

## Часть 2. 61 Московская Астрономическая Олимпиада (2007 год)

### I ТУР

#### 7 класс и моложе

2.1. У советского поэта Степана Щипачёва есть такое стихотворение:

Рождённый страной дерзновенной,  
весь мир удивляет он.  
Он мал, но он житель Вселенной,  
законам её подчинён.

Он мал, он немного весит,  
он светом не гонит тьму,  
но всеми воспетый месяц  
приходится братом ему.

О каком событии рассказывает поэт? Когда оно произошло? Что именно он называет "братом месяца"? Почему?

2.2. Юный любитель астрономии, пятиклассник Ваня из Москвы, недавно познакомился по сети Интернет с пятиклассником Джонни из Калифорнии. Рассказывая новому другу о своей семье, Ваня упомянул удивительный факт: в 2004 году его дедушка отметил свой день рождения в пятнадцатый раз, хотя исполнилось ему 60 лет. В ответном письме Джонни сообщил, что его этот факт вовсе не удивил и что он сразу догадался, в чём тут дело. А вот его, Джонни, прадедушка впервые смог отметить день своего рождения только когда ему исполнилось 8 лет. Когда родился дедушка Вани? Прадедушка Джонни? Укажите точные даты.

2.3. Может ли нижняя кульминация звезды произойти в точке юга?

2.4. Если планета всегда повернута к Солнцу одной стороной, то сколько звездных и сколько солнечных суток проходит на ней в течение года?

#### 8-9 классы

2.5. У советского поэта Степана Щипачёва есть такое стихотворение:

Рождённый страной дерзновенной,  
весь мир удивляет он.  
Он мал, но он житель Вселенной,  
законам её подчинён.

Он мал, он немного весит,  
он светом не гонит тьму,  
но всеми воспетый месяц  
приходится братом ему.

О каком событии рассказывает поэт? Когда оно произошло? Что именно он называет "братом месяца"? Почему?.

2.6. Юный любитель астрономии, пятиклассник Ваня из Москвы, недавно познакомился по сети Интернет с пятиклассником Джонни из Калифорнии. Рассказывая новому другу о своей семье, Ваня упомянул удивительный факт: в 2004 году его дедушка отметил свой день рождения в пятнадцатый раз, хотя исполнилось ему 60 лет. В ответном письме Джонни сообщил, что его этот факт вовсе не удивил и что он сразу догадался, в чём тут дело. А вот его, Джонни, прадедушка впервые смог отметить день своего рождения только когда ему исполнилось 8 лет.

Когда родился дедушка Вани? Прадедушка Джонни? Укажите точные даты.

2.7. Почему радиоастрономы могут проводить наблюдения днем, а астрономы-оптики обычно вынуждены наблюдать ночью?

2.8. Если планета всегда повернута к Солнцу одной стороной, то сколько звездных и сколько солнечных суток проходит на ней в течение года?

### 10 класс

2.9. У Леонида Мартынова есть такие строки:

Столь грубо  
Март ещё не поступал.  
Смотрите-ка: не им ли сшиблен с ног,  
На спинку месяц трепетно упал,  
Совсем как новорожденный щенок...

Вы наверняка замечали, что серп молодой Луны весной круто наклонён к горизонту, "лежит на спинке". Почему так происходит?

2.10. Какова должна была бы быть масса Солнца, чтобы Земля, обращаясь на вдвое большем расстоянии, имела тот же период, что и в настоящее время?

2.11. Почему радиоастрономы могут проводить наблюдения днем, а астрономы-оптики обычно вынуждены наблюдать ночью?

2.12. Если планета всегда повернута к Солнцу одной стороной, то сколько звездных и сколько солнечных суток проходит на ней в течение года?

### 11 класс

2.13. У Леонида Мартынова есть такие строки:

Столь грубо  
Март ещё не поступал.  
Смотрите-ка: не им ли сшиблен с ног,  
На спинку месяц трепетно упал,  
Совсем как новорожденный щенок...

Вы наверняка замечали, что серп молодой Луны весной круто наклонён к горизонту, "лежит на спинке". Почему так происходит?

2.14. Опишите, как и почему изменяется поведение маятника Фуко на экваторе и на Северном полюсе.

2.15. Почему некоторые звезды выглядят двойными в голубых лучах, но не разрешаются в красных лучах?

2.16. Определите светимость квазара 3C 273, имеющего видимую величину  $12.8^m$  и красное смещение 0.158.

## II ТУР

### 7 класс и моложе

2.17. Проснувшись от летаргического сна, вы обнаружили, что находитесь на необитаемом атолле, лежащем точно на экваторе. Светит Солнце, на вас – только купальный костюм. Сможете ли вы через час-другой сказать, что у вас дома в Москве – зима или лето?

2.18. Барбикен, герой романа Жюль Верна «Вокруг Луны», рассуждая о различных возможностях, которые представляет природа наблюдателям, находящимся на видимом и обратном полушариях Луны, в частности, замечает:

«А селениты видимой части Луны, как только Солнце, светившее им пятнадцать дней подряд, скроется за горизонтом, уже видят на противоположной стороне неба блестящее светило – Землю, чей диск по площади в тринадцать раз больше Луны. Земля уходит с лунного горизонта только в ту минуту, когда на нем с противоположной стороны появляется Солнце».

Будучи абсолютно правым в том, что Земля видна только с видимого лунного полушария, о чем все же позабыл Барбикен?

2.19. Чем объяснить, что южная ночь наступает очень быстро, тогда как в северных широтах после захода Солнца еще долго делятся сумерки?

2.20. В романе Л.Н. Толстого «Анна Каренина» есть такой эпизод:

«Стало темнеть. Ясная серебряная Венера уже сияла из-за березок своим нежным блеском, и высоко на востоке уже переливался своими красными огнями мрачный Арктурус. Над головой у себя Левин ловил и терял звезды Медведицы. Вальдшнепы уже перестали летать; но Левин решил подождать еще, пока видная ему ниже сучка березы Венера перейдет выше его и когда ясны будут видны звезды Медведицы. Венера уже перешла выше сучка, колесница Медведицы со своим дышлом была уже видна на темно-синем небе, но он все еще ждал».

Все ли правильно с астрономической точки зрения представлено в этом эпизоде? В какой сезон года происходила описанная картина?

### 8-9 классы

2.21. Проснувшись от летаргического сна, вы обнаружили, что находитесь на необитаемом атолле, лежащем точно на экваторе. Светит Солнце, на вас – только купальный костюм. Сможете ли вы через час-другой сказать, что у вас дома в Москве – зима или лето?

2.22. Оцените безопасную скорость движения управляемого с Земли марсохода, оснащенного телекамерой, которая «видит» только на 10 метров впереди себя.

2.23. Чем объяснить, что южная ночь наступает очень быстро, тогда как в северных широтах после захода Солнца еще долго делятся сумерки?

2.24. В романе Л.Н. Толстого «Анна Каренина» есть такой эпизод:

«Стало темнеть. Ясная серебряная Венера уже сияла из-за березок своим нежным блеском, и высоко на востоке уже переливался своими красными огнями мрачный Арктурус. Над головой у себя Левин ловил и терял звезды Медведицы. Вальдшнепы уже перестали летать; но Левин решил

подождать еще, пока видная ему ниже сучка березы Венера перейдет выше его и когда ясны будут видны звезды Медведицы. Венера уже перешла выше сучка, колесница Медведицы со своим дышлом была уже видна на темно-синем небе, но он все еще ждал».

Все ли правильно с астрономической точки зрения представлено в этом эпизоде? В какой сезон года происходила описанная картина?

### 10 - 11 классы

2.25. Теневая фаза лунного затмения началась в 0 часов 22 минуты по московскому времени, а закончилась в 4 часа 46 минут. В каком созвездии находилась Луна во время затмения?

2.26. Предположим, что атмосфера планеты не пропускает видимый свет, но прозрачна для инфракрасного излучения. Как такая атмосфера повлияет на температуру планеты? Сравните с парниковым эффектом.

2.27. Какое расстояние прошла Земля за время своего существования, обращаясь вокруг Солнца?

- а) до ближайшей звезды и обратно;
- б) до центра нашей Галактики и обратно;
- в) до ближайшей галактики и обратно.

2.28. Определите эксцентриситет орбиты кометы, если известно, что линейная скорость в перигелии в 10 раз больше ее скорости в афелии.

2.29. В телескоп с равнозрачковым увеличением проводятся наблюдения Венеры в наибольшей восточной элонгации, и она кажется такого же размера, как Луна при наблюдении невооруженным глазом. Найти диаметр объектива телескопа.

## Часть 2. 61 Московская Астрономическая Олимпиада (2007 год)

### I ТУР

#### 7 класс и моложе

2.1. Речь идет о первом искусственном спутнике Земли, запущенном 4 октября 1957 года.

2.2. Очевидно, оба родственника родились 29 февраля: эта дата появляется в календаре один раз в четыре года, когда номер года делится на 4. Дедушка Вани родился 29 февраля  $2004 - 60 = 1944$  года.

Случай с прадедушкой Джонни интереснее: он впервые смог отметить свой день рождения в 8 лет потому, что год, когда ему исполнилось 4, високосным не был, хотя его номер и делился на 4. Таким годом был 1900: по современному, григорианскому календарю годы, номера которых кратны 100, считаются високосными только если на 4 делится количество сотен в их номерах. Итак, прадедушка Джонни родился 29 февраля 1896 года.

2.3. Да, может, если наблюдения ведутся в южном полушарии Земли.

2.4. В течение года на такой планете проходят одни звездные и ни одних солнечных суток. Солнечные сутки на этой планете имеют бесконечно большую длительность.

#### 8-9 классы

2.5. Речь идет о первом искусственном спутнике Земли, запущенном 4 октября 1957 года.

2.6. Очевидно, оба родственника родились 29 февраля: эта дата появляется в календаре один раз в четыре года, когда номер года делится на 4. Дедушка Вани родился 29 февраля  $2004 - 60 = 1944$  года.

Случай с прадедушкой Джонни интереснее: он впервые смог отметить свой день рождения в 8 лет потому, что год, когда ему исполнилось 4, високосным не был, хотя его номер и делился на 4. Таким годом был 1900: по современному, григорианскому календарю годы, номера которых кратны 100, считаются високосными только если на 4 делится количество сотен в их номерах. Итак, прадедушка Джонни родился 29 февраля 1896 года.

2.7. Астрономам, работающим в оптическом диапазоне спектра, днем мешает яркий фон неба, образованный рассеянием лучей Солнца в атмосфере Земли. Радиоволны рассеиваются значительно слабее, и днем можно проводить астрономические наблюдения в радиодиапазоне.

2.8. В течение года на такой планете проходят одни звездные и ни одних солнечных суток. Солнечные сутки на этой планете имеют бесконечно большую длительность.

#### 10 класс

2.9. Мартовскими вечерами высоко в небе расположена точка летнего солнцестояния, расположенная на границе созвездий Тельца и Близнецов. Эклиптика, проходящая через эту точку, образует большой угол с горизонтом. Рога молодой Луны на западе направлены примерно вдоль эклиптики, и лунный серп практически «лежит» на своей спине.

*Другой вариант решения.* Поскольку описан март, будем для определенности считать, что Солнце находится в точке весеннего равноденствия. Луна перемещается вблизи эклиптики и в начале лунного месяца опережает Солнце по эклиптике на  $30-45^\circ$ . В марте растущая Луна находится примерно там, где Солнце будет в апреле-мае, то есть существенно севернее небесного

экватора, поэтому заходящее Солнце освещает её как бы снизу, и лунный серпик сильно наклонён к горизонту.

2.10. По обобщенному III закону Кеплера получаем, что масса Солнца должна была бы увеличиться в 8 раз.

2.11. Астрономам, работающим в оптическом диапазоне спектра, днем мешает яркий фон неба, образованный рассеянием лучей Солнца в атмосфере Земли. Радиоволны рассеиваются значительно слабее, и днем можно проводить астрономические наблюдения в радиодиапазоне.

2.12. В течение года на такой планете проходят одни звездные и ни одних солнечных суток. Солнечные сутки на этой планете имеют бесконечно большую длительность.

## 11 класс

2.13. Мартовскими вечерами высоко в небе расположена точка летнего солнцестояния, расположенная на границе созвездий Тельца и Близнецов. Эклиптика, проходящая через эту точку, образует большой угол с горизонтом. Рога молодой Луны на западе направлены примерно вдоль эклиптики, и лунный серп практически «лежит» на своей спине.

*Другой вариант решения.* Поскольку описан март, будем для определённости считать, что Солнце находится в точке весеннего равноденствия. Луна перемещается вблизи эклиптики и в начале лунного месяца опережает Солнце по эклиптике на  $30-45^\circ$ . В марте растущая Луна находится примерно там, где Солнце будет в апреле-мае, то есть существенно севернее небесного экватора, поэтому заходящее Солнце освещает её как бы снизу, и лунный серпик сильно наклонён к горизонту.

2.14. Полюса Земли – идеальное место для демонстрации суточного вращения Земли с помощью маятника Фуко. Закрепленный в неподвижной точке на Земле, маятник будет сохранять плоскость своих колебаний во внешней системе координат, а Земля будет вращаться под маятником. В результате, земной наблюдатель зарегистрирует равномерное вращение плоскости колебаний маятника относительно земных предметов с периодом в одни сутки.

На экваторе Земли ситуация совершенно противоположная. Ось маятника будет перпендикулярна оси вращения Земли, и поверхность Земли не будет совершать вращения относительно оси маятника. Плоскость колебаний маятника Фуко не будет смещаться относительно земных предметов, и доказать осевое вращение Земли с помощью маятника Фуко не удастся.

2.15. При хороших атмосферных условиях разрешающая способность небольших телескопов определяется размером дифракционного изображения точечного источника (звезды), который в голубых лучах меньше, чем в красных. Поэтому в голубых лучах звезды разрешаются легче.

2.16. Красное смещение квазара существенно меньше единицы, и мы можем пользоваться нерелятивистскими формулами. Скорость удаления квазара составляет 47.4 тысяч километров в секунду. Считая постоянную Хаббла равной  $65 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , получаем, что расстояние до квазара  $r$  равно 730 Мпк. Абсолютная величина квазара равна

$$M = m + 5 - 5 \lg r = -26.5.$$

Светимость квазара составляет  $3 \cdot 10^{12}$  светимостей Солнца или  $10^{39}$  Вт.

## II ТУР

### 7 класс и моложе

2.17. Нужно посмотреть, в какую сторону движется Солнце по небосводу. Если слева направо (с востока на запад через юг), то его склонение отрицательно, и в Москве сейчас зима. Если справа налево (с востока на запад через север), то в Москве лето.

2.18. При наблюдении с видимого полушария Луны (за исключением его краев, где существенно влияний либраций), Земля постоянно находится над горизонтом, и днем, и ночью.

2.19. В южных широтах суточный путь Солнца образует большой угол с горизонтом, и оно быстро уходит на большую глубину, сокращая продолжительность сумерек.

2.20. Вечером в зените видна Большая Медведица, а высоко над восточным горизонтом поднялся Арктур. Такая ситуация имеет место в середине весны, в апреле. Если у Венеры период вечерней видимости в апреле, то она появляется на западе, заходя на северо-западе. В течение всего периода видимости Венера постепенно опускается к горизонту, и не может пересекать сучок березы снизу вверх.

### 8-9 классы

2.21. Нужно посмотреть, в какую сторону движется Солнце по небосводу. Если слева направо (с востока на запад через юг), то его склонение отрицательно, и в Москве сейчас зима. Если справа налево (с востока на запад через север), то в Москве лето.

2.22. Расстояние между Землей и Марсом может быть от 0.4 а.е. в великих противостояниях до 2.6 а.е. в соединении. Примем, что Марс находится на расстоянии в 2 а.е. Тогда время распространения радиосигнала от Марса к Земле и обратно составляет 2000 секунд или 33 минуты. За это время марсоход должен пройти не более 10 метров, то есть его безопасная скорость составляет 30 сантиметров в минуту. Во время великих противостояний марсоход может двигаться в пять раз быстрее, со скоростью 1.5 метра в минуту.

2.23. В южных широтах суточный путь Солнца образует большой угол с горизонтом, и оно быстро уходит на большую глубину, сокращая продолжительность сумерек.

2.24. Вечером в зените видна Большая Медведица, а высоко над восточным горизонтом поднялся Арктур. Такая ситуация имеет место в середине весны, в апреле. Если у Венеры период вечерней видимости в апреле, то она появляется на западе, заходя на северо-западе. В течение всего периода видимости Венера постепенно опускается к горизонту, и не может пересекать сучок березы снизу вверх.

### 10 - 11 классы

2.25. Разность показаний часов составляет 4 часа 24 минуты. Однако даже при центральном лунном затмении теневая фаза - от первого контакта диска Луны с тенью Земли до последнего - продолжается меньше четырех часов.

Ситуация проясняется, если вспомнить, что московское время не течёт непрерывно. Дважды в год - при введении летнего времени и при его отмене - стрелки часов, идущих по московскому времени, переводят соответственно на час вперёд или назад. Всё становится на свои места, если предположить, что реально теневая фаза затмения продолжалась 3 часа 24 минуты, но во время затмения был произведён переход на летнее время.

Летнее время вводится в ночь на последнее воскресенье марта. Следовательно, затмение произошло между 25 и 31 марта, вскоре после весеннего равноденствия, когда Солнце находится в восточной части созвездия Рыб.

Во время лунного затмения Луна находится вблизи противоположной Солнцу точки эклиптики, то есть немного восточнее точки осеннего равноденствия - в созвездии Девы.

2.26. Видимое излучение центральной звезды будет в значительной степени задерживаться атмосферой планеты, не попадая на ее поверхность. В то же время тепловая энергия будет уходить от планеты свободно, так как она попадает в инфракрасную область. Эта ситуация обратна парниковому эффекту, она приведет к значительному похолоданию на планете.

2.27. Орбитальная скорость Земли составляет 30 км/с, а время ее жизни – 4.5 миллиардов лет или  $1.4 \cdot 10^{17}$  секунд. Путь, пройденный Землей, составляет  $4 \cdot 10^{18}$  км или 140 кпк. Это близко к расстоянию до ближайших карликовых галактик.

2.28. Скорости кометы в перигелии и афелии выражаются формулами:

$$v_P = \sqrt{\frac{GM}{a} \cdot \frac{1+e}{1-e}}, \quad v_A = \sqrt{\frac{GM}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e}}.$$

В итоге, по условию задачи

$$\frac{1+e}{1-e} = 10, \quad e = \frac{9}{11} = 0.818.$$

2.29. Угловой диаметр Венеры в момент наибольшей элонгации составляет  $25''$ , а угловой диаметр Луны равен  $30'$ . Увеличение телескопа составляет 72, а диаметр его объектива в 72 раза превышает диаметр зрачка глаза, то есть он равен примерно 45 см.