ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2026–2027 УЧЕБНЫЙ ГОД
9 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: **3 астрономических часа (180 мин)**
Максимальное количество баллов за каждое задание: **20**
Максимальная сумма баллов за все задания: **100**
Использовать можно: инженерный (научный) калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешённые к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае (Приложение 1).

1. Созвездия из древнего атласа

Какое созвездие выделено на карте из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в. (см. рис.)? Какие еще созвездия или их фрагменты изображены на рисунке?

Примечание: созвездия в этом атласе изображены зеркально относительно их положений на небе.

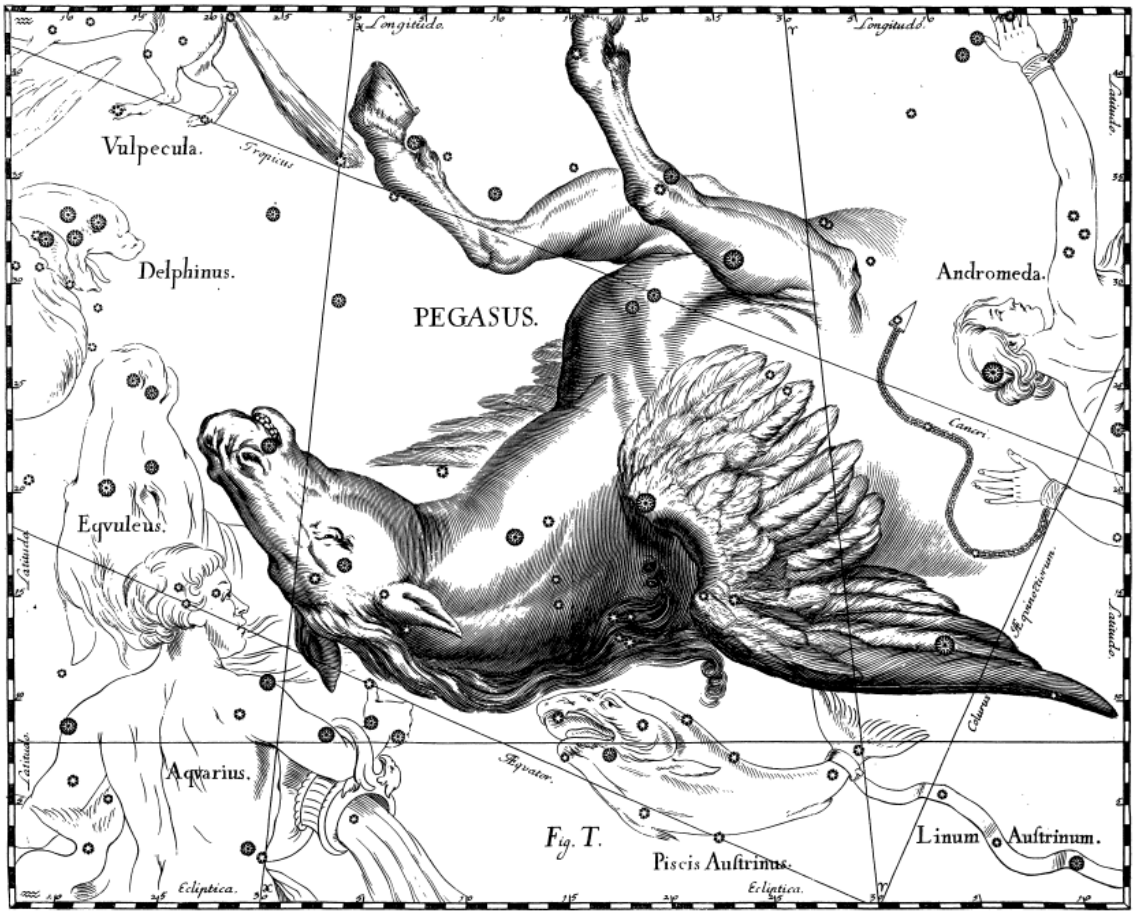


Рис. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

2. На земном экваторе

Какие небесные светила можно наблюдать с земного экватора в зените? Объясните, почему вы так считаете.

3. Большая страна

В одной стране, на одном континенте, в один день два друга астронома решили наблюдать верхнюю кульминацию Солнца. Первый друг провел наблюдения раньше другого, примерно на 11 часов, и определил, что склонение Солнца положительное. В какой стране проживают друзья, и какое время года у них, если второй друг зафиксировал отрицательное склонение Солнца?

Задания 4 и 5 – на странице 2

4. Нижнее соединение в подарок

Юный астроном в день рождения мамы отметил, что сейчас Венера находится в нижнем соединении, и пообещал, что когда Венера опять будет в нижнем соединении в день рождения мамы, он уже окончит школу и поступит учиться в КГПУ им. В.П. Астафьева. В каком классе учится юный астроном? Сидерический период Венеры составляет 224,70 суток, а сидерический период Земли (звездный год) 365,26 суток.

5. Дела минувших столетий

Согласно одной из легенд в рукописях, датированных XXVIII в. до н.э. сказано, что родина эльфов планета Белегестель при наблюдении с Земли меняет свои фазы каждые 515 дней. На каком расстоянии от Солнца могла находиться эта планета? Считать, что характеристики Солнца и Земли с тех времен остались неизменными.

Приложение 1

Справочные данные,
разрешённые к использованию участниками
на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае и подлежащие к выдаче вместе с условиями задач

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ м^3·кг$^{-1}$·с$^{-2}$
Скорость света в вакууме $c = 2{,}998 \cdot 10^8$ м/с
Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ м^2·кг·с$^{-2}$·К$^{-1}$·моль$^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ кг·с$^{-3}$·К$^{-4}$
Масса протона $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса электрона $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ кг
Астрономическая единица 1 а.е. = $1{,}496 \cdot 10^{11}$ м
Парсек 1 пк = 206265 а.е. = $3{,}086 \cdot 10^{16}$ м
Постоянная Хаббла $H = 72$ (км/с)/Мпк

Данные о Солнце

Радиус 695 000 км
Масса $1{,}989 \cdot 10^{30}$ кг
Светимость $3{,}88 \cdot 10^{26}$ Вт
Спектральный класс G2
Видимая звёздная величина -26.78^m
Абсолютная болометрическая звёздная величина $+4{,}72^m$
Показатель цвета (B–V) $+0{,}67^m$
Эффективная температура 5800K
Средний горизонтальный параллакс 8,794″
Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2
Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0,017
Тропический год 365,24219 суток
Средняя орбитальная скорость 29,8 км/с
Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: 23° 26′ 21,45″
Экваториальный радиус 6378,14 км
Полярный радиус 6356,77 км
Масса $5{,}974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность 5,52 г·см$^{-3}$
Объёмный состав атмосферы N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%)
Атмосферное давление на уровне моря $1{,}013 \cdot 10^5$ Па (1 атм)

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Эксцентриситет орбиты 0,055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09′
Сидерический (звёздный) период обращения 27,321662 суток
Синодический период обращения 29,530589 суток
Радиус 1738 км
Масса $7{,}348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81,3 массы Земли
Средняя плотность 3,34 г·см$^{-3}$
Визуальное геометрическое альбедо 0,12
Видимая звездная величина в полнолуние $-12{,}7^m$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2026–2027 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

9 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
1.	20
2.	20
3.	20
4.	20
5.	20
Итого:	100 баллов

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

9 класс

Общие указания: за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 10–14 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 4–6 баллов даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 2–4 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

1. Созвездия из древнего атласа

Задание

Какое созвездие выделено на карте из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в. (см. рис.)? Какие еще созвездия или их фрагменты изображены на рисунке?

Примечание: созвездия в этом атласе изображены зеркально относительно их положений на небе.

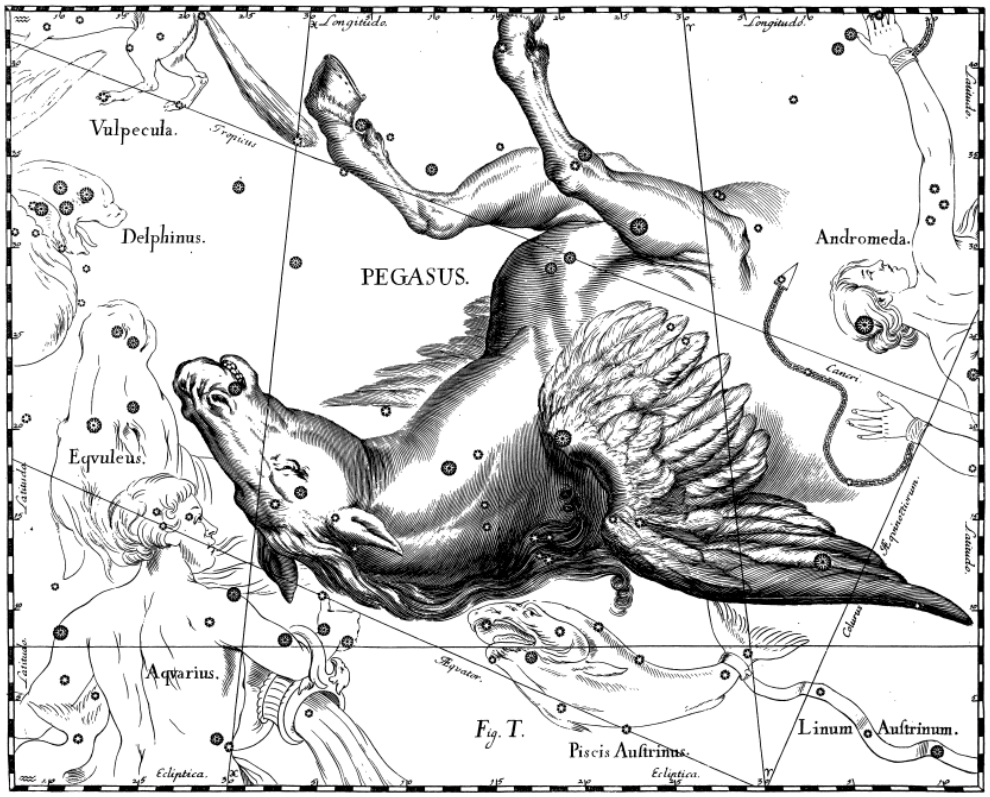


Рис. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

Решение

На карте выделено созвездие Пегаса, о чем свидетельствует надпись на латинском языке PEGASUS. Рядом с ним на небе расположены (а на карте зеркально изображены и подписаны на латинском языке) созвездия Андромеды (Andromeda), Дельфина (Delphinus), Водолея (Aqvarius (Aquarius)), Лисички (Vulpecula), Рыб (Pisces Austrinus (Pisces)), Малого Коня (Eqvuleus (Equuleus)).

Примечание: на карте также имеется надпись Linum Austrinum – ныне несуществующий астеризм Линь Южный – группа звезд в составе созвездия Рыб.

Ответ: на карте выделено созвездие Пегаса, а также изображены фрагменты созвездий Андромеды, Дельфина, Водолея, Лисички, Рыб, Малого Коня.

Критерии оценивания

За верное определение выделенного созвездия – 8 баллов.

За каждое верное название других созвездий выставляется 2 балла.

Примечание: суммарная оценка за все задание не должна превышать 20 баллов.

2. На земном экваторе

Задание

Какие небесные светила можно наблюдать с земного экватора в зените? Объясните, почему вы так считаете.

Решение

На земном экваторе через зенит проходит небесный экватор. Поэтому в зените могут наблюдаться только те небесные светила, которые расположены на небесном экваторе или его пересекают в процессе своего движения по небесной сфере.

Такими светилами могут быть звезды, объекты глубокого космоса (туманности, звездные скопления, галактики, квазары и т.п.), расположенные на небесном экваторе, Солнце, Луна, планеты, астероиды (малые планеты), кометы, а также искусственные космические тела (искусственные спутники Земли (ИСЗ) и автоматические межпланетные станции (АМС)), которые могут пересекать небесный экватор.

Ответ: звезды, туманности, звездные скопления, галактики, квазары, Солнце, Луна, планеты, астероиды (малые планеты), кометы, ИСЗ, АМС, т.е. те, которые находятся на небесном экваторе или его пересекают.

Критерии оценивания

За каждое верно указанное небесное светило – 1,5 балла.

За верное объяснение – 2 балла.

Примечание: суммарная оценка за все задание не должна превышать 20 баллов.

3. Большая страна

Задание

В одной стране, на одном континенте, в один день два друга астронома решили наблюдать верхнюю кульминацию Солнца. Первый друг провел наблюдения раньше другого, примерно на 11 часов, и определил, что склонение Солнца положительное. В какой стране проживают друзья, и какое время года у них, если второй друг зафиксировал отрицательное склонение Солнца?

Решение

Так как кульминацию Солнца наблюдали с интервалом 11 часов, значит в этой стране 11 часовых поясов (зон), а разность долгот между наблюдателями равна, примерно:

$$\Delta\lambda = 11 \cdot 15° = 165°$$

Страна с такой протяженностью с востока на запад на одном континенте – это Россия. Россия находится в Северном полушарии. Расстояние в 11 часовых поясов (зон) или примерно 165° по долготе в России может быть между наблюдателями в Калининградской области и на Камчатке или Чукотке.

Примечание: самое большое количество часовых поясов – 12 (а значит и протяженность по долготе) у Франции. Такая протяженность обеспечена французскими колониями на других континентах и островах. А всего две страны в мире имеют протяженность в 11 часовых поясах – это Россия и США, но в США эти часовые пояса охватывают не только основную материковую часть (там их 4 плюс аляскинский), но и островные территории.

Так как склонение Солнца сменило знак с плюса на минус, значит за 11 часов Солнце перешло из северного полушария небесной сферы в южное. Такой переход осуществляется через точку осеннего равноденствия. Это происходит 22–23 сентября.

Так как наблюдатели находятся в Северном полушарии в сентябре, а значит время года – осень.

Ответ: друзья проживают в России, а время года - осень.

Критерии оценивания

Верное определение страны – 8 баллов.

Утверждение, что склонение Солнца меняет знак с плюса на минус при переходе через точку осеннего равноденствия – 8 баллов.

Упоминание, что в северном полушарии в сентябре осень – 4 балла.

4. Нижнее соединение в подарок

Задание

Юный астроном в день рождения мамы отметил, что сейчас Венера находится в нижнем соединении, и пообещал, что когда Венера опять будет в нижнем соединении в день рождения мамы, он уже окончит школу и поступит учиться в КГПУ им. В.П. Астафьева. В каком классе учится юный астроном? Сидерический период Венеры составляет 224,70 суток, а сидерический период Земли (звездный год) 365,26 суток.

Решение

Венера движется быстрее Земли по орбите в $\frac{365{,}26 \text{ сут}}{224{,}70 \text{ сут}} \approx 1{,}6255$ раза.

Венера снова будет находиться в нижнем соединении в день рождения мамы астронома при условии, что и Земля, и Венера сделают целое число оборотов вокруг Солнца с момента празднования.

Чтобы выполнилось это условие должно выполнится следующее соотношение:

$$k = 1{,}6255 \cdot n,$$

где k – полное количество оборотов Венеры, а n – полное количество оборотов Земли. То есть, при целом n должно быть целое к.

Перебором определим эти коэффициенты, заполнив следующую таблицу:

n	$k = 1{,}6255 \cdot n$
1	1,6255
2	3,2510
3	4,8765
4	6,5020
5	8,1275
6	9,7530
7	11,3785
8	13,0040

Из таблицы видно, что через 8 лет Венера сделает почти 13 полных оборотов. Таким образом, через восемь лет соединение Венеры с точностью в пределах суток (224,70 сут · 0,0040 = 0,8988 сут) произойдет в день рождении мамы.

В школе обучаются 11 лет. 11 лет – 8 лет = 3 года. А так как школьник сказал, что он уже окончит школу, то значит юный астроном дал свое обещание окончив третий класс и перейдя в четвертый.

Примечание: возможны и другие способы решения, например, путем расчета углов оборота Венеры по орбите за целое число лет исходя из ее угловой скорости.

Ответ: юный астроном дал обещание окончив третий класс и перейдя в четвертый.

Критерии оценивания

Определение во сколько раз Венера движется по орбите быстрее Земли – 4 балла.

Понимание, что Венера и Земля должны сделать целое число оборотов – 4 балла.

Верная запись соотношения между полным количество оборотов Венеры и Земли – 4 балла.

Верное определение через сколько земных лет произойдет нижнее соединение Венеры в день рождения – 4 балла.

Верное определение класса – 4 балла. Ответ «в четвертом классе» тоже считается верным и за него выставляется 4 балла. Ответ «в третьем классе» частично верный и за него выставляется только 2 балла.

Примечание: верное решение задания другими способами оценивается в полном объеме, критерии оценивания таких решений жюри может ввести самостоятельно.

5. Дела минувших столетий

Задание

Согласно одной из легенд в рукописях, датированных XXVIII в. до н.э. сказано, что родина эльфов планета Белегестель при наблюдении с Земли меняет свои фазы каждые 515 дней. На каком расстоянии от Солнца могла находиться эта планета? Считать, что характеристики Солнца и Земли с тех времен остались неизменными.

Решение

Так как Белегестель меняет фазы, значит она является внутренней планетой. Синодический период планеты Белегестель S = 515 дней. Связь синодического периода с сидерическим для внутренних планет выражается формулой:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T},$$

где S и P – синодический и сидерический период планеты, T – сидерический период (звездный год) Земли, равный 365,26 сут.

Определим период P:

$$P = \frac{S \cdot T}{S + T} = \frac{515{,}00 \text{ сут} \cdot 365{,}26 \text{ сут}}{515{,}00 \text{ сут} + 365{,}26 \text{ сут}} = 213{,}70 \text{ сут}.$$

Теперь применим третий закон Кеплера:

$$\frac{T_{\text{пл}}^2}{T_{\text{зем}}^2} = \frac{a_{\text{пл}}^3}{a_{\text{зем}}^3},$$

где T и a – сидерические периоды и большие полуоси орбит планет.

Определим большую полуось (радиус) орбиты планеты Белегестель:

$$a_{\text{пл}} = \left(\frac{T_{\text{пл}}^2}{T_{\text{зем}}^2} a_{\text{зем}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{(213{,}70 \text{ сут})^2}{(365{,}26 \text{ сут})^2} \cdot 1 \text{ а. е.}\right)^{\frac{1}{3}} = 0{,}7 \text{ а. е.}$$

Ответ: радиус орбиты планеты Белегестель равен 0,7 а.е.

Критерии оценивания

Определение, что планета внутренняя – 2 балла.

Запись формулы связи синодического и сидерического периода для внутренней планеты – 6 баллов.

Знание верного значения звездного года – 2 балла.

Запись третьего закона Кеплера – 6 баллов.

Верное вычисление радиуса орбиты планеты – 4 балла.

Задания подготовили:

председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков;

член предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат физико-математических наук Е.Г. Лапухин.

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: butakov@kspu.ru или по тел. 8-904-897-97-60.