

**Ключи и критерии оценивания  
к заданиям муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
2024/2025 учебного года  
7 класс**

**1 задание (8 баллов)**

Можно ли наблюдать Юпитер в созвездии Большой Пёс? А в Змееносце? Объясните свой ответ.

**Решение**

Движение планет происходит вдоль плоскости эклиптики, а значит их видимое положение будет проходить через зодиакальные созвездия и Змееносца. Большой Пёс не является зодиакальным созвездием и не является Змееносцем, потому через него Юпитер проходить не будет. Через Змееносца проходит эклиптика, потому Юпитер будет проходить через Змееносца.

**Ответ**

Через Большого Пса нет; через Змееносца да.

№	Критерий	Баллы
1	Получен правильный аргументированный ответ для Большого Пса.	4
	Получен правильный ответ для Большого Пса без аргументации.	2
	Получен неправильный ответ для Большого Пса ИЛИ ответ отсутствует.	0
2	Получен правильный аргументированный ответ для Змееносца.	4
	Получен правильный ответ для Змееносца без аргументации.	2
	Получен неправильный ответ для Змееносца ИЛИ ответ отсутствует.	0

**Примечания**

Критерий 2. Если участником Змееносец был отнесен к зодиакальным созвездиям, выставляется полный балл.

**2 задание (8 баллов)**

20 марта 2024 года в географическом пункте N Солнце взошло на 3 часа 50 минут раньше, чем в Екатеринбурге ( $60,5^\circ$  в.д.). На какой географической долготе находится пункт N?

**Решение**

Восход происходит вблизи весеннего равноденствия, а значит интервал времени между восходом и заходом Солнца не зависит от широты и составляет 12 часов. По этой причине можно сказать, что географическая долгота пункта N находится восточнее (так как там взошло раньше, а Солнце восходит с востока) на 3 часа 50 минут в градусной мере.

$$\Delta T = 3^h 50^m = 45^\circ + 15^m \cdot \frac{50^\circ}{60^m} = 57,5^\circ$$

Тогда наблюдаемая долгота составит

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta T = 60,5^\circ + 57,5^\circ = 118^\circ \text{ в. д.}$$

**Ответ**

$$\lambda_2 = 118^\circ \text{ в.д.}$$

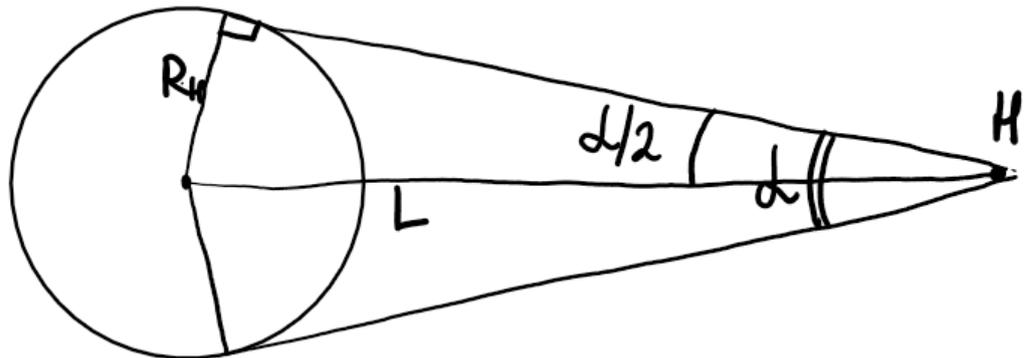
№	Критерий	Баллы
1	Сказано, что в силу близости даты к весеннему равноденствию, время восхода и захода Солнца не зависит от широты.	2
	Отсутствует замечание.	0
2	Получена угловая мера смещения $\Delta T$ в градусной мере.	3
	Присутствует упоминание о необходимости перевести часовой меры в градусную.	2
	Отсутствует упоминание о необходимости перевода часовой меры в градусную И численное значение не получено.	0
3	Указано (явно или неявно), что искомый пункт находится восточнее Екатеринбурга.	1
	Указано некорректно расположение искомого пункта относительно Екатеринбурга ИЛИ указание на расположение отсутствует.	0
4	Получено правильное значение долготы.	2
	Получено неправильное значение долготы.	0

### 3 задание (8 баллов)

На каком минимальном расстоянии Нептун невооруженным глазом будет казаться точечным объектом? Радиус Нептун  $R_H = 24600$  км, угловая разрешающая способность глаза  $\alpha = 1'$ . Ответ дать в километрах.

#### Решение

Опустим касательные к Нептуну от наблюдателя (Н) (см. рисунок). Угол, под которым будет виден Нептун, обозначим за  $\alpha$ . Угол при касательной к окружности составляет  $90^\circ$ . Запишем, чем будет равняться синус для угла  $\alpha/2$ ,



$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R_H}{L}$$

где  $R_H$  – радиус Нептуна,  $L$  – расстояние от Нептуна до наблюдателя. В силу малости углового размера Нептуна для наблюдателя, справедливо соотношение

$$\sin \frac{\alpha}{2} \approx \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2},$$

где  $\alpha$  измеряется в радианах. Тогда при учете, что  $D_H$  – диаметр Нептуна, имеем

$$\frac{\alpha}{2} \approx \frac{R_H}{L} \Rightarrow \alpha \approx \frac{2R_H}{L} \Rightarrow [2R_H = D_H] \Rightarrow \alpha \approx \frac{D_H}{L}$$

Определим расстояние, на котором Нептун будет иметь угловой диаметр, равный угловой разрешающей способности глаза. Для малых углов справедливо

$$\alpha(\text{рад}) \approx \frac{D_H}{L} \Rightarrow L = \frac{2R_H}{\alpha} = \frac{2 \cdot 24600}{\left(\frac{1 \cdot 60}{206265}\right)} = 169 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

Возможно, участник напрямую решит воспользоваться формулой вида

$$\alpha'' = \frac{206265 D_H}{L}$$

Она представляет из себя изначальную формулу, где был произведен перевод угла из радиан в угловые секунды. Считать, что данная формула является одновременно и корректно приведенной формулой, и корректным переводом углового размера в угловые секунды.

На расстоянии более, чем  $169 \cdot 10^6$  км человек невооруженным глазом перестанет воспринимать Нептун, как протяженный объект.

**Ответ**

$$L = 169 \cdot 10^6 \text{ км}$$

№	Критерий	Баллы
1	Приведена формула для углового размера через отношение диаметра к расстоянию.	4
	Отсутствует корректная формула для угла через отношение диаметра к расстоянию. И Присутствует вывод формулы, в котором используется соотношение малых углов И записано соотношение для синуса/тангенса угла.	3
	Отсутствует корректная формула для угла через отношение диаметра к расстоянию. И Присутствует вывод формулы, в котором используется соотношение малых углов ИЛИ записано соотношение для синуса/тангенса угла.	2
	Формула и вывод отсутствует.	0
2	Был произведен перевод радиуса Нептуна в парсеки ИЛИ а.е. ИЛИ Был произведен перевод угловой разрешающей способности глаза в радианы ИЛИ в угловые секунды ИЛИ За критерий 3 стоит 0 баллов.	2
	Отсутствует перевод радиуса Нептуна в парсеки И а.е. И Отсутствует перевод угловой разрешающей способности глаза в радианы И в угловые секунды И За критерий 3 стоит не полный балл.	0
3	Получен правильный численный ответ на задачу в км.	2
	Получен неправильный численный ответ на задачу ИЛИ приведен правильный ответ, но в единицах измерения, отличных от км.	0

**Примечания**

Критерий 2. Подразумевается, что в процессе решения у участника будет необходимость в переводе длин или углов из одних единиц измерения в другие. Если для решения участнику не понадобился перевод или перевод был осуществлен в другие единицы измерения, не предусмотренные критерием, то при условии правильности перевода, выставляет полный балл по данному критерию. Это отражено в качестве возможности, что у участника за 3-ий критерий может стоять полный балл.

**4 задание (8 баллов)**

Сколько раз за XXI век 4 сентября будет вторником? 4 сентября 2007 года был вторник.

**Решение**

Каждый не високосный год в ту же дату будет происходить смещение дня недели на один вперед, каждый високосный год – на два. Таким образом, 4 сентября 2006 был понедельник (смещение на 1 день относительно 2007 года), а 4 сентября 2008 года будет четвергом (смещение на два для относительно 2007 года, так как между 4.09.2007 и 4.09.2008 было 366 дней, появился дополнительный день 29 февраля 2008 года). Это возникает по причине того, что 365 и 366 возможно разложить, как

$$365 = 7 \cdot 52 + 1$$

$$366 = 7 \cdot 52 + 2$$

Из-за остатка от деления 1 и 2 происходит смещения дня недели между годами для одной и той же даты.

В первый раз 4 сентября был вторником в 2001 году. Далее необходимо произвести подсчет. Это можно сделать напрямую, подсчитывая, как изменяется день недели 4-ого сентября каждый год. Можно использовать тем, что каждый раз, когда смещение дней недели кратно 7, день недели будет повторяться.

Рассмотрим второй вариант. Начиная с 2007 года будем последовательно записывать сумму остатков. В столбце «#» будем записывать, какой это вторник по счету в этом веке (потому нумерация идёт с 2, т.к. мы сразу учли 2001 год) Как только данная сумма будет кратна 7, перейдем к следующему полю. Количество слагаемых будет говорить о том, на сколько лет необходимо сместиться, чтобы 4-ого сентября вновь был вторник.

#	Сумма остатков	Кол-во	#	Сумма остатков	Кол-во
2	2+1+1+1+2	5	10	2+1+1+1+2	5
3	1+1+1+2+1+1	6	11	1+1+1+2+1+1	6
4	1+2+1+1+1+2+1+1+1+2+1	11	12	1+2+1+1+1+2+1+1+1+2+1	11
5	1+1+2+1+1+1	6	13	1+1+2+1+1+1	6
6	2+1+1+1+2	5	14	2+1+1+1+2	5
7	1+1+1+2+1+1	6	<b>15</b>	1+1+1+2+1+1	6
8	1+2+1+1+1+2+1+1+1+2+1	11			
9	1+1+2+1+1+1	6			

Так, например, при переходе от 2007 к 2008 будет происходить смещение на 2 дня недели – запишем слагаемое 2 в первом поле. При переходе от 2008 к 2009, от 2009 к 2010 и от 2010 к 2011 смещение происходит на 1 – запишем три

1 в качестве слагаемых. Полученная сумма ещё не кратна 7 ( $2+1+1+1 = 5$ ), продолжаем суммирование. При переходе от 2011 к 2012 смещение произойдет на 2, получим суммарно  $2+1+1+1+2 = 7$ , что кратно 7. Всего получилось 5 слагаемых. Значит, что при смещении с 2007 года на 2012 год (5 лет) 4-ое сентября вновь будет вторником.

Обратите внимание на #4. После суммирование  $1+2+1+1+1+2 = 8$  мы получаем сумму, не кратную 7, а значит мы обязаны продолжать суммирование, дойдя до 14. Итого у нас получилось 11 слагаемых.

Пятнадцатый вторник приходится на 2096 год. После него следующий вторник будет только в 2102 году – не XXI век. Получается, всего было 15 вторников

После подсчета, получаем следующие года: 2001, 2007, 2012, 2018, 2029, 2035, 2040, 2046, 2057, 2063, 2068, 2074, 2085, 2091, 2096. Итого в XII веке 4 сентября приходится на вторник 15 раз.

### Ответ

15 раз

№	Критерий	Баллы
1	Сформулировано правило високосных и не високосных годов в григорианском календаре ИЛИ данное правило используется неявно при решении задачи.	4
	При решении задания упоминаются високосные года, но не используются.	2
	При решении задания не упоминаются високосные года.	0
2	Получено правильное количество дней (15 дней)	4
	Полученное количество дней на одно меньше (14 дней)	2
	Получено количество дней, отличное от 15 или 14 дней.	0

### Примечания

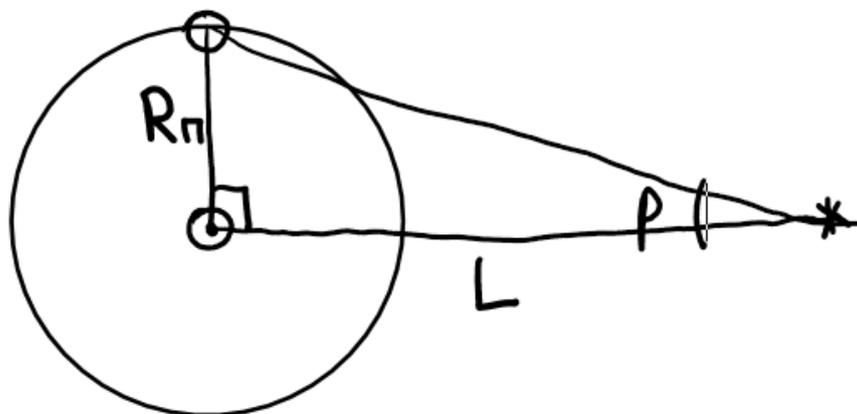
Критерий 2. Допускается, что участник мог упустить из рассмотрения 2001 год.

### 5 задание (8 баллов)

В далеком будущем были созданы обсерватории на Луне и Япете (спутник Сатурна). Известно, что предел чувствительности измерения годовых параллакса для лунной обсерватории составляет  $0,000034''$ , а для обсерватории на Япете составляет  $0,00022''$ . Оцените, какая из обсерваторий способна определять большие расстояния до звезд. Большая полуось орбиты Сатурна  $9,6$  а.е., среднее расстояние от Сатурна до Япета  $0,024$  а.е. Орбиту Сатурна считать круговой.

### Решение

Угол годового параллакса – это угол, под которым видна большая полуось орбиты планеты при наблюдении с некоторого тела (см рисунок). Тогда запишем соотношение для синуса угла,



$$\sin p = \frac{R_{\Pi}}{L}$$

где  $R_{\Pi}$  – радиус орбиты планеты,  $L$  – расстояние от Солнца до некоторого тела. В силу малости углов годовых параллакса, справедливо соотношение малых углов,

$$\sin p \approx p \approx \operatorname{tg} p$$

где  $p$  измеряется в радианах. Тогда верно, что

$$p \approx \frac{R_{\Pi}}{L}$$

Переведем  $R_{\Pi}$  в а.е., а угол  $p$  в угловые секунды  $p''$ . Исходно будем считать, что длины нам даны в парсеках. Тогда

$$p \approx \frac{R_{\Pi}(\text{пк})}{L(\text{пк})} \Rightarrow \frac{p''}{206265} \approx \frac{\left(\frac{R_{\Pi}(\text{а.е.})}{206265}\right)}{L(\text{пк})} = \frac{R_{\Pi}(\text{а.е.})}{206265 \cdot L(\text{пк})}$$

Итого

$$p'' \approx \frac{R(\text{а.е.})}{L(\text{пк})},$$

где  $R$  – расстояние от Солнца до наблюдателя в а.е.,  $L$  – расстояние от Солнца до звезды в парсеках,  $p''$  – угол параллакса в угловых секундах. Поскольку

расстояние от спутников до их планет значительно меньше, чем расстояние от планет до звезды, им мы пренебрежем,

$$R = r_{\text{спутника}} + r_{\text{планеты}} \approx r_{\text{планеты}}$$

Тогда получаем, что предельно допустимое расстояние до звезды, на котором возможно обнаружить годичный параллакс с телескопа на Луне, составляет

$$p'' = \frac{R(\text{а. е.})}{L(\text{пк})} \Rightarrow L(\text{пк}) = \frac{R(\text{а. е.})}{p''}$$

$$L_M(\text{пк}) = \frac{1 \text{ а. е.}}{0.000034''} = 29500 \text{ пк}$$

А для телескопа на Япете

$$L_I = \frac{9.6 \text{ а. е.}}{0.00022''} = 43600 \text{ пк}$$

Поскольку  $L_I > L_M$ , то телескоп на Япете способен определять большие расстояния до звезд.

### Ответ

Телескоп на Япете способен определять большие расстояния до звезд.

№	Критерий	Баллы
1	Приведена формула для расчета расстояния через угол параллакса.	2
	Формула для расчета расстояния через угол параллакса отсутствует.	0
2	Сделано замечание, что расстояние от спутника до планеты пренебрежимо мало по сравнению с расстоянием от планеты до Солнца.	1
	Замечание отсутствует.	0
3	Рассчитано предельное расстояние, которое возможно определить с помощью телескопа на Луне.	1
	Предельное расстояние для телескопа на Луне не рассчитано.	0
4	Рассчитано предельное расстояние, которое возможно определить с помощью телескопа на Япете.	2
	Предельное расстояние для телескопа на Япете не рассчитано.	0
5	Сделан верный вывод, что телескоп на Япете способен определять большие расстояния, чем телескоп на Луне.	2
	Заключение неверное или отсутствует	0

**6 задание (8 баллов)**

Средняя плотность тёмных облаков, из которых могут формироваться звезды, составляет  $\rho = 7 \cdot 10^{-20} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Диаметр тёмных облаков варьируется от  $1,65 \cdot 10^5$  а. е. до  $4,13 \cdot 10^7$  а. е. Определите, сколько звезд, похожих на Солнце, может образоваться из самого маленького темного облака, если только из 1% массы вещества образуются звезды. Масса Солнца  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг. Астрономическая единица 1 а. е. равна  $150 \cdot 10^6$  км.

**Решение**

Самые маленькие тёмные облака обладают диаметром  $1,65 \cdot 10^5$  а.е. Тогда объем темного облака составляет

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{1}{6} \pi D^3$$

Определим массу темного облака,

$$M = \rho V = \frac{1}{6} \rho \pi D^3$$

При том только из 1% массы будут образовываться звезды,

$$\begin{aligned} m = M\eta &= \frac{1}{6} \rho \pi D^3 \eta = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot 7 \cdot 10^{-20} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (1,65 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^{13} \text{ см})^3 \cdot 0,01 \\ &= 5,56 \cdot 10^{33} \text{ г} \end{aligned}$$

Тогда из данного вещества может образоваться

$$N = \frac{m}{M_{\odot}} = \frac{5,56 \cdot 10^{33} \text{ г}}{2 \cdot 10^{33} \text{ г}} = 2,78 \approx 2$$

Округляем в меньшую сторону, поскольку из оставшегося вещества сформировать звезду, похожую на Солнце, уже не получится. Итого, из наименьшего по размерам темного облака может образоваться 2 звезды, похожие на Солнце.

**Ответ**

2 звезды, похожие на Солнце

№	Критерий	Баллы
1	Приведена формула для расчета объема сферы через радиус и/или диаметр ИЛИ формула используется в решении.	2
	Формула для расчета объема сферы отсутствует.	0
2	Приведена формула для расчета массы облака ИЛИ формула используется в решении.	2
	Формула для расчета массы облака отсутствует.	0
3	Приведена формула для расчета массы, из которой будут сформированы звезды ИЛИ формула используется в решении. (учет $\eta$ )	1
	Формула для расчета массы, из которой будут сформированы звезды, отсутствует в решении.	0
4	Приведена формула для оценки количества звезд ИЛИ формула используется в решении.	1
	Формула для оценки количества звезд отсутствует в решении.	0
5	Получено правильное количество звезд, которое может сформироваться из данного облака.	2
	Из-за округления количество сформировавшихся звезд составляет 3.	1
	Количественной оценки звезд, которое может сформироваться из данного облака, не получено.	0