

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2019-2020 уч.год

Оценка каждого задания — 10 баллов.

Максимальное количество баллов — 40 баллов.

Школьный этап, 5-6 классы

Решения

1. Во время великого противостояния экспедиция прибыла на Марс в район экватора планеты. Ночью два космонавта вышли на поверхность. «Смотри, как сияет наша Земля, - сказал один. – Она самая яркая на марсианском небе». Прав ли он?

Решение: Во время противостояния Земля с Марса вообще не видна, т. к. в том же направлении находится Солнце.

2. Можно ли наблюдать на Луне солнечные затмения, метеоры, кометы, полярные сияния, радугу, серебристые облака, искусственные спутники?

Решение: Метеоры, полярные сияния, радуга и серебристые облака — это атмосферные явления, а на Луне атмосферы нет; значит они там не наблюдаются. А вот затмения Солнца Землей, искусственные спутники Луны и кометы на Луне наблюдаются даже лучше, чем на Земле, т. к. не мешает атмосфера.

3. Какое расстояние прошла Земля за время своего существования, обращаясь вокруг Солнца? Чему примерно соответствует это расстояние: а) до ближайшей звезды и обратно; б) до центра нашей Галактики и обратно; в) до ближайшей галактики и обратно?

Решение: За 4,5 млрд. лет, двигаясь со скоростью около 30 км/с, Земля прошла 150 кпк. Это чуть больше, чем расстояние до ближайших галактик Магеллановы облака и обратно.

4. Какая планета похожа на Луну снаружи и на Землю внутри?

Решение: Меркурий. Его покрытая кратерами поверхность очень похожа на лунную. А по средней плотности, указывающей на химический состав, и, вероятно, по наличию мощного железного ядра Меркурий очень напоминает Землю.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Школьный этап, 7-8классы

Решения

1. В знаменитой «Одиссее» древнегреческого поэта Гомера упоминается созвездие Большой Медведицы. Гомер определяет его как «созвездие, которое никогда не погружает своих звезд в волны моря».

Точность описаний Гомера известна; его поэмы для нас один из основных источников знаний о древнейшей Греции. Но на его родине вы увидели бы неожиданное зрелище: Большая Медведица будет на ваших глазах исправно окунать свои звезды в волны Ионического и Эгейского морей. Это не удивительно: Греция – южная страна; на ее широте высота северного полюса мира мала, и Медведица становится созвездием «заходящим». В чем же дело?

Решение: Земля не только крутится вокруг оси, но и разворачивает свою ось. За 26000 лет конец земной оси прочерчивает на звездном небе круг радиусом $23,5^\circ$. Поэтому в разные времена земная ось бывает направлена на разные звезды: сегодня роль «Полярной звезды» играет α Малой Медведицы, а, скажем, 5000 лет назад эту роль исполняла α Дракона, а через 12000 лет Полярной звездой станет Вега — α Лиры. При этом с течением времени одно и то же созвездие оказывается на разном удалении от полюса. Созвездие, которое раньше представлялось незаходящим для данной местности, удалившись от полюса, может

перейти в разряд заходящих. Именно это произошло с Ковшом Большой Медведицы в Греции.

Астрономы вычислили, что 3 000 лет назад, во времена Гомера, звезды Ковша не приближались в Греции к горизонту ближе, чем на 11° , так что действительно Медведица не «окунала своих звезд в волны моря». Таким образом, стихи Гомера не только не дают права сомневаться в месте рождения великого поэта, но, наоборот, подтверждают греческое происхождение поэмы.

2. В кинофильме «Конец света» (реж. Питер Хайамс, США, 1999) есть кадр, в котором над полной Луной протянулась комета, выгнувшись от головы до кончика хвоста, как бровь над глазом. Оцените эту режиссерскую находку с точки зрения астрономии.

Решение: Во-первых, рядом с полной Луной кометы не видны — слишком велика засветка неба. Во-вторых, если перед нами полная Луна, то Солнце у нас за спиной. Значит, хвост кометы должен быть обращен от нас, а не поперек нашего луча зрения. В-третьих, комета в таком положении находится на расстоянии более 1 а. е. от Солнца, где кометы редко бывают яркими. В целом, очевидно, что научные знания не сдерживали полета художественной мысли создателей этого кинофильма.

3. С какой минимальной и максимальной скоростью может столкнуться метеорное тело с искусственным спутником Земли, находящимся на низкой круговой орбите? (Для Земли первая космическая скорость равна 7,9 км/с, вторая космическая — 11,2 км/с, третья космическая — 42 км/с).

Решение: Скорость ИСЗ на этой орбите 7,9 км/с. А скорость подлетающего к Земле метеорита не может быть меньше второй космической (11,2 км/с). Значит минимальная скорость столкновения $V_{\min} = 11,2 - 7,9 = 3,3$ км/с. В принципе, возможна встреча с метеоритом, обращающимся по околоземной орбите, хотя на низких орбитах таких естественных метеоритов практически нет. В этом случае $V_{\min} = 0$.

Максимальной скоростью метеорита будет в том случае, если он приближается к орбите Земли по параболической траектории. Тогда его скорость вблизи земной орбиты будет третьей космической $= \sqrt{2}V_{\text{orb}} = \sqrt{2} \cdot 30 \text{ км/с} = 42 \text{ км/с}$. При удачной ориентации она может сложиться с орбитальной скоростью Земли: $42 + 30 = 72 \text{ км/с}$. А вблизи Земли за счет ее притяжения она возрастет еще (складываются энергии, т. е. квадраты скоростей): $(72^2 + 11,2^2)^{1/2} = 73 \text{ км/с}$. Такова максимальная скорость метеорита вблизи Земли. И еще к ней может добавиться скорость спутника. В результате получим максимальную скорость столкновения: $V_{\text{max}} = 73 + 7,9 = 81 \text{ км/с}$.

4. В 1987 г. на Земле наблюдалась вспышка сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово Облако, удаленной от нас на 55 кпк. Когда в действительности произошел взрыв этой звезды?

Решение: Расстояние от Земли до галактики БМО составляет 55 000 пк. Как известно, 1 пк = 3,26 св. лет. Поэтому свет от взрыва звезды достиг Земли примерно через 180 000 лет после того, как он произошел. Вычислять точно год взрыва не имеет смысла, поскольку точность, с которой указано расстояние до галактики Большое Магелланово Облако, не превышает 2%.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Школьный этап, 9 классы
Решения

1. В знаменитой «Одиссее» древнегреческого поэта Гомера упоминается созвездие Большой

Медведицы. Гомер определяет его как «созвездие, которое никогда не погружает своих звезд в волны моря».

Точность описаний Гомера известна; его поэмы для нас один из основных источников знаний о древнейшей Греции. Но на его родине вы увидели бы неожиданное зрелище: Большая Медведица будет на ваших глазах исправно окунать свои звезды в волны Ионического и Эгейского морей. Это не удивительно: Греция – южная страна; на ее широте высота северного полюса мира мала, и Медведица становится созвездием «заходящим». В чем же дело?

Решение: Земля не только крутится вокруг оси, но и разворачивает свою ось. За 26000 лет конец земной оси прочерчивает на звездном небе круг радиусом $23,5^\circ$. Поэтому в разные времена земная ось бывает направлена на разные звезды: сегодня роль «Полярной звезды» играет α Малой Медведицы, а, скажем, 5000 лет назад эту роль исполняла α Дракона, а через 12000 лет Полярной звездой станет Вега — α Лиры. При этом с течением времени одно и то же созвездие оказывается на разном удалении от полюса. Созвездие, которое раньше представлялось незаходящим для данной местности, удалившись от полюса, может перейти в разряд заходящих. Именно это произошло с Ковшом Большой Медведицы в Греции.

Астрономы вычислили, что 3 000 лет назад, во времена Гомера, звезды Ковша не приближались в Греции к горизонту ближе, чем на 11° , так что действительно Медведица не «окунала своих звезд в волны моря». Таким образом, стихи Гомера не только не дают права сомневаться в месте рождения великого поэта, но, наоборот, подтверждают греческое происхождение поэмы.

2. Готовится автоматическая станция – аэростат для исследования атмосферы Венеры. Какой газ можно предложить для наполнения баллона: водород, гелий, азот, водяной пар, углекислый газ?

Решение: Атмосфера Венеры состоит почти из чистого углекислого газа. Поэтому углекислый газ не будет обладать там подъемной силой. Азот также весьма тяжел: его молярная масса равна 28 г/моль и составляет 2/3 от молярной массы атмосферы (44 кг/моль). Водород и гелий трудно хранить, поскольку они сжижаются при крайне низкой температуре. К тому же они очень летучи (особенно водород), поэтому быстро покидают оболочку аэростата. Среди перечисленных газов наиболее приемлемым для аэростатов, предназначенных к полету на уровне облаков Венеры в области комнатных температур является гелий. Он и был использован в 1985 г. для заполнения аэростатных зондов «Вега-1», «Вега-2», в течение нескольких дней дрейфовавших в атмосфере Венеры. Однако в более низких слоях атмосферы, под нижней кромкой облаков, где температура превышает 100°C , более выгодным наполнителем баллона аэростата может быть водяной пар. Его подъемная сила весьма велика (молярная масса = 18 кг/моль). А точка кипения воды в атмосфере Венеры находится на высоте около 43 км, где $T = 140\text{-}150^\circ\text{C}$ и давление $P = 3\text{-}4$ атм. Транспортировка воды не представляет проблем, а ее способность закипать при указанных условиях автоматически обеспечит полет аэростата вблизи нижней кромки облаков.

3. В 1987 г. на Земле наблюдалась вспышка сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово Облако, удаленной от нас на 55 кпк. Когда в действительности произошел взрыв этой звезды?

Решение: Расстояние от Земли до галактики БМО составляет 55 000 пк. Как известно, $1\text{ пк} = 3,26$ св. лет. Поэтому свет от взрыва звезды достиг Земли примерно через 180 000 лет после того, как он произошел. Вычислять точно год взрыва не имеет смысла, поскольку

точность, с которой указано расстояние до галактики Большое Магелланово Облако, не превышает 2%.

4. Человек, смотря на компас, шагает все прямо и прямо, как раз в ту сторону, куда указывает темным концом магнитная стрелка. Он «идет по компасу» на север к полюсу. Куда он придет в действительности? Нарисуйте маленькую карту, по которой можно было бы судить, где эта точка расположена.

Решение: Двигаясь по стрелке компаса, он придет на северный магнитный полюс. Эта точка расположена на самом севере Канады, среди островов Королевы Елизаветы, в архипелаге Парри, на острове Батерст. В отличие от географического полюса, который всегда «на месте», магнитный полюс понемногу дрейфует, но не так быстро, чтобы его нельзя было догнать пешком.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии (2019-2020 уч. г.) Школьный этап, 10-11 классы

Решения

1. Человек, смотря на компас, шагает все прямо и прямо, как раз в ту сторону, куда указывает темным концом магнитная стрелка. Он «идет по компасу» на север к полюсу. Куда он придет в действительности? Нарисуйте маленькую карту, по которой можно было бы судить, где эта точка расположена.

Решение: Двигаясь по стрелке компаса, он придет на северный магнитный полюс. Эта точка расположена на самом севере Канады, среди островов Королевы Елизаветы, в архипелаге Парри, на острове Батерст. В отличие от географического полюса, который всегда «на месте», магнитный полюс понемногу дрейфует, но не так быстро, чтобы его нельзя было догнать пешком.

2. Вращение нашей планеты постепенно замедляется. Главная виновница этого – Луна, которая вызывает на Земле приливы, бегущие по поверхности планеты с востока на запад. За 100 лет длина земных суток возрастает на 0,0016 с. Через сколько лет Земля в своем вращении отстанет ровно на 1 оборот?

Решение: Механической аналогией для этой задачи может также служить гонка двух поездов, один из которых сохраняет постоянную скорость (движение без торможения, гипотетическая Земля), а второй движется равноускоренно, с постоянным торможением (реальная Земля). Если поезда вышли из одной точки с одинаковыми скоростями, а ускорение второго поезда равно a , то со временем расстояние между ними составит $S = at^2 / 2$.

Если величину S мы хотим измерять в сутках (т. е. в оборотах планеты), а время — в годах, то значение $a = 0,0016 \text{ с}/(\text{сут } 100 \text{ лет})$ следует перевести в единицы сут/год². Очевидно, для этого требуется разделить его на количество секунд в сутках и умножить на количество суток в году:

$$a = 1,6 \cdot 10^{-3} \times 365,24 / (100 \times 86\,400) = 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ сут}/\text{год}^2.$$

Теперь мы легко определим время, за которое Земля отстанет на 1

оборот ($S = 1$ сут): $t = (2S/a)^{1/2} = (2/6,76 \cdot 10^{-8} \text{ сут/год}^2)^{1/2} = 5\,440$ лет.

Таким образом, с эпохи фараонов и до наших дней Земля «не докрутила» один оборот.

3. В день равноденствия на экваторе в момент захода Солнца начался подъем аэростата со скоростью 10 м/с до высоты в 25 км. Увидят ли его пассажиры восход Солнца на западе? Изменился бы ответ, если бы местом старта был г. Мурманск ($\varphi=69^\circ$)?

Решение: Подъем аэростата продолжается $25\,000/10 = 2\,500$ секунд.

За это время Солнце опустится под математический горизонт на $3600 \cdot 2500/24 = 10,40$. В результате подъема линия истинного горизонта для наблюдателей на аэростате опустится на угол α , который легко найти из треугольника с катетом R и гипотенузой $R + H$, где $H = 25$ км — высота подъема: $\alpha = \arccos(6371/6396) = 5,10$. Следовательно, пассажиры аэростата не смогут догнать Солнце, несмотря на очень большую скорость подъема. В Мурманске скорость опускания Солнца под горизонт меньше, поскольку оно движется не перпендикулярно к линии горизонта, как на экваторе, а под углом ($90^\circ - \varphi$). Следовательно, за время подъема аэростата Солнце опустится в этот день в Мурманске на $10,40 \sin(90^\circ - 69^\circ) = 3,70$, и пассажиры смогут из стратосферы увидеть его над горизонтом.

4. Даны две звезды одинакового радиуса на одинаковом расстоянии от Земли, но температура поверхности у одной из них 20 000 К, а у второй 10 000 К. Какая из них ярче в оптическом диапазоне? Почему?

Решение: Первая звезда излучает больше во всех диапазонах спектра. Чем выше температура звезды, тем больше ее светимость (согласно закону Стефана-Больцмана светимость звезды пропорциональна четвертой степени температуры).