

Решения и критерии оценки

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2013/2014

Школьный этап 5-6 класс

1. Перечислите предметы, которыми вы могли пользоваться на различных уроках в школе, названия которых даны созвездиям.

Решение. На уроках математики вы неоднократно пользовались треугольником, циркулем. (1 балл)

На уроках физики вы неоднократно пользовались весами, часами (1 балл).

На уроках биологии вы неоднократно пользовались микроскопом (1 балл).

На уроках географии вы неоднократно пользовались компасом (1 балл).

На уроках труда вы неоднократно пользовались насосом, печью, резцом, сеткой (2 балла).

И, наконец, на уроках астрономии вы вполне могли пользоваться октантом, секстантом, телескопом, а также изучать имена всех 88 созвездий (2 балла).

2. Объясните русскую пословицу «Если месяц по зорям ходит -- к затмению Солнца».

Всегда ли она выполняется?

Решение. Смысл этой пословицы состоит в том, что солнечное затмение может наступить только в новолуние (3 балла), а за несколько дней до новолуния Луна имеет форму серпа и наблюдается только на фоне утренней зари (2 балла).

Разумеется, эта пословица выполняется не всегда, так как из-за наклона орбиты Луны не в каждое новолуние наступает солнечное затмение, и не каждое солнечное затмение будет видно в конкретном наблюдательном пункте (3 балла).

3. Пусть вдоль экватора Земли проложена железная дорога. Два поезда выехали с одинаковой скоростью на запад и восток из пункта А в момент захода Солнца. Пассажиры какого из поездов раньше встретят рассвет?

Решение. Солнце восходит на востоке, а заходит на западе. Граница дня и ночи (“терминатор”) непрерывно перемещается с востока на запад (за указание этого факта – 4 балла). Поезд, направляющийся на восток, движется навстречу терминатору, поэтому для него восход наступит раньше (еще 4 балла).

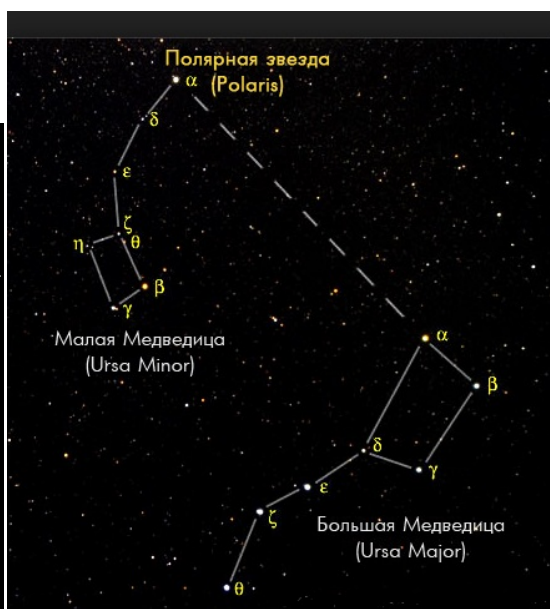
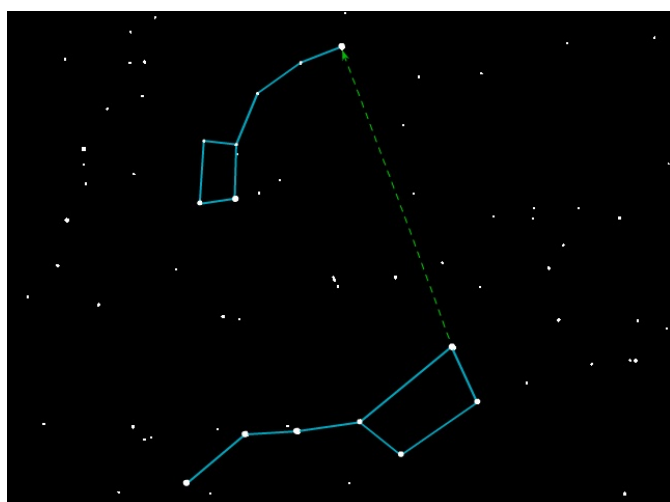
4. Когда на северном полярном круге наблюдаются полярный день и полярная ночь?

Решение. Если пренебречь атмосферными эффектами, то на северном полярном круге в день летнего солнцестояния (20-21 июня) центр диска Солнца не опускается ниже линии горизонта, причём в местную полночь расположен строго на ней. В свою очередь, в день

зимнего солнцестояния (21-22 декабря) центр диска Солнца лишь в полдень касается горизонта, а остальное время находится под ним (3 балла). Теперь вспомним, что диск Солнца имеет значительный угловой размер, поэтому верхний его край покажется над горизонтом даже в день зимнего солнцестояния (1 балл). Кроме того, атмосферная рефракция дополнительно “приподнимает” диск Солнца над горизонтом (1 балл). Так что полярный день можно наблюдать в течение нескольких дней вблизи летнего солнцестояния (2 балла), а полярная ночь вовсе не наблюдается (1 балл).

5. Можно ли определить направление на север и на Полярную звезду по расположению некоторых звезд созвездия Большая Медведица? В каком созвездии расположена Полярная звезда? Сделайте рисунок этих звезд и опишите, как определить по ним направление на север.

Решение. Полярная звезда -- α созвездия Малая Медведица. По астеризму Большой Ковш в созвездии Большая Медведица легко определить направление на северный полюс мира (4 балла). Если две крайние звезды, те, что дальше от ручки (Дубхе и Мерак), соединить воображаемой линией, и продолжить эту линию примерно на пять таких же расстояний, то легко можно заметить яркую звезду (4 балла). Это и будет Полярная звезда, (α М. Медведицы), около которой расположен северный полюс мира.



Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2013/2014

Школьный этап 7-8 класс

1. Перечислите предметы, которыми вы могли пользоваться на различных уроках в школе, названия которых даны созвездиям.

Решение. На уроках математики вы неоднократно пользовались треугольником, циркулем. (1 балл)

На уроках физики вы неоднократно пользовались весами, часами (1 балл).

На уроках биологии вы неоднократно пользовались микроскопом (1 балл).

На уроках географии вы неоднократно пользовались компасом (1 балл).

На уроках труда вы неоднократно пользовались насосом, печью, резцом, сеткой (2 балла).

И, наконец, на уроках астрономии вы вполне могли пользоваться октантом, секстантом, телескопом, а также изучать имена всех 88 созвездий (2 балла).

2. Объясните русскую пословицу «Если месяц по зорям ходит – к затмению Солнца». Всегда ли она выполняется?

Решение. Смысл этой пословицы состоит в том, что солнечное затмение может наступить только в новолуние (3 балла), а за несколько дней до новолуния Луна имеет форму серпа и наблюдается только на фоне утренней зари (2 балла).

Разумеется, эта пословица выполняется не всегда, так как из-за наклона орбиты Луны не в каждое новолуние наступает солнечное затмение, и не каждое солнечное затмение будет видно в конкретном наблюдательном пункте (3 балла).

3. Когда на северном полярном круге наблюдаются полярный день и полярная ночь?

Решение. Если пренебречь атмосферными эффектами, то на северном полярном круге в день летнего солнцестояния (20-21 июня) центр диска Солнца не опускается ниже линии горизонта, причём в местную полночь расположен строго на ней. В свою очередь, в день зимнего солнцестояния (21-22 декабря) центр диска Солнца лишь в полдень касается горизонта, а остальное время находится под ним (3 балла). Теперь вспомним, что диск Солнца имеет значительный угловой размер, поэтому верхний его край покажется над горизонтом даже в день зимнего солнцестояния (1 балл). Кроме того, атмосферная рефракция дополнительно “приподнимает” диск Солнца над горизонтом (1 балл). Так что полярный день можно наблюдать в течение нескольких дней вблизи летнего солнцестояния (2 балла), а полярная ночь вовсе не наблюдается (1 балл).

4. Юпитер и Марс вступают в противостояние с Солнцем соответственно 5 января и 8 апреля 2014 года. Можно ли в Москве, при условии ясной погоды, в течение новогодней ночи отследить полный оборот каждой из этих планет вокруг своей оси.

Решение. Период вращения Юпитера вокруг своей оси составляет 9 часов 55 минут, Марса- 24 часа 37 минут. Вблизи противостояния с Солнцем Юпитер будет наблюдаться в течение всей длинной зимней ночи, и за это время планета успеет совершить полный оборот (4 балла). Марс вращается значительно медленнее, поэтому полный оборот в течение одной ночи отследить не удастся (4 балла).

5. На Солнце произошла мощная вспышка, за которой последовал выброс массы. Через двое суток на Земле наблюдались мощные полярные сияния. С какой средней скоростью двигалось вещество Солнца? (1 а.е. – 150 млн.км). Рассмотреть прямолинейную траекторию движения.

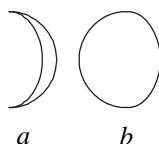
Решение. Полярные сияния вызваны взаимодействием потока заряженных частиц от Солнца с верхними слоями атмосферы Земли (2 балла)

$$V = \frac{s}{t} = 150\,000\,000 \text{ км} / 2 \cdot 24 \text{ часа} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ сек} = 868 \text{ км/с (6 баллов)}$$

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2013/2014
Школьный этап 9 класс

1. Для наблюдателя в Москве Луна кульминировала в 15 часов по местному времени. Нарисуйте её фазу в этот день.

Решение. Луна кульминировала примерно на 3 часа позже Солнца. Если это была верхняя кульминация, то Луна была растущей, примерно посередине между фазами новолуния и первой четверти. При наблюдении из северного полушария Земли она будет иметь вид серпа с рогами, направленными влево (рисунок *a*, 5 баллов). Если кульминация была нижней, то это была ущербная Луна посередине между полнолунием и последней четвертью. При наблюдении из северного полушария ущерб будет справа (рисунок *b*, 3 балла)



2. Юпитер и Марс вступают в противостояние с Солнцем соответственно 5 января и 8 апреля 2014 года. Можно ли в Москве, при условии ясной погоды, в течение новогодней ночи отследить полный оборот каждой из этих планет вокруг своей оси.

Решение. Период вращения Юпитера вокруг своей оси составляет 9 часов 55 минут, Марса- 24 часа 37 минут. Вблизи противостояния с Солнцем Юпитер будет наблюдаться в течение всей длинной зимней ночи, и за это время планета успеет совершить полный оборот (4 балла). Марс вращается значительно медленнее, поэтому полный оборот в течение одной ночи отследить не удастся (4 балла).

3. На Солнце произошла мощная вспышка, за которой последовал выброс массы. Через двое суток на Земле наблюдались мощные полярные сияния. С какой средней скоростью двигалось вещество Солнца? (1 а.е. – 150 млн.км). Рассматривать прямолинейную траекторию движения.

Решение. Полярные сияния вызваны взаимодействием потока заряженных частиц от Солнца с верхними слоями атмосферы Земли (2 балла)

$$V = \frac{S}{t} = 150\,000\,000 \text{ км} / 2 \cdot 24 \text{ часа} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ сек} = 868 \text{ км/с} \text{ (6 баллов)}$$

4. Когда на северном полярном круге наблюдаются полярный день и полярная ночь?

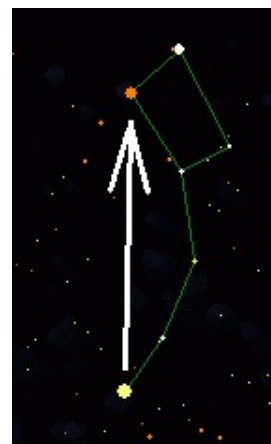
Решение. Если пренебречь атмосферными эффектами, то на северном полярном круге в день летнего солнцестояния (20-21 июня) центр диска Солнца не опускается ниже линии горизонта, причём в местную полночь расположен строго на ней. В свою очередь, в день зимнего солнцестояния (21-22 декабря) центр диска Солнца лишь в полдень касается горизонта, а остальное время находится под ним (3 балла). Теперь вспомним, что диск Солнца имеет значительный угловой размер, поэтому верхний его край покажется над горизонтом даже в день зимнего солнцестояния (1 балл). Кроме того, атмосферная рефракция дополнительно “приподнимает” диск Солнца над горизонтом (1 балл). Так что полярный день можно наблюдать в течение нескольких дней вблизи летнего солнцестояния (2 балла), а полярная ночь вовсе не наблюдается (1 балл).

5. Почему на небе вблизи Млечного Пути наблюдается больше слабых звезд, а количество слабых галактик, наоборот, меньше, чем вдали от него?

Решение. Большая часть звёзд нашей Галактики сконцентрирована в тонком диске, вблизи плоскости которого находится Солнце. Именно их совокупное свечение и наблюдается как светлая полоса на небе (4 балла). Помимо звёзд, в диске Галактики сосредоточено большое количество газа и пыли, которые поглощают свет и препятствуют наблюдению далёких галактик (4 балла).

6. В компьютерной программе-планетарии “выключили” атмосферу, так что теперь звёзды можно видеть и днём. Пусть первое положение звезд созвездия Малой Медведицы соответствует 23 октября 20 часам вечера в направлении на север. Тогда которому часу 22 октября соответствует второе положение?

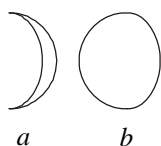
Решение. Полярная -- крайняя звезда в “ручке” “Ковша” (2 балла). Её положение указывает направление на север (1 балл). Вследствие суточного движения звёзды вращаются против часовой стрелки (2 балла). То есть второе положение наступило за четверть суток до первого, около 14 часов (3 балла).



Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2013/2014
Школьный этап 10 класс

1. Для наблюдателя в Москве Луна кульминировала в 15 часов по местному времени. Нарисуйте её фазу в этот день.

Решение. Луна кульминировала примерно на 3 часа позже Солнца. Если это была верхняя кульминация, то Луна была растущей, примерно посередине между фазами новолуния и первой четверти. При наблюдении из северного полушария Земли она будет иметь вид серпа с рогами, направленными влево (рисунок *a*, 5 баллов). Если кульминация была нижней, то это была ущербная Луна посередине между полнолунием и последней четвертью. При наблюдении из северного полушария ущерб будет справа (рисунок *b*, 3 балла)



2. Юпитер и Марс вступают в противостояние с Солнцем соответственно 5 января и 8 апреля 2014 года. Можно ли в Москве, при условии ясной погоды, в течение новогодней ночи отследить полный оборот планеты вокруг своей оси.

Решение. Период вращения Юпитера вокруг своей оси составляет 9 часов 55 минут, Марса- 24 часа 37 минут. Вблизи противостояния с Солнцем Юпитер будет наблюдаться в течение всей длинной зимней ночи, и за это время планета успеет совершить полный оборот (4 балла). Марс вращается значительно медленнее, поэтому полный оборот в течение одной ночи отследить не удастся (4 балла).

3. Оцените, на какую высоту может подпрыгнуть космонавт, высадившийся на поверхность Луны. Считать, что на Земле астронавт прыгает на высоту 2 метра. Массой скафандра пренебречь.

Решение. Высота, на которую может подпрыгнуть астронавт, определяется соотношением

$$h = \frac{v^2}{2g},$$

где v – его вертикальная скорость после прыжка, а g – ускорение свободного падения (за формулу – 2 балла. Если пренебречь массой скафандра, то скорость v определяется только физическими возможностями астронавта и одинакова на Земле и на Луне (за этот факт – 2 балла). Ускорение свободного падения на поверхности небесного тела равно

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

где M и R – его масса и радиус (за формулу 2 балла). Масса Луны в 81.3 раза меньше массы Земли, а ее радиус меньше земного в 3,67 раза. Получается, что ускорение свободного падения на Луне в 6,04 раза меньше, чем на Земле, соответственно во столько же раз высота прыжка на Луне будет больше, чем на Земле. Если предположить, что астронавт прыгает на Земле на 2 метра, то на Луне он мог бы запрыгнуть на крышу четырехэтажного дома: 12 метров (за правильные расчеты 2 балла)!

4. Гелиостационарной называется круговая орбита, лежащая в плоскости экватора Солнца, с периодом обращения, равным сидерическому периоду осевого вращения Солнца (25.4 суток). Найти ее большую полуось.

Решение. Радиус круговой орбиты спутника R , вращающегося вокруг тела с массой M , связан с периодом обращения T следующим соотношением (за правильную формулу – 4 балла):

$$R = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}.$$

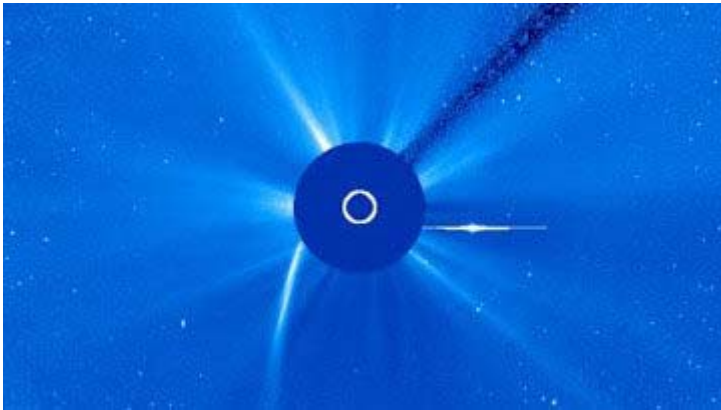
Если подставить в эту формулу массу и период осевого вращения Солнца ($2 \cdot 10^{30}$ кг и 25,4 сут), то мы получим значение радиуса гелиостационарной орбиты $R=25,3$ млн км или 0,17 а.е (за правильный расчет – 4 балла).

5. Почему на небе вблизи Млечного Пути наблюдается больше слабых звезд, а количество слабых галактик, наоборот, меньше, чем вдали от него?

Решение. Большая часть звезд нашей Галактики сконцентрирована в тонком диске, вблизи плоскости которого находится Солнце. Именно их совокупное свечение и наблюдается как светлая полоса на небе (4 балла). Помимо звезд, в диске Галактики

сосредоточено большое количество газа и пыли, которые поглощают свет и препятствуют наблюдению далёких галактик (4 балла).

6. Комета прошла на расстоянии r в 140 000 километров от фотосферы Солнца. Период обращения кометы вокруг Солнца $T = 622$ года. Найти наибольшее расстояние от Солнца Q и большую полуось кометы a . Какова максимальная скорость кометы v ? Диаметр Солнца $D = 1,4$ млн км, масса $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг, расстояние от Земли до Солнца - 150 млн км.



Решение. Большую полуось можно найти из третьего закона Кеплера: $T^2/T_{\odot}^2 = a^3/a_{\odot}^3$;

где $T_{\odot} = 1$ год, $a_{\odot} = 1$ а.е.

Большая полуось $a = \sqrt[3]{T^2} \approx 73$ а.е (2 балла)

Перигелийное расстояние равно $q = D/2 + r = 0,84$ млн км = 0,0056 а.е.

Наибольшее расстояние от Солнца достигается в афелии орбиты. $Q = 2a - q = 146$ а.е. (2 балла)

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{a}} = 564 \text{ км/с}$$

(за правильный подсчет -- 4 балла)

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2013/2014

Школьный этап 11 класс

1. Оцените, на какую высоту может подпрыгнуть космонавт, высадившийся на поверхность Луны. Считать, что на Земле astronaut прыгает на высоту 2 метра. Массой скафандра пренебречь.

Решение. Высота, на которую может подпрыгнуть astronaut, определяется соотношением

$$h = \frac{v^2}{2g},$$

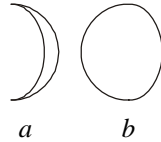
где v – его вертикальная скорость после прыжка, а g – ускорение свободного падения (за формулу –2 балла. Если пренебречь массой скафандра, то скорость v определяется только физическими возможностями astronaut и одинакова на Земле и на Луне (за этот факт – 2 балла). Ускорение свободного падения на поверхности небесного тела равно

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

где M и R – его масса и радиус (за формулу 2 балла). Масса Луны в 81.3 раза меньше массы Земли, а ее радиус меньше земного в 3,67 раза. Получается, что ускорение свободного падения на Луне в 6,04 раза меньше, чем на Земле, соответственно во столько же раз высота прыжка на Луне будет больше, чем на Земле. Если предположить, что astronaut прыгает на Земле на 2 метра, то на Луне он мог бы запрыгнуть на крышу четырехэтажного дома: 12 метров (за правильные расчеты 2 балла)!

2. Для наблюдателя в Москве Луна кульминировала в 15 часов по местному времени. Нарисуйте её фазу в этот день.

Решение. Луна кульминировала примерно на 3 часа позже Солнца. Если это была верхняя кульминация, то Луна была растущей, примерно посередине между фазами новолуния и первой четверти. При наблюдении из северного полушария Земли она будет иметь вид серпа с рогами, направленными влево (рисунок *a*, 5 баллов). Если кульминация была нижней, то это была ущербная Луна посередине между полнолунием и последней четвертью. При наблюдении из северного полушария ущерб будет справа (рисунок *b*, 3 балла)



3. Почему в «Астрономических календарях» для переменных звезд -- цефеид приводятся моменты максимумов, а для затменных переменных звезд -- моменты минимумов блеска?

Решение. С первого взгляда может показаться, что для всех типов периодических переменных звезд лучше всего приводить моменты именно максимумов, а не минимумов блеска -- ведь максимум гораздо легче наблюдать. На самом деле это так для всех переменных звезд, кроме затменных. У них не существует максимума как такового, блеск звезды долго держится на максимальном уровне (за этот факт – 3 балла), почти не меняясь между резкими и острыми минимумами (за этот факт – 5 баллов), связанными с затмением одной звезды другой в двойной паре. Поэтому для затменных переменных звезд в справочниках приводят моменты минимумов блеска.

4. Белый карлик имеет массу 0,6 масс Солнца, светимость 0,001 светимости Солнца и температуру, вдвое большую температуры Солнца. Во сколько раз его средняя плотность выше солнечной?

Решение. Как известно, светимость звезды по закону Стефана-Больцмана пропорциональна R^2T^4 . Радиус белого карлика со светимостью в 1000 раз меньше солнечной и температурой поверхности вдвое большей, чем у Солнца, составляет по отношению к радиусу Солнца

$$\sqrt{\frac{0.001}{2^4}} = 0,0079. \text{ (4 балла)}$$

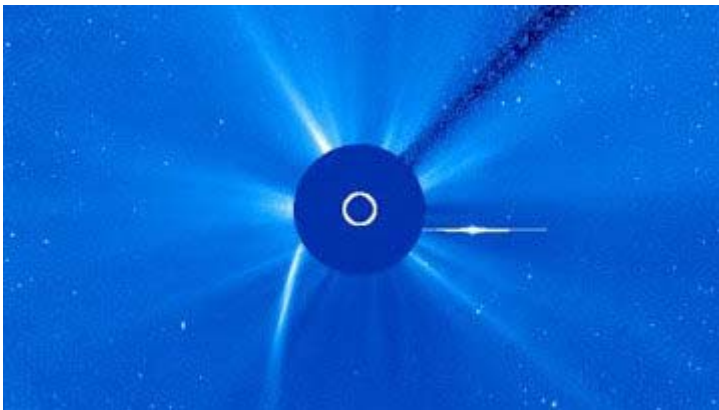
Соответственно, его плотность по отношению к плотности Солнца будет равна

$$\frac{0.6}{0,0079^3} = 1,21 \cdot 10^6. \text{ (4 балла)}$$

5. Почему на небе вблизи Млечного Пути наблюдается больше слабых звезд, а количество слабых галактик, наоборот, меньше, чем вдали от него?

Решение. Большая часть звёзд нашей Галактики сконцентрирована в тонком диске, вблизи плоскости которого находится Солнце. Именно их совокупное свечение и наблюдается как светлая полоса на небе (4 балла). Помимо звёзд, в диске Галактики сосредоточено большое количество газа и пыли, которые поглощают свет и препятствуют наблюдению далёких галактик (4 балла).

6. Комета прошла на расстоянии r в 140 000 километров от фотосферы Солнца. Период обращения кометы вокруг Солнца $T = 622$ года. Найти наибольшее расстояние от Солнца Q и большую полуось кометы a . Какова максимальная скорость кометы v ? Диаметр Солнца $D = 1,4$ млн км, масса $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг, расстояние от Земли до Солнца - 150 млн км.



Решение. Большую полуось можно найти из третьего закона Кеплера: $T^2/T_{\odot}^2 = a^3/a_{\odot}^3$

где $T_{\odot} = 1$ год, $a_{\odot} = 1$ а.е.

Большая полуось $a = \sqrt[3]{T^2} \approx 73$ а.е (2 балла)

Перигелийное расстояние равно $q = D/2 + r = 0,84$ млн км = 0,0056 а.е.

Наибольшее расстояние от Солнца достигается в афелии орбиты. $Q = 2a - q = 146$ а.е. (2 балла)

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{a}} = 564 \text{ км/с}$$

(за правильный подсчет -- 4 балла)