

XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2018-2019 учебный год
XVI олимпиада по астрономии и космонавтике школьников города Калуги
I школьный этап 7 КЛАСС

I. Знакомство с конфигурацией созвездий

1. (5 баллов) Большая Медведица

(3 балла) Да, созвездие в Калуге наблюдается круглый год, т.к. является незаходящим.

II. Калейдоскоп по астрономии и космонавтике

2. (5 баллов) На рисунке показана яркая **комета** на фоне звёздного неба (это была комета Донати 1858 г.)

(5 баллов) Кометы с Луны можно наблюдать, условия для наблюдений будут даже лучше, т.к. у Луны нет атмосферы, рассеивающей слабый свет комет.

3. Значок посвящён первому полёту человека в космическое пространство. Это был советский гражданин Юрий Алексеевич Гагарин. Полёт состоялся на корабле «Восток» 12 апреля 1961 г. **(8 баллов)**

III. Решите задачу, поясняя решение рассуждениями (8 баллов за задачу).

4. «Планета Солнечной системы». Это планета Нептун. С 1846 по 2011 год прошло 165 лет, это и есть время одного полного оборота вокруг Солнца планеты Нептун. **(4 балла)**

Период обращения Меркурия 87.97 сут. За один оборот Нептуна Меркурий obeжал Солнце $\frac{164.79 \text{ лет} \cdot 365.26}{87.97 \text{ сут}} \approx 684 \text{ раза}$ **(4 балла)**

XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2018-2019 учебный год
XVI олимпиада по астрономии и космонавтике школьников города Калуги
I школьный этап 8 КЛАСС

I. Знакомство с конфигурацией созвездий

1. (5 баллов) Малая Медведица

(1 балл) Созвездие в Калуге видно круглый год, т.к. является околополярным и не заходит за горизонт.

(2 балла) Звезда на кончике хвоста – Полярная, она находится вблизи полюса мира, вокруг которого происходит вращение небесной сферы. По Полярной звезде находят направление на север.

II. Калейдоскоп по астрономии и космонавтике

2.1. Смену лунных фаз, объясняя изменение вида Луны с точки зрения геоцентрической системы мира. **(4 балла)**

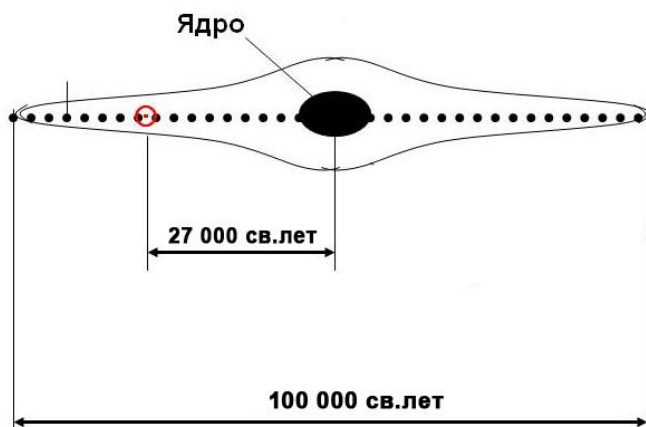
2.2. У Земли есть атмосфера, а у Луны – нет. Атмосфера Земли, содержащая «парниковые» газы, удерживает тепло, приходящее от Солнца, не давая поверхности планеты быстро охлаждаться. **(8 баллов)**

3. Значок посвящён первому полёту человека в космическое пространство. Это был советский гражданин Юрий Алексеевич Гагарин. Полёт состоялся на корабле «Восток» 12 апреля 1961 г. **(8 баллов)**

III. Решите задачу, поясняя решение рассуждениями (8 баллов за задачу).

4. «Галактика».

Расположение Солнца в Галактике показано на рисунке **(4 балла)**.



Найдем время одного оборота Солнца вокруг центра Галактики:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 27000 \cdot 300000 \text{ км/с} \cdot 1200}{220 \text{ км/с}} \approx 2.3 \cdot 10^8 \text{ лет} = 230 \text{ млн. лет} \quad (3 \text{ балла})$$

Солнце сделало около $4.5 \text{ млрд лет} / 230 \text{ млн лет} \approx 20$ оборотов **(1 балл)**

XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2018-2019 учебный год
XVI олимпиада по астрономии и космонавтике школьников города Калуги
I школьный этап 9 КЛАСС

I. Знакомство с конфигурацией созвездий

1. (6 баллов) Дракон и Малая Медведица

(1 балл) Созвездия в Калуге видны круглый год, т.к. являются околополярным и не заходят за горизонт.

(1 балл) Это Полярная звезда (второе название - Киносура)

II. Калейдоскоп по астрономии и космонавтике.

2. (5 баллов) наблюдение яркой кометы

(3 балла) Созвездия Большой Медведицы, Северной Короны и Волопаса (см. рис.1)

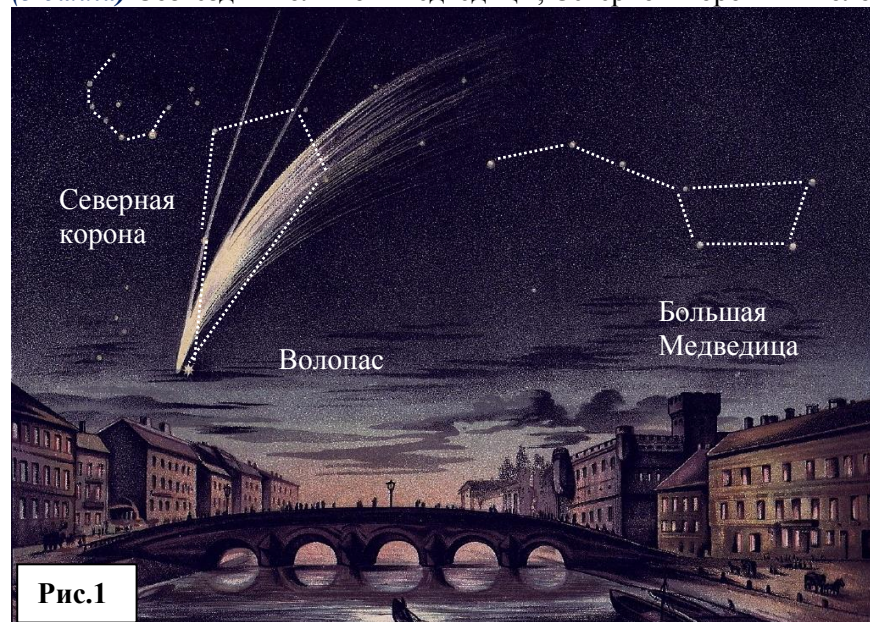


Рис.1

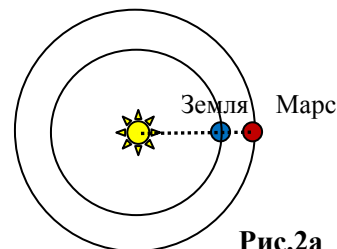


Рис.2а

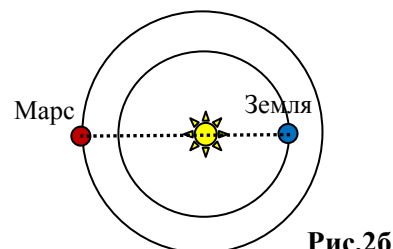


Рис.2б

3. Юпитер-2, Венера-4, Луна – 1, Марс – 5,8, Сатурн – 6,7 (за каждое верное сопоставление – по **1 баллу**)

III. Решите задачи, поясняя решение рассуждениями (по 8 баллов за задачу).

4. «Полёт самолёта». Разница во времени между Москвой и Хабаровском составляет $10-3=7$ часов (**2 балла**). Значит, в момент вылета самолёта из Москвы в Хабаровске было уже 21 ч 15 мин + 7 ч = 28 ч 15 мин, т.е. 4 ч 15 мин утра следующего дня (**3 балла**). Самолёт совершил посадку в 11 ч 50 мин, т.е. его полёт длился $11\text{ ч }50\text{ мин} - 4\text{ ч }15\text{ мин} = 7\text{ ч }35\text{ мин}$ (**3 балла**).

5. «Земля-Марс». Длительность прохождения сигнала зависит от взаимного расположения планет. Самое маленькое расстояние между Землёй и Марсом – в противостоянии Марса (рис.2а), свет преодолит его за $750\text{с} - 500\text{с} = 250\text{с} \approx 4.2\text{ мин}$. (**4 балла**) Самое большое расстояние между планетами – в соединении (рис.2б), в этой конфигурации свету потребуется $500\text{с} + 750\text{с} = 1250\text{с} \approx 20.8\text{ мин}$. (**4 балла**) Получается, что в зависимости от взаимного расположения планет свет преодолевает расстояние между ними за время от 4.2 до 20.8 мин.

6. «Фотон». (XVII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада, 2009, решение авторское)

Заметим, что после вылета с поверхности Солнца фотон движется со скоростью, равной скорости света в вакууме (и тратит на это 500 с). Из условия следует, что внутри Солнца расстояние, в 200 раз меньшее, фотон проходит за время, большее в $30\,000\,000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 500 \approx 2\,000\,000\,000\,000$ раз (**4 балла**). В принципе, уже можно сказать, что средняя скорость перемещения фотона внутри Солнца равна одной четырехсоттриллионной скорости света в вакууме (**2 балла**). Если помнить, чему равна последняя (примерно 300 000 км/с), то можно сразу получить, что фотон перемещается от центра Солнца к поверхности со средней скоростью 0.0007 мм/с (**2 балла**). Если скорость света неизвестна, то её можно получить, зная расстояние от Земли до Солнца (150 млн. км) и время, в течение которого фотон летит от Солнца до Земли. Затем полученный результат можно использовать так, как описывалось выше.

Примечание: Столь низкая средняя скорость перемещения фотона из центра Солнца на поверхность связана с тем, что фотон движется не по прямой, постоянно поглощаясь и переизлучаясь по дороге. Можно показать, что в центральной части Солнца расстояние, которое среднему фотону удастся проходить по прямой, оказывается меньше миллиметра (а радиус Солнца составляет около 700 тыс. км). В результате траектория фотона оказывается крайне запутанной, пройденный путь — очень большим, а средняя скорость перемещения — очень малой.

XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2018-2019 учебный год
XVI олимпиада по астрономии и космонавтике школьников города Калуги
I школьный этап
10 КЛАСС

I. Знакомство с конфигурацией созвездий

1. (2 балла) Рак

(по 2 балла за каждое созвездие) Справа-Близнецы, слева – Лев

(2 балла) Созвездия Рака, Близнецов и Льва видны в Калуге некоторую часть года, т.к. являются зодиакальными и через них проходит видимый путь Солнца по небу.

II. Ответьте на вопросы (каждый вопрос по 8 баллов).

2. (3 балла) наблюдение яркой кометы

(3 балла) Созвездия Большой Медведицы, Северной Короны и Волопаса (см. рис.1)

(2 балла) Наблюдатели должны смотреть на северо-запад. Две крайние звезды «ковша» Большой Медведицы указывают направление на Полярную звезду, т.е. на север. Справа у наблюдателя, смотрящего на север будет восток, слева – запад.

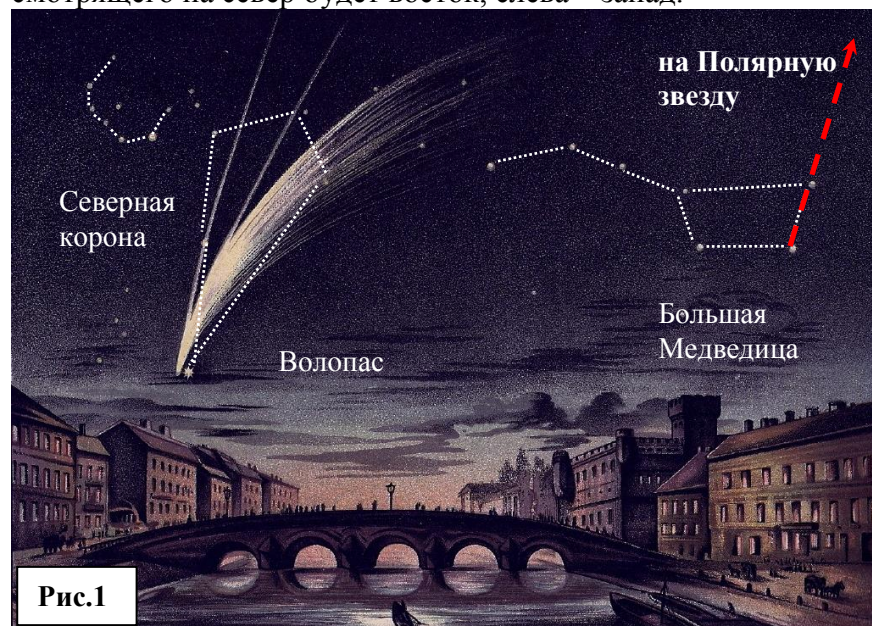


Рис.1

3. Значок посвящён запуску в СССР многоразового космического корабля «Буран» с ракетоносителем «Энергия». Свой первый и единственный космический полёт «Буран» совершил в беспилотном режиме 15 ноября 1988 года.

III. Решите задачи, поясняя решение рассуждениями (по 8 баллов за задачу).

4. «Луна и Марс». Когда Луна находится в первой четверти, то угол между направлениями Земля-Луна и Земля-Солнце составляет 90° . По условию задачи, там же располагается и Марс (рис. 2). По теореме Пифагора получаем, что свету на преодоление расстояния от Земли до Марса потребуется $\sqrt{(750c)^2 - (500c)^2} \approx 560 \text{ с}$.

5. «Второй космонавт».

При круговом движении по орбите на корабль действует сила F притяжения к Земле, сообщаящая ему центростремительное ускорение a .

По II закону Ньютона $F = ma$ (1 балл), по закону всемирного тяготения $F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$ (1 балл),

центростремительное ускорение равно $a = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ (2 балла),

где m – масса корабля, M – масса Земли, T – период обращения планеты вокруг звезды, r – радиус орбиты корабля, равный $r = R + h$, R – радиус Земли, h – высота орбиты, G – гравитационная постоянная.

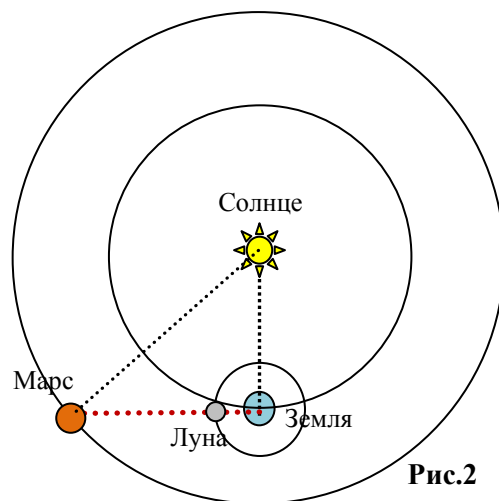


Рис.2

Получаем $G \frac{m \cdot M}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \cdot m$ (1 балл). Тогда период обращения корабля составит

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{GM}} \text{ (1 балл)}.$$

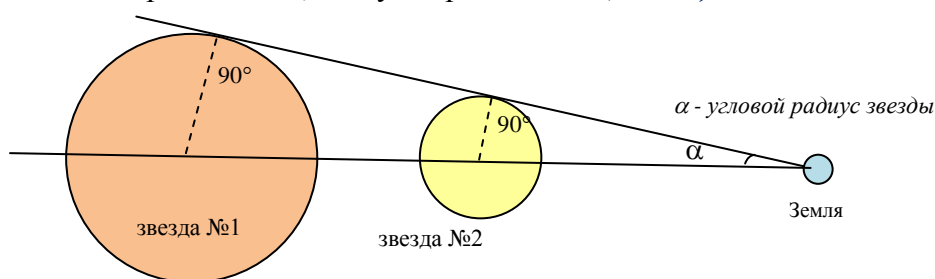
$$T = 2 \cdot 3.14 \cdot (6400000 + 200000) \sqrt{\frac{6400000 + 200000}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}} \text{ с} \approx 5323 \text{ с} \approx 88.7 \text{ мин (1 балл)}.$$

Тогда число витков составило $(1 \text{ сут } 1 \text{ час } 18 \text{ мин}) / 88.7 \text{ мин} = 1518 \text{ мин} / 88.7 \text{ мин} \approx 17 \text{ оборотов}$ (1 балл)

6. «Две звезды». Если звёзды имеют одинаковый угловой радиус, но первая звезда вдвое дальше, то и её линейный радиус должен быть вдвое больше (рис.3), это следует из подобия треугольников

(2 балла). Плотность тела $\rho = \frac{m}{V}$ (1 балл). Массы тел одинаковы, а объём пропорционален кубу

радиуса (2 балла). Получается, что объём первой звезды в $2^3=8$ раз больше (2 балла), а её плотность в 8 раз меньше, чем у второй звезды (1 балл).



XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2018-2019 учебный год
XVI олимпиада по астрономии и космонавтике школьников города Калуги
I школьный этап

11 КЛАСС

I. Знакомство с подвижной картой звездного неба

(4 балла) Максимальный блеск из приведённых дат пришелся на 11 сентября, в этот день комета была в созвездии Возничего.

(2 балла) Невооружённому глазу доступны звёзды ярче 6^m , комета была слабее, её блеск составлял $7,1^m$ и глазом её увидеть было нельзя. *К тому же комета не является точечным объектом и указанная звёздная величина характеризует суммарную по всей площади кометы яркость.*

(2 балла) В сентябре созвездие Возничего выше всего над горизонтом поднимается ближе к утру, около 6-7 часов), но в это время уже начинает светать, поэтому наилучшее время для наблюдения кометы в сентябре были в 2-4 часа утра.

II. Калейдоскоп по астрономии и космонавтике. Ответьте на вопросы (каждый вопрос по 8 баллов).

2. Южный Крест – это созвездие располагается в южном небесном полушарии, остальные созвездия принадлежат северному небесному полушарию.

3. Лучше строить на обратной стороне Луны. Луна будет экранировать искусственное радиоизлучение Земли, а в некоторых фазах и Солнца.

III. Решите задачи, поясняя решение рассуждениями (по 8 баллов за задачу).

4. **«Наблюдение звёзд».** 1 миллиард = 1 000 000 000 = $100 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10$. Изменение потока света в 100 раз соответствует изменению на 5^m звёздных величин ($2.512^5 = 100$) **(2 балла)**, изменение потока света в 10 раз соответствует изменению на 2.5^m звёздной величины ($2.512^{2.5} = 10$) **(2 балла)**. Получается, что изменение блеска в 1 миллиард раз соответствует изменению на $5^m + 5^m + 5^m + 5^m + 2.5^m = 22.5^m$ **(2 балла)**. Глазу доступны звёзды 6^m **(1 балл)**, тогда крупнейшим телескопам звёзды $6^m + 22.5^m = 28.5^m$ **(1 балл)**.

5. **«Коричневый карлик».** Ускорение свободного падения g у поверхности космического тела вычисляется по формуле $g = G \frac{M}{R^2}$ **(1 балл)**, где M – масса тела, R – радиус тела, G – гравитационная постоянная.

Из этой формулы найдём радиус коричневого карлика $R = \sqrt{\frac{GM}{g}}$ **(1 балл)**.

Учтём, что по условию g на поверхности коричневого карлика в 10 раз больше, чем на Земле, значит, составляет около $10 \cdot 10 = 100 \text{ м/с}^2$ **(1 балл)**.

Масса коричневого карлика в 20 раз больше массы Юпитера, а Юпитер больше Земли по массе в 318 раз (по таблице в условии), получаем, что масса коричневого карлика равна 6360 масс Земли **(1 балл)**.

Радиус коричневого карлика составляет

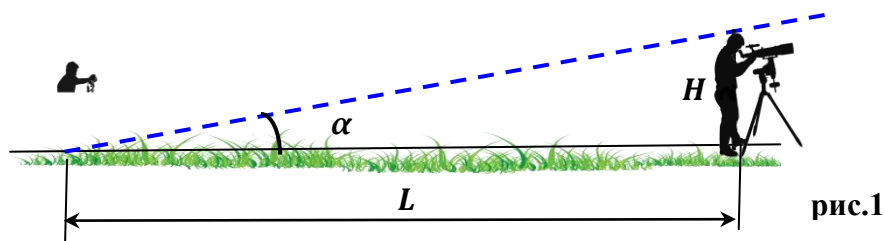
$$R = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6360 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{100}} \text{ м} \approx 1.6 \cdot 10^8 \text{ м} = 160 \text{ тыс км} \text{ (2 балла)}$$

$$\text{Плотность коричневого карлика } \rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3M}{4\pi R^3} \text{ (1 балл)}.$$

$$\text{И равна } \rho = \frac{3 \cdot 6360 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 3.14 \cdot (1.6 \cdot 10^8)^3} \text{ кг/м}^3 \approx 2200 \text{ кг/м}^3 \text{ (1 балл)}$$

6. «Луна и телескоп». Измерив диаметр Луны и высоту человека на фотографии линейкой, определим, что человек меньше в 2.8 раза (**3 балла**). Следовательно его угловой размер человека составляет около $0.5^\circ/2.8 = 0.18^\circ$ (**1 балл**).

Под таким углом человек виден с расстояния в $L = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1.8 \text{ м}}{\operatorname{tg} 0.18^\circ} \approx 573 \text{ м}$ (**4 балла**)



Примечание: школьники могут воспользоваться утверждением, что тангенс малого угла равен самому углу, выраженному в радианах.

В решениях *курсивом* выделена информация, упоминать которую школьникам **не обязательно!**
За арифметические ошибки снижать не более 2-х баллов.

Источники информации:

1. Астрономия. Задачник. 10-11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций : базовый уровень / О. С. Угольников. – М. : Просвещение, 2018. – 79 с. : ил. – (Сферы 1-11).
2. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10-11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций / А. М. Татарников, О. С. Угольников, Е. Н. Фадеев. – 2-е изд. - М. : Просвещение, 2018. – 160 с.
3. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии/ Под. ред. В.Г. Сурдина. Изд. 6-е, испр. и доп. - М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009.- 704 с.
4. <http://school.astro.spbu.ru/> - Школьная астрономия Петербурга
5. <http://www.astronet.ru/db/msg/1391738> - астрономический календарь на 2018 г
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/C/1858_L1_\(Донати\)#/media/File:CometDonati.jpg](https://ru.wikipedia.org/wiki/C/1858_L1_(Донати)#/media/File:CometDonati.jpg) – комета Донати