что храм находится в северном полушарии, следовательно, Солнце будет кульминировать на юге — отверстие должно быть **расположено на юге**
- Наименьшая высота Солнца наблюдается в **день зимнего солнцестояния**
- Склонение Солнца в момент зимнего солнцестояния **$\delta = -23^{\circ}26'$**

Задание 3: Храм огня

- Из треугольника Отверстие-Диск-Основание Храма находится высота кульминации солнца h



$$\operatorname{tg} h = \frac{\text{Отверстие} - \text{Основание}_2}{\text{Диск} - \text{Основание}_2} = 0,3$$

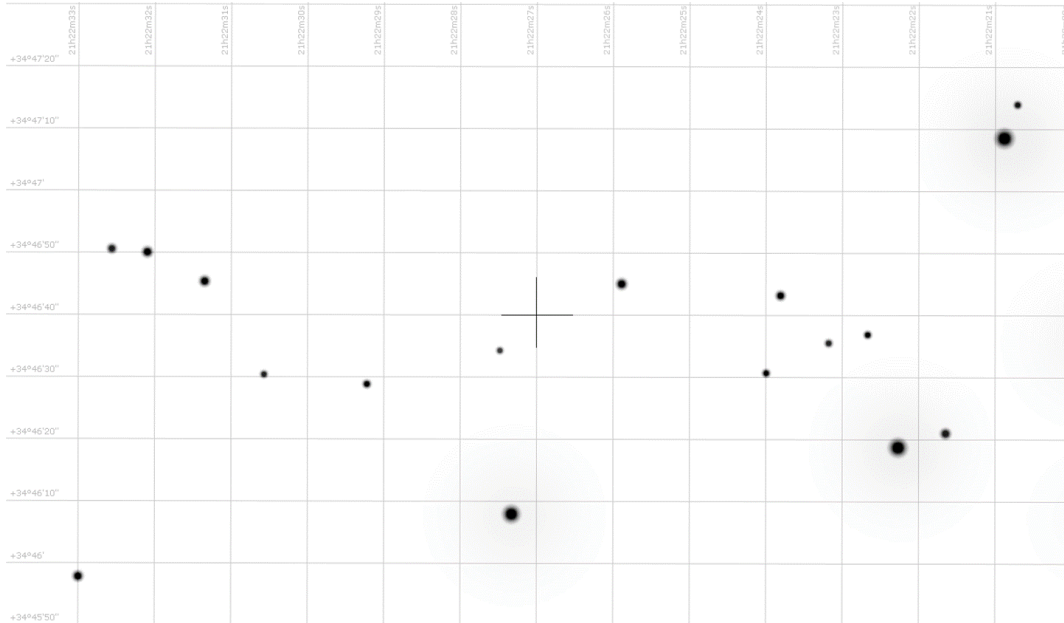
$$h = \operatorname{arctg} 0,3 = 16^{\circ}42'$$

- Зная склонение Солнца и его угловую высоту можно определить широту места наблюдения

$$\varphi = 90^{\circ} - \varepsilon - h = 49^{\circ}52'$$

Задание 4: Навигатор

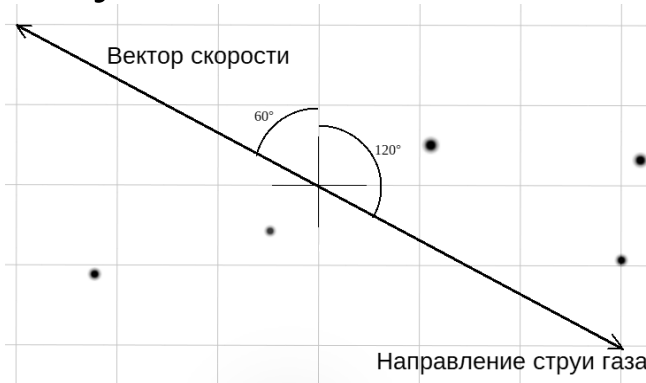
В одном из отсеков космического корабля происходит утечка кислорода. Обнаружат её и перекроют только через час. На рисунке приведён вид из кабины навигатора корабля. Чёрным крестом обозначено текущее направление полёта корабля. В точку с какими координатами будет двигаться корабль, когда удастся устранить проблему?



Корабль движется со скоростью $1/3$ с (с — скорость света в вакууме). Струя газа направлена под углом 120° вправо (отсчитывается от направления вверх, по часовой стрелке) в плоскости рисунка (перпендикулярно движению корабля). Полная скорость, получаемая за всё время за счёт утечки, равна 60 км/с.

Задание 4: Навигатор

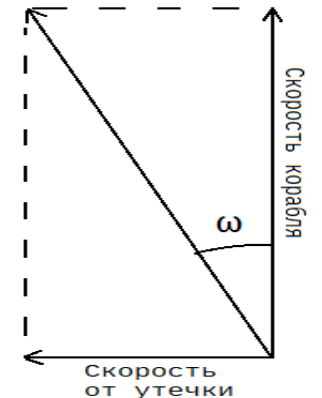
- Корабль будет смещаться в противоположном струе направлении:



Небесная сфера

- Отношение скоростей корабля V_0 и скорости V , получаемой за счёт утечки, равно углу ω , на который сместится направление движения корабля на небесной сфере

$$\omega = \arctg\left(\frac{V}{V_0}\right) \approx 124''$$



Задание 4: Навигатор

- Поскольку угол смещения мал, то можно воспользоваться плоским приближением для определения смещения проекции направления движения корабля:

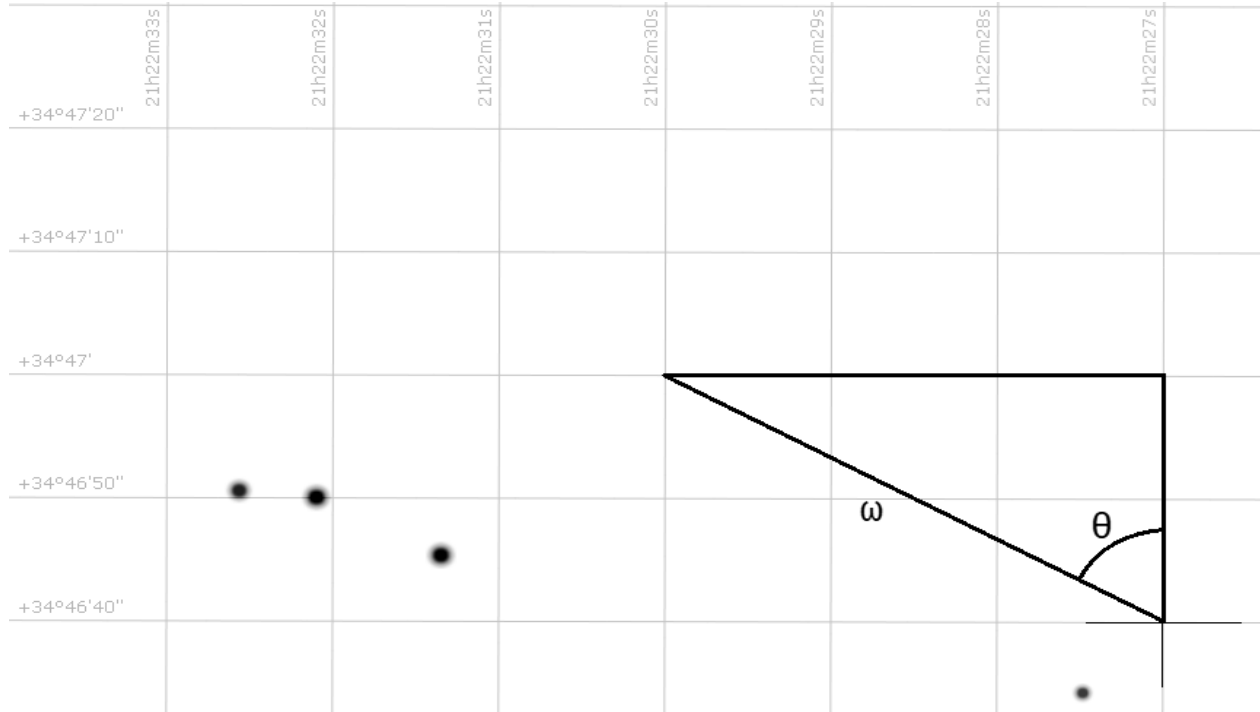
$$\Delta\delta = \omega \cos(\theta) \approx 62''$$

$$\Delta\alpha = \omega \sin(\theta) \approx 7^s$$

- Новые координаты:

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha = 21^h 22^m 34^s$$

$$\delta' = \delta + \Delta\delta = 34^\circ 47' 42''$$



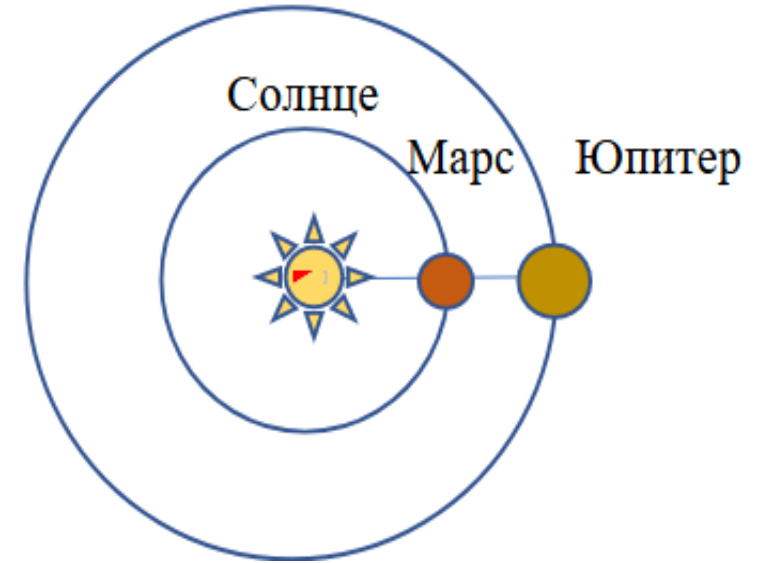
Задание 5: Следующий раз

Сотрудники обсерватории на экваторе Марса составляют расписание работ для слежения за изменениями в смерче юпитерианской атмосферы (Большое Красное Пятно - БКП), который вращается вместе с Юпитером.

- Считая орбиты круговыми, нарисуйте взаимное расположение Марса, Юпитера и Солнца, при котором возможны наиболее подробные наблюдения БКП. Подпишите объекты на рисунке и объясните свой выбор их расположения.
- Рассчитайте, на каком расстоянии в этот благоприятный период будут находиться центры Марса и Юпитера. Ответ запишите в миллионах километров.
- Укажите наименьшие промежутки времени: 1. когда планеты Марс и Юпитер снова занимают благоприятное для наблюдений БКП положение, 2. когда возможно снова видеть с Марса БКП Юпитера, если наблюдениям не мешает всепланетная пылевая буря на Марсе. Объясните свой ответ.

Задание 5: Следующий раз

- Наиболее подробные наблюдения БКП возможны при **противостоянии** планет
- Информацию о размерах орбит планет можно узнать из справочных данных. Расстояние между планетами будет равно ≈ 552 млн. км.



Задание 5: Следующий раз

Планеты снова займут благоприятное положение через *синодический период*

Для определения синодического периода S необходимы сидерические периоды обращения Юпитера $T_{\text{Ю}}$ и Марса $T_{\text{М}}$, найти их можно в справочных материалах.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{М}}} - \frac{1}{T_{\text{Ю}}}, \quad S = 2.235 \text{ года}$$

- Сравнивая периоды суточного вращения планет (данные о которых находятся в справочных материалах), можно определить когда возможно снова видеть с Марса БКП Юпитера: поскольку за одну марсианскую ночь в 12.32 ч. Юпитер может сделать полный оборот, то

искомый промежуток равен суточному вращению Юпитера — **9.92 ч.**

Задание 6: Космические маяки

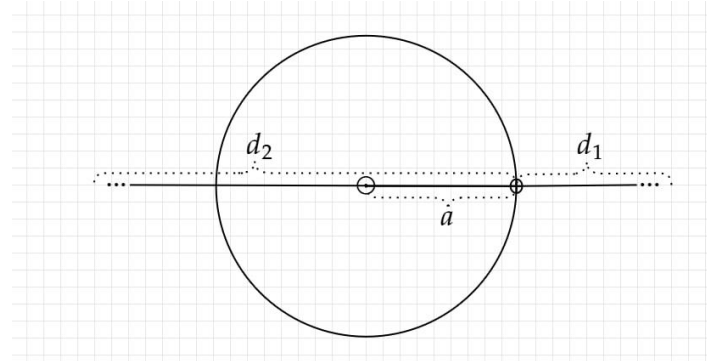
С Земли наблюдаются два “космических маяка”, отправляющие короткий импульс точно каждый час. Солнце находится на линии между маяками.

В момент, когда Земля проходит через отрезок между маяками, максимумы импульсов от двух объектов приходят одновременно. Из наблюдений известны расстояния до маяков в этой конфигурации: у первого — d_1 , а у второго — d_2 . Какая будет задержка между максимумами двух импульсов через полгода?

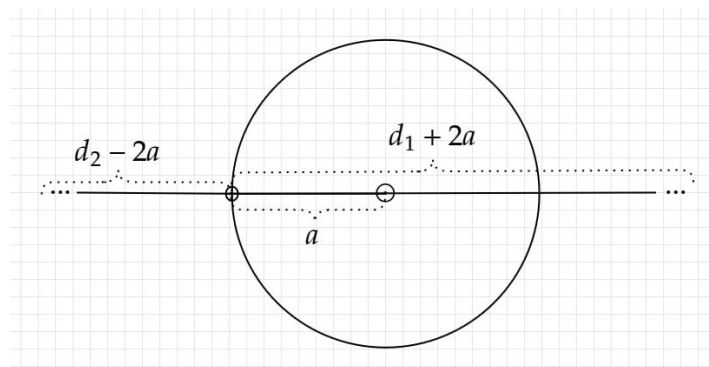
Постройте график зависимости обоих сигналов от времени на одном графике на протяжении трёх периодов. Форма импульсов может быть произвольной, но промежутки времени должны соответствовать полученной задержке.

Задание 6: Космические маяки

- Примем, что второй маяк находится за Солнцем, тогда конфигурация маяков и земли будет выглядеть так:



- По прошествии полугода, конфигурация изменится на следующую:



Задание 6: Космические маяки

- Из конечности скорости света следует, что время, необходимое сигналу, чтобы пройти от источника до наблюдателя на Земле равно отношению расстояния к скорости света

$$T = \frac{d}{c}$$

Задержка может быть выражена как:

$$\Delta T = \frac{d'_1 - d'_2}{c} - \frac{d_1 - d_2}{c} = \frac{(d_1 + \Delta d_1) - (d_2 + \Delta d_2)}{c} - \frac{d_1 - d_2}{c} = \frac{\Delta d_1 - \Delta d_2}{c}$$

- Стоит отметить, что задержка не может превышать период подачи сигнала. В случае, когда задержка больше периода сигнала, то следует вычесть целое количество периодов, пока задержка не примет приемлемое значение.

Задание 6: Космические маяки

- Изменения в расстояниях до маяков Δd_1 и Δd_2 , по прошествии полугода, есть не что иное, как диаметр орбиты Земли. Радиус орбиты Земли a указан в справочных данных.

$$\Delta T = \frac{\Delta d_1 - \Delta d_2}{c} = \frac{4a}{c} \approx 0.55 \text{ ч}$$

- Сигналы от трёх импульсов в первом случае будут совпадать во времени. По прошествии полугода, задержка между сигналом от второго и первого источника будет составлять 0.55 ч. Зелёным цветом на графиках обозначен сигнал от первого маяка, а красным — от второго.

