

## **Задачи Шатовской, использовавшиеся на различных олимпиадах. Решения.**

**168.** В феврале склонение Солнца изменяется от  $-17^\circ$  до  $-8^\circ$ . Выясним, на какой широте светило со склонением  $-8^\circ$  проводит над горизонтом на три часа больше, чем светило со склонением  $-17^\circ$ .

Поскольку задача оценочная, будем использовать плоское приближение. Рассмотрим прямоугольный треугольник, гипотенуза которого - участок горизонта между точками восхода Солнца в начале и в конце февраля. Угол при катете  $9^\circ$  равен широте места наблюдения, противолежащий катет равен полутора часам ( $22,5^\circ$ ).  $\operatorname{tg}\phi = 22,5/9 = 2,5$ ,  $\phi = 68^\circ$ . Таким образом, поговорка справедлива только в самых северных областях России и на территории Нижегородской области не выполняется.

**167.** В XX веке (с 1901 по 2000 годы) было 75 обычных и 25 високосных лет (как по юлианскому, так и по григорианскому календарю), всего  $36500+25=36525$  суток. Это нецелое число недель: 5217,86, т.е. до целого числа недель не хватает одного дня. XX век закончился воскресеньем, т.е. не хватило именно понедельника. Поэтому число сред и пятниц в XX веке было одинаковым (5218), а понедельников - на один меньше.

Это простое решение, однако, не является исчерпывающим, потому что некоторые страны, в том числе Россия, именно в XX веке перешли с юлианского календаря на григорианский. Число високосных лет в обоих календарях одинаково, однако в странах, перешедших на григорианский календарь в XX веке, этот век был короче на 13 дней, и содержал  $36525-13=36512$  дней или 5216 недель ровно. Поэтому в России и других странах, перешедших на григорианский календарь в XX веке, этот век содержал понедельников, сред и пятниц поровну.

**166.** Решение. При плотности  $5500\text{кг/м}^3$  вещество массой  $7,35 \cdot 10^{22}$  кг занимало бы объём  $1,3 \cdot 10^{19}\text{м}^3$ . Реальный объём Луны больше:  $4\pi/3 \cdot (1,74 \cdot 10^6)^3 = 2,2 \cdot 10^{19}\text{м}^3$ . Разность этих объёмов  $\Delta V = 0,9 \cdot 10^{19}\text{м}^3$  и есть искомый объём полости.

Теперь вычислим радиус полости:  $R = (3V/4\pi)^{1/3} = 1300$  км. Радиус Луны - 1740 км. Таким образом, на чертеже полость должна занимать значительную часть сечения нашего спутника.

**165.** Оценим время, за которое человек делает один шаг. Взрослый человек проходит примерно 5 км за час, а длина одного его шага - примерно 70 см. За час пешеход делает примерно 7 тыс. шагов или около двух шагов в секунду. Орбитальная скорость Земли - примерно 30 км/с, и за половину

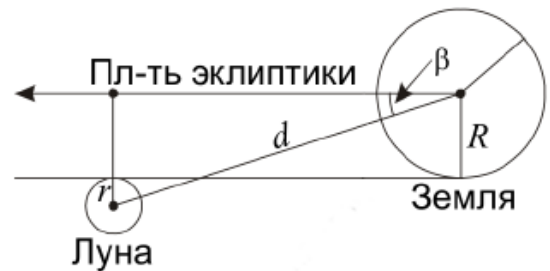
секунды наша планета пролетает 15 км. Морская миля равна 1852 м, сухопутная - 1609 м, т.е. за время одного шага Земля пролетает немного меньше одного десятка миль.

Задачу можно решить иначе, если вспомнить, что мера расстояния сухопутная миля появилась в Древнем Риме как длина тысячи пар шагов воина. В одном десятке миль содержится двадцать тысяч шагов. Орбитальная скорость Земли больше скорости воина (1,5 м/с) в 20000 раз. Поэтому за время одного шага наша планета пролетает только один десяток миль. Поэт преувеличил.

**164.** (В редакции московских коллег) Нетрудно заметить, что эклиптические долготы Альдебарана и Антареса отличаются на  $12^h$ , и обе звезды находятся на несколько градусов южнее эклиптики. За счёт наклона орбиты к эклиптике на  $5^\circ$  и суточного параллакса Луна может проецироваться для земного наблюдателя на обе эти звезды. Однако серии покрытий этих звёзд происходят в разные годы, так как, когда одна половина лунной орбиты расположена южнее эклиптики, другая половина расположена севернее. Итак, в пункте б) ответ отрицательный.

Регул же, наоборот, расположен очень близко к эклиптике, и его эклиптическая долгота на  $5^h 17^m$  больше, чем у Альдебарана и на  $6^h 43^m$  меньше, чем у Антареса. Поэтому в те годы, когда происходят покрытия Альдебарана, вблизи Регула находится восходящий узел лунной орбиты, а в те годы, когда происходят покрытия Антареса, – нисходящий.

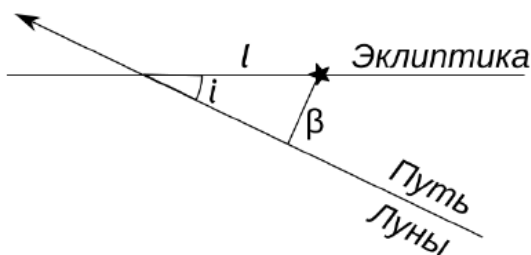
Определим, возможны ли одновременные покрытия. Для этого оценим, как далеко от Регула может находиться узел орбиты Луны, чтобы покрытия были возможными. Пусть  $R$  и  $r$  – радиусы Луны и Земли, а  $d$  – расстояния между их центрами. Для простоты предположим, что Регул находится на эклиптике. Тогда покрытие хотя бы в одном месте на Земле можно будет наблюдать, если центр Луны окажется от звезды на расстоянии



$$\beta = \arcsin \frac{R+r}{d} \approx 1.2^\circ.$$

Максимальное угловое расстояние узла орбиты от Регула  $l$  равно

$$l = \frac{\beta}{\sin i} \approx 13.4^\circ \approx 53^m.$$



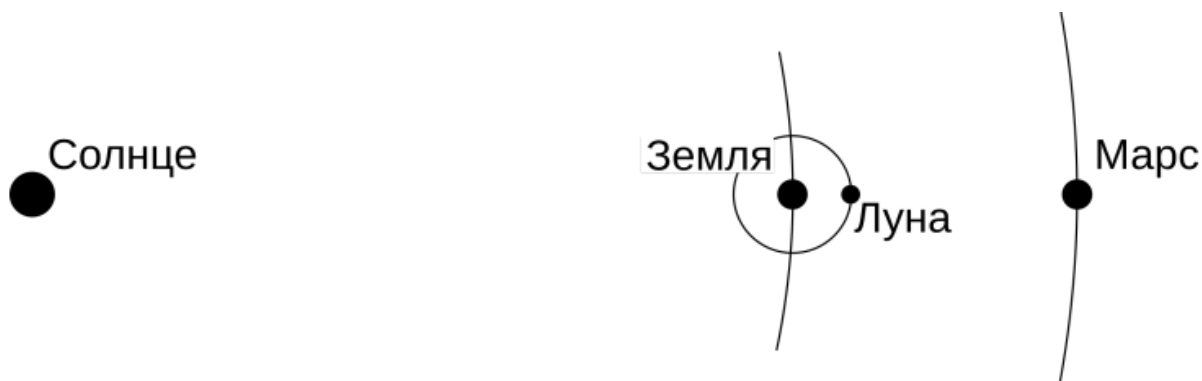
Здесь для упрощения вычислений мы воспользовались малостью наклона орбиты Луны. Узкий пояс небесной сферы вдоль большого круга – эклиптики допустимо представлять как боковую поверхность цилиндра, которая может быть развёрнута в

плоскость. Поэтому и допустимо использовать плоские треугольники.

В те моменты времени, когда Луна, находясь дальше всего от эклиптики, покрывает Антарес или Альдебаран, узел её орбиты имеет эклиптическую долготу  $10^{\text{h}}39^{\text{m}}$  и располагается на расстоянии  $43^{\text{m}}$  от Регула вдоль эклиптики. Отсюда делаем вывод, что варианты а) и в) возможны. А если учесть, что покрытия Альдебарана и Антареса возможны в течение нескольких лет, то такие "единомесечные" покрытия происходят неоднократно.

*Примечание:* как раз сейчас идёт серия покрытий и Альдебарана, и Регула (в конце 2017 года произошли: покрытия Альдебарана 3 декабря и 31 декабря и покрытие Регула 9 декабря). Полпериода поворота узлов лунной орбиты назад, в 2007-2008 годах, также была серия покрытий Регула, которая наложилась на серию покрытий Антареса 2005-2009 годов.

**163.** (В редакции московских коллег) Противостояние – это событие, когда планета и Солнце находятся на одной прямой по разные стороны от Земли. Лунное затмение происходит в том случае, когда Луна попадает в тень Земли, то есть Луна и Солнце находятся на одной прямой по разные стороны от Земли. Учитывая, что Марс расположен от Земли гораздо дальше Луны, получаем следующий рисунок:



Противостояние называется великим, когда Марс находится к Земле ближе, чем 60 млн. км. В "невеликом" противостоянии Марс также находится на одной прямой с Землёй и Солнцем, но немного дальше. То есть принципиально в нашем рисунке ничего не изменится.

**162.** (В редакции О.С.Угольниковой) Из большой полуоси орбиты Марса мы можем получить период его обращения вокруг Солнца (687 суток) и синодический период – промежуток времени между двумя последовательными противостояниями Марса (780 суток). Он чуть больше марсианского года и двух земных лет. Поэтому каждое следующее противостояние будет происходить несколько восточнее на небе вдоль эклиптики, чем предыдущее.

Хронологический порядок можно восстановить, отождествив созвездия, по которым перемещается планета.

На фото А Марс перемещается по созвездию Рака: трек проходит по звёздному скоплению Ясли (М44), у правого края фото видны Близнецы - Кастор и Поллукс, у левого - голова Льва. На фото В несложно узнать созвездие Девы, на фото С - трапецию Льва. Таким образом, фото С сделано позже фото А и раньше фото В.

Чтобы отождествить созвездия на фото D, нужно догадаться, что оно перевернуто "вверх ногами". У верхнего края фото видны Бетельгейзе и Беллатрикс, в правом верхнем углу – Процион, у правого края – Близнецы, у левого – голова Тельца, у нижнего – Капелла. Поскольку Телец – самое западное из упомянутых зодиакальных созвездий, фото D в хронологическом порядке должно быть первым.

1	D	2007-2008
2	A	2009-2010
3	C	2012
4	B	2014

В таблице приведена правильная последовательность и годы, в которые были сделаны фотографии.

Примечание. Участникам выдавались позитивные фотографии хорошего качества.

**161.** Из описания климата Белой можно заключить, что средняя температура там такая же, как на Земле. Т.е., находясь на среднем расстоянии от своей звезды, планета получает столько же энергии на квадратный метр за единицу времени, сколько получает Земля. Поэтому отношение светимости звезды к светимости Солнца равно квадрату большой полуоси орбиты планеты, выраженной в а.е.:  $L/L_0=(a/a_0)^2$ . С другой стороны, обобщённый третий закон Кеплера позволяет связать большую полуось орбиты Белой и период её обращения с массой звезды:  $(a/a_0)^3=(T/T_0)^2M/M_0$ . Наконец, для звёзд главной последовательности приблизительно выполняется соотношение между массой и светимостью:  $L/L_0=(M/M_0)^4$ . Решая три уравнения совместно, получаем массу звезды  $9M_0$ , светимость  $6561L_0$ , большую полуось орбиты 81 а.е.

**160.** Для оценки расстояния сверху будем считать, что время, проведённое кораблём вблизи звезды, мало по сравнению со временем полёта, и пренебрежём временем разгона и торможения. Расстояния до ближайших звёзд составляют от четырёх до нескольких десятков световых лет, поэтому корабль, очевидно, двигался с релятивистской скоростью. В собственной системе отсчёта прошло 2 года, на движущейся относительно корабля Земле - 50 лет. Применив формулу для релятивистского замедления времени,  $t=to/(1-(v/c)^2)^{1/2}$ , получим, что  $v=0,999c$  и расстояние до звезды чуть меньше 25 световых лет. Воспользовавшись справочными данными, установим, что таково расстояние до Фомальгаута.

Примечание. Участникам из 9 и 10 класса в условии было указано, что корабль двигался со скоростью, близкой к скорости света. 11-классники должны были сами это вычислить. Справочная таблица содержала не расстояния, а годовые параллаксы ярких звёзд.

**159.** Глобус установлен на горизонтальной подставке, а ось вращения наклонена под углом, соответствующим реальному наклону оси нашей планеты. Поэтому горизонтальная плоскость, проходящая через центра глобуса, соответствует плоскости земной орбиты. Следовательно, на месте доски было бы какое-то из зодиакальных созвездий.

Судя по положению оси глобуса, северный полюс мира находится справа вверху. Поэтому справа от нас на уровне доски будет самое северное зодиакальное созвездие - Близнецы, где в наше время находится точка летнего солнцестояния. Солнце перемещается по эклиптике с запада на восток, т.е. справа налево при взгляде на небесную сферу изнутри. Поэтому прямо перед нами, на месте доски, будет созвездие, расположенное на  $90^\circ$  восточнее Близнецов, в точке осеннего равноденствия, т.е. созвездие Девы.

**158.** Поскольку местный полдень наступает в 14 часов по всемирному времени, т.е. на два часа позже, чем на нулевом меридиане, географическая долгота -  $30^\circ$ , западная. Поскольку видимое движение Солнца происходит слева направо, широта северная. Долгота светового дня равна 16 часам, поэтому тропические широты исключаются (там долгота дня летом и зимой не намного отличается от 12 часов). Высокие северные широты тоже следует исключить, т.к. пейзаж не арктический. Вспомнив, что в Москве наибольшая продолжительность дня равна 17 часам, сделаем вывод, что местность не может быть существенно южнее Москвы. Географическая широта может быть  $50-70$  градусов (примерно).

Справившись с географической картой, убедимся, что в пределах средних широт северного полушария 30-й западный меридиан вообще не пересекает материка. Азорские острова находятся южнее нужного нам интервала, западная оконечность Исландии - восточнее. Единственная подходящая местность - юго-восточное побережье Гренландии.

**157.** Единственный месяц года, в котором может не быть полнолуния - это февраль, который короче периода смены фаз Луны. Поэтому нужно проверить, было ли полнолуние в феврале того же года. Первое из июльских полнолуний было 1 или 2 июля. От февральского полнолуния его отделяет 5 синодических месяцев, т.е.  $29,53 \cdot 5 = 148$  суток. Между 1 февраля и 1 июля - пять календарных месяцев или 150 (в високосном году 151) суток. Следовательно, 3, 4 или 5 февраля было полнолуние. Ответ: во всех месяцах этого года полнолуния были.

**156.** 1. На рисунке должны быть созвездие Льва и часть созвездия Волопаса с главной звездой Арктур.

2. Для обозначения Полярной звезды применим стандартный приём: измерим расстояние между звёздами альфа и бета Большой Медведицы (на рисунке оно равно 6 мм) и отложим пять таких расстояний (3 см) в сторону, противоположную дну ковша.

3. С учётом осенних и весенних сумерек, на северном полюсе звёзды второй величины можно видеть с середины октября до начала марта.

**155.** Период григорианского календаря - 400 лет, из которых 97 являются високосными и 303 - простыми. Общее число дней за 400 лет составляет 146097, что равно 20871 неделе. При этом ни столетие со 100 високосными годами, ни столетие с 99 високосными годами не содержит целого числа недель. Поэтому 1 января первого в столетии года может быть одним из четырёх дней недели. До 1 января 2101 года пройдёт 36524 суток или 5217 недель и 5 дней, поэтому 1 января 2101 года будет субботой. Аналогично 1 января 2201 года будет четвергом, 1 января 2301 года будет вторником, а 1 января 2401 года (после високосного 2400 года) - снова понедельником. Первый день нового века по григорианскому календарю никогда не будет ни воскресеньем, ни пятницей, ни средой.

**154.** Обычно в феврале четыре недели и каждый день недели встречается четыре раза. Пять вторников в феврале 2000 года было потому, что год был високосный, и февраль начался именно со вторника. Поэтому 1 января 2000 года (отнимаем четыре недели и три дня) было субботой.

Однако XXI век начался не 1 января 2000 года, а 1 января 2001 года. В високосном году 52 недели и два дня. Следовательно, 1 января 2001 года было понедельником.

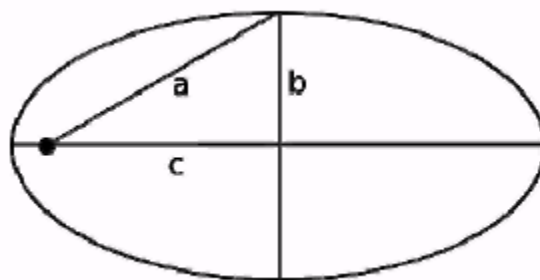
**153.** В обычном году 365 дней, т.е. 52 недели и 1 день. В високосном году 366 дней, т.е. 52 недели и два дня. Поскольку год начался с понедельника, а закончился вторником, он был високосным. Следующий год будет простым, поэтому закончится тем же днём, которым начался - средой.

**152.** Единственное небесное тело, которое могло бы затмить Солнце для наблюдателя, находящегося на Луне - это Земля. Поэтому с обратной стороны Луны, откуда Земля не видна, солнечных затмений видеть нельзя.

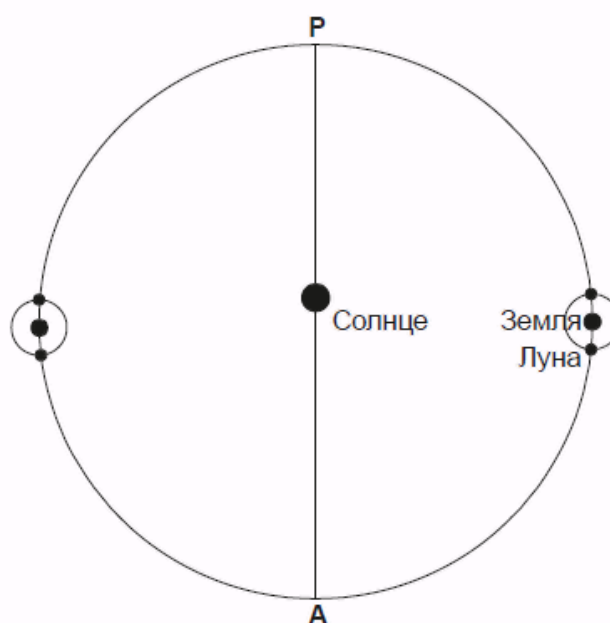
Полное солнечное затмение в определённом месте на видимой стороне Луны соответствует теневой фазе лунного затмения, наблюдаемого с Земли (при которой это место оказывается в тени). Для оценки частоты явления воспользуемся тем фактом, что за период сароса (примерно 18 лет) происходит 29 лунных затмений, полных и частных. Считая, что примерно каждое второе

затмение будет частным и что только в половине частных затмений конкретное место на видимой стороне Луны оказывается в тени, получаем ответ: 22 затмения за 18 лет.

**151.** (В редакции О.С.Угольниковой) Как известно, орбита Земли слегка вытянута, а 1 а.е. есть среднее расстояние от Солнца до Земли (большая полуось орбиты). Согласно определению, эллипс - это геометрическое место точек с постоянной суммой расстояний от двух фокусов. Отсюда можно сделать вывод, что на среднем расстоянии от Солнца Земля будет находиться тогда, когда попадет в одну из вершин на малой оси эллипса (вертикальной линии на рисунке).



Так как эксцентриситет орбиты нашей планеты невелик, мы можем считать, что Земля оказывается на таком расстоянии от Солнца посередине временных интервалов между прохождением точек перигелия (P) и афелия (A) - в начале апреля и начале октября. Коль скоро Луна также располагается в 1.0000 а.е. от Солнца, угол «Солнце-Земля-Луна» должен составлять  $90^\circ$  (см. рисунок). Здесь мы учитываем, что расстояние между Землей и Луной несравнимо меньше расстояния от Земли до Солнца.



Мы делаем вывод, что ситуация наступает в фазе первой или последней четверти в начале апреля или начале октября. Во всех случаях направление от Земли к Луне параллельно линии апсид орбиты Земли (линии, соединяющей точки перигелия и афелия). Луна располагается в области неба, где находится Солнце в перигелии (начало января) или афелии (начало июля). Это созвездия Стрельца или Близнецов.

**150.** Описана Луна, меняющая фазы. «Серебристый апельсин» – это полная Луна. Через неделю после полнолуния Луна будет в фазе последней четверти и будет выглядеть как левая половина диска. Причина смены фаз Луны – изменение относительного расположения Солнца, Земли и Луны.

**149.** На рисунке 1 Луна в фазе между новолунием и первой четвертью. Фазы Луны повторяются примерно через четыре недели. Следовательно, через неделю будет фаза между первой четвертью и полнолунием. Это рисунок № 3.

**148.** Корабль Гагарина стартовал с космодрома Байконур в Казахстане (центральная Азия) в 9 утра по московскому времени и пробыл в полёте менее двух часов. Утро в Азии уже закончилось. В Сибири и на Дальнем Востоке России был день, в Европе наступило утро, в Америке заканчивалась ночь. Ошибочными являются слова «утро в Азии» и «вечер в Европе».

**147.** В картине допущено несколько астрономических ошибок. Вот наиболее очевидные из них:

У Земли не показана фаза. Судя по теням от скал и космонавтов, Солнце светит с правой стороны и расположено довольно высоко над горизонтом. Поэтому земной шар тоже должен быть освещён справа сверху и иметь вид серпа или полудиска.

Видимый диаметр Земли существенно преувеличен. Земля больше Луны по диаметру примерно в три с половиной раза, поэтому Земля в лунном небе должна быть всего в три с половиной раза крупнее Луны в земном небе. Кроме того, на диске Земли должны просматриваться облака и континенты.

У Луны нет атмосферы, поэтому внутри теней, куда не попадает свет Солнца, должно быть совершенно темно, не видно никаких деталей. Поверхность Луны нарисована слишком яркой, похожей на снег, тогда как на самом деле она серо-коричневая.

В условиях пониженной гравитации рисунок следов космонавтов должен быть не таким, как на Земле.

**146.** Наибольшая скорость, возможная в природе, – это скорость света в вакууме, которая составляет 300 тыс. км/с. Расстояние до Луны – около 400 тыс. км – свет преодолевает за  $4/3$  с. Расстояние до альфы Центавра – примерно за 4 года. Поэтому проекты Пети и Васи заведомо неосуществимы. Расстояние между Марсом и Землёй в среднем противостоянии – 0,5 а. е. (из справочной таблицы). Чтобы преодолеть такое расстояние за час, корабль должен пролетать примерно 1,25 млн км в минуту или 21 тыс. км в секунду. Это гораздо меньше скорости света, поэтому проект Коли, возможно, будет осуществлён.

**145.** Полярные сияния – результат взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли. Магнитные полюса Земли не совпадают с географическими. Арктический магнитный полюс располагается в Западном



полушарии. Москва расположена значительно дальше от магнитного полюса, чем южные области Канады.

**144.** Площадь полосы полной фазы –  $10\,000\text{ км} \times 200\text{ км} = 2 \cdot 10^6$  кв. км. Площадь земной поверхности  $4 \times 3,14 \times (6400\text{ км})^2 = 514 \cdot 10^6$  кв. км. Разделив второе на первое, получим 257. Если считать, что затмения во всех точках Земли равновероятны, то через конкретный пункт полоса полной фазы проходит в среднем один раз за 257 лет. С учётом оценочного характера задачи корректный ответ – раз в 200–300 лет.

**143.** а) Т.к. для повторения покрытия звезды Луна должна совершить ровно один оборот вокруг Земли, между покрытиями проходит сидерический месяц - 27,3 суток. Поэтому первое из покрытий происходит в начале июля (1-4), второе в конце (28-31).

б) Покрытие Луной Альдебарана возможно, потому что эта звезда находится вблизи эклиптики, в зодиакальном созвездии Тельца. Солнце проходит мимо Альдебарана в конце мая; в начале июля оно находится на расстоянии примерно  $35^\circ$  от звезды, в конце - на расстоянии примерно  $60^\circ$ . Поэтому фаза Луны больше во время второго покрытия.

в) Т.к. в момент покрытий Луна находится западнее Солнца, это конец лунного месяца, и луна имеет вид старого серпика, у которого освещён край, обращённый к востоку. (Серп более широкий во втором случае). Т.к. среди звёзд Луна перемещается с запада на восток, покрывать звезду она будет освещённым лимбом. Рисунок должен это отражать.

Примечание. Покрытия будут 2 и 30 июля и оба из Москвы не видны. Новолуние 4 июля, последняя четверть - 27 июля.

**142.** Решение будет представлено позже, так как задача используется в комплекте Астротурнира 2017 года.

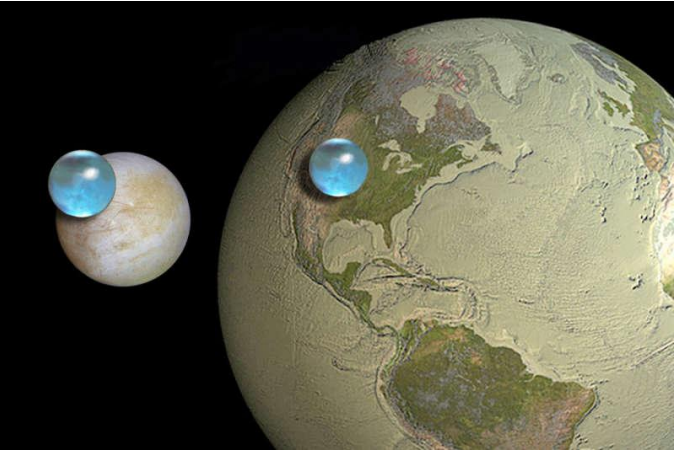
**141.** (в редакции М.Г.Гаврилова) События, описываемые в первой и третьей строфе, относятся примерно к 14000-му году нашей эры, т.е. 12000 лет спустя. За это время конфигурации созвездий практически не изменятся, поэтому угловое расстояние между Вегой и Полярной с большой точностью останется тем же самым. Это значит, что ситуация будет симметричной: если в нашу эпоху Полярная находится вблизи полюса Мира и Вега не заходит, то в ту эпоху, когда вблизи полюса Мира будет Вега, Полярная также будет незаходящей.

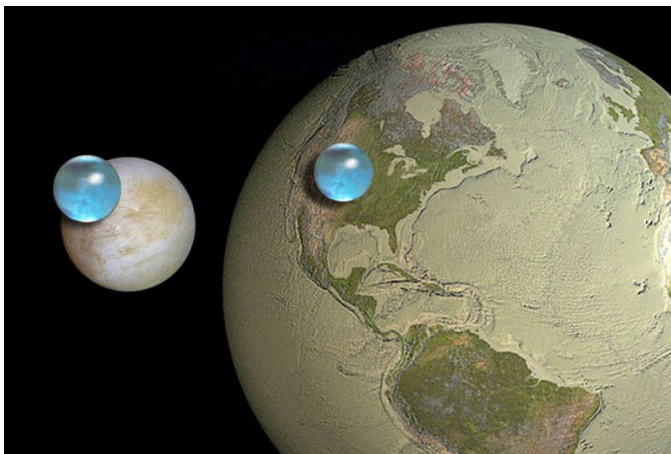
Для определения числа поколений до той далёкой эпохи примем, что в столетие сменяется 4 поколения. Пройдёт 120 веков, сменится 480 поколений. Округлённо можно говорить о 500 поколениях.

**140.** (в редакции методической комиссии) Обычный календарный год примерно на четверть суток короче, чем тропический. Поэтому за календарный год Солнце чуть-чуть не успевает завершить круг своего годового перемещения по небесной сфере. Но 2016 год – високосный. Он на сутки длиннее обычного года и на  $\frac{3}{4}$  суток длиннее тропического. Значит, спустя високосный год Солнце пройдёт полный круг по небу и ещё немного. В сентябре склонение Солнца непрерывно уменьшается. Из-за этого оно каждый день восходит несколько позже, а заходит – раньше, чем накануне. Спустя високосный (т. е. более длинный) год Солнце окажется немного южнее, чем это было 23 сентября 2015 года, а значит, продолжительность светового дня окажется немного меньше.

**139.** (в авторской редакции) Сравним объёмы воды на Земле и Европе. Радиус Европы 1570 км. Пренебрежём различием плотности воды и поверхностного льда и приблизительно оценим объём воды, и умножив площадь поверхности на середине глубины океана (радиус 1520 км) на 100 км:  $V_1 = 4\pi R_1^2 h_1 = 2,9 \cdot 10^9 \text{ км}^3$ .

Для приближённой оценки объёма воды на Земле пренебрежём полярными льдами и будем считать, что океаны занимают 71% земной поверхности при средней глубине 3,7 км.  $V_2 = 0,71 (4\pi R_2^2) h_2 = 1,3 \cdot 10^9 \text{ км}^3$ .

Таким образом, воды на Европе примерно вдвое больше, чем на Земле. Различие наглядно иллюстрирует  Астрономическая картинка дня – <http://www.astronet.ru/db/msg/1264866>



**138.** Рисунок не был сделан «с натуры»: в нём несколько ошибок. С Земли нельзя видеть Луну в созвездии Большой Медведицы, т.к. оно не зодиакальное. Размер Луны преувеличен примерно в 10 раз. Тёмный лимб Луны должен был закрыть от наблюдателя звезду Мегрец. Звёзды показаны одинаковыми по яркости, отсутствует довольно заметная звезда Алькор.

**137.** Изображена планета Юпитер в необычном ракурсе: с южного полюса. Сфотографировать полюс Юпитера нельзя с Земли, но можно с космического аппарата. Однако это не фотография: ось вращения Юпитера перпендикулярна плоскости орбиты, через полюса проходит терминатор, половина диска планеты (ночная сторона) должна быть тёмной. Однако детали поверхности Юпитера (облачные слои, атмосферные вихри, Большое Красное

Пятно) показаны реалистично, цвета подлинные. Ответ: это коллаж из фотографий, сделанных с космического аппарата.

Примечание. Фотографии сделаны автоматической межпланетной станцией «Кассини» в 2000 году. Оригинал коллажа -

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map\\_of\\_Jupiter.jpg?uselang=ru](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_Jupiter.jpg?uselang=ru)

**136.** Когда Солнце (или Луна) видны в зените, они ближе к наблюдателю, чем когда видны у горизонта. Разница расстояний примерно равна радиусу Земли. По сравнению с расстоянием до Солнца эта разница пренебрежимо мала, и можно считать, что видимый (угловой) диаметр Солнца в зените и у горизонта одинаков. Однако земной радиус составляет примерно 1/60 от расстояния до Луны, поэтому видимый (угловой) диаметр Луны в зените примерно на полтора процента больше, чем у горизонта. Однако и Солнце, и Луна у горизонта кажутся крупнее, чем высоко в небе – это свойство человеческого восприятия.

У горизонта все небесные светила «краснеют». Это связано с тем, что лучи от светил, наблюдающихся низко над горизонтом, проходят большой путь в атмосфере, в результате чего коротковолновая часть видимого спектра (синие, голубые лучи) рассеиваются, и до наблюдателя доходит только длинноволновая часть (оранжевые, красные лучи).

«Дрожание» солнечного диска связано с преломлением света на неоднородностях атмосферы, в данном случае на восходящих (менее плотных) потоках тёплого воздуха.

**135.** В астрономии используют карты двух типов: карты поверхностей небесных тел и карты звёздного неба. При построении географической (планетографической) карты и карты звёздного неба решается одинаковая задача – проецирование сферы на плоскость. Поэтому «классические» проекции (азимутальная, цилиндрическая) применяются для обеих целей. Однако ввиду разнообразия практических задач, для которых требуется географическая карта, разработано множество специфических проекций.

Основное отличие географической карты от карты звёздного неба – наличие линейного масштаба. Кроме того, карта звёздного неба представляет собой проекцию внутренней поверхности небесной сферы, в связи с чем восток на этой карте бывает слева, а не справа, если север сверху. Наконец, координатные сетки всех координатных систем, связанных с точкой весеннего равноденствия, постоянно смещаются вследствие прецессии земной оси.

**134.** Решение задачи будет приведено позже, т.к. она используется на текущем Астрономическом Турнире школьников.

**133.** (в редакции М.Г.Гаврилова) а) Ночная сторона Луны подсвечена светом Солнца, отражённым от Земли. Это явление называется «пепельный

свет». Наблюдается оно при малых фазах Луны, в начале или конце лунного месяца, когда к Луне обращена дневная сторона Земли.

б) Луна наблюдается из северного полушария и имеет вид дужки от буквы Р. Следовательно, это растущая Луна. Она выглядит как тонкий серпик в возрасте 2-3 дней после новолуния. Лунные фазы повторяются через 29,5 суток, поэтому до следующего новолуния примерно 27 дней.

в) Высота фигуры сидящего кота и диаметр Луны на фотографии относятся как 2:3, следовательно, угловая высота кота – примерно 20'. Линейная высота сидящего кота – порядка 40 см, следовательно, расстояние от кота до фотографа  $r = 3438' \times 0,4 \text{ м} / 20' = 69 \text{ м}$ , примерно 70 м.

Высота кота над горизонтом наблюдателя примерно равна высоте Луны над горизонтом. Высоту Луны можно оценить, измерив транспортиром угол наклона серпика к горизонту. Расстояние от фотографа до кота по вертикали будет равно произведению 70 м на синус высоты Луны над горизонтом.

(Оригинал фотографии –

<http://kotomatrix.ru/images/lolz/2014/07/07/kotomatrix SA.jpg> )

**132.** Т.к. соединение Сатурна в 2009 году произошло 17 сентября, в середине августа того года планета была доступна для наблюдений с Земли и была видна на фоне вечерней зари. Что же необычного можно было заметить в телескоп? На фото Сатурн выглядит необычно: его кольца совсем тусклые и не отбрасывают тень на диск планеты. Так происходит потому, что солнечные лучи освещают кольца «с ребра», т.е. Солнце находится точно в плоскости экватора планеты – на Сатурне равноденствие. Земля находится неподалёку от Солнца, поэтому земной наблюдатель смотрит на кольца тоже «с ребра». При этом кольца Сатурна не видны даже в мощный телескоп.

(Оригинал фотографии - <http://www.astronet.ru/db/msg/1321931> )

**131.** Луноходы действительно работали только в период лунного дня (от солнечных батарей). Луноходы действительно передали на Землю множество фотографий лунной поверхности. Однако ни один из луноходов (ни советские «Луноход-1» и «Луноход-2» в 70-х гг, ни китайский «Юйту» в 2013 г.) не совершал кругосветного путешествия по Луне: все они обследовали равнинную местность Моря Дождей.

**130.** Известно такое свойство цефеид: цефеиды с одинаковым периодом изменения блеска имеют одинаковую светимость. Различие в наблюдаемом с Земли блеске обусловлено только расстоянием. Цефеида А ярче цефеиды В на 3 звёздные величины, то есть световой поток от неё интенсивней в 16 раз. Следовательно, цефеида А в 4 раза ближе, чем цефеида В.

**129.** Чтобы с Марса в момент противостояния наблюдалось прохождение Земли по диску Солнца, необходимо, чтобы Марс находился бы в плоскости эклиптики. Но в этом случае для земного наблюдателя трек Марса имел бы вид отрезка, а не петли. Следовательно, прохождения не наблюдалось.

**128.** Широта этого пункта  $38^{\circ}47'$  (северная). Поскольку Сириус на небесной сфере расположен севернее, чем Антарес (ближе к небесному экватору), то он проводит над горизонтом больше времени. Кроме того, Сириус – зимняя звезда, а Антарес – летняя, и наблюдать Сириус удаётся чаще ещё и потому, что зимой весь его суточный путь над горизонтом приходится на тёмное время суток.

**127.** На первом рисунке неправильно показано направление видимого движения звёзд: в северном полушарии они движутся против часовой стрелки.

На рисунке, иллюстрирующем солнечное затмение, Земля повернута к Солнцу северным полюсом, а Луна обращается по меридианальной орбите. Кроме того, не затенена ночная сторона Земли.

На рисунке, изображающем движение Луны вокруг Земли, преувеличена кривизна лунной орбиты, а траектория Луны показана замкнутой, как если бы в году было ровно 12 лунных месяцев. Кроме того, Земля и Луна затенены со стороны Солнца.

**126.** Невооружённый глаз в идеальных условиях видит на всей сфере около 6000 звёзд и половину из них одновременно можно видеть над горизонтом. Нашему наблюдателю доступно в  $25/6$  или  $25/3$  раз больше звёзд (в зависимости от того, имел ли в виду поэт всю сферу или половину). Приняв для оценочного расчёта, что все звёзды имеют одинаковую яркость и распределены в пространстве равномерно, делаем вывод, что наблюдатель заглянул в космос на расстояние, превышающее предел невооружённого глаза в 1,6 или 2,0 раза ( $(25/6)^{1/3}$  или  $(25/3)^{1/3}$ ), а минимальный световой поток от наиболее удалённых из этих звёзд слабее минимального потока, видимого невооружённым глазом, в 2,6 или в 4 раза ( $1,6^2$  или  $2,0^2$ ). Значит, площадь объектива использованного прибора больше площади зрачка в 2,6 или в 4 раза, а диаметр – в 1,6 или 2 раза, т.е. (умножим на 5-6 мм) равен 8-12 мм.

Простейший бинокль имеет объективы от 25 мм и больше. Следовательно, наш наблюдатель пользуется самым простым биноклем и при этом проводит наблюдения в условиях сильной засветки, например, из большого города.

**125.** Во-первых, синодический период у Меркурия гораздо короче, чем у Венеры (116 и 584 суток соответственно). Поэтому подходящая конфигурация Меркурия бывает в пять раз чаще, чем у Венеры. Во-вторых, Меркурий в

нижнем соединении почти вдвое ближе к Солнцу (и вдвое дальше от Земли), чем Венера, поэтому для земного наблюдателя он оказывается ближе к эклиптике и чаще проецируется на солнечный диск.

**124.** Конфигурация планет, когда Земля оказывается на линии, соединяющей Солнце и Марс, называется противостоянием Марса (обычным, а не великим, как пишет автор учебника). Блеск Марса во время обычного противостояния меньше, чем у Юпитера и тем более Венеры. Лишь во время величайшего противостояния 2003 года Марс по блеску сравнялся с Юпитером ( $-2,7^m$ ), уступая в блеске Венере на две звёздные величины. Полёт на Марс по касательной траектории занимает более двухсот суток, поэтому стартовать к Марсу нужно более чем за полгода до противостояния.

**123.** Объём спутника  $V = 4\pi r^3/3 = 4 \times 3,142 \times (55\text{ м})^3/3 = 697$  тыс.  $\text{м}^3$  Средняя плотность вещества спутника –  $\rho = m/V = 1,867 \times 10^9 \text{ кг} / 6,97 \times 10^5 = 2679 \text{ кг/м}^3$ . Плотность гранита –  $2600 \text{ кг/м}^3$ , золота  $19320 \text{ кг/м}^3$ . Очевидно, золота в метеорите гораздо меньше, чем гранита.

Обозначим объём золота как  $V_z$ , объём гранита как  $V - V_z$ . Выразим общую массу вещества как сумму масс золота и гранита:  $m = \rho_z V_z + \rho_r (V - V_z)$ . Отсюда  $V_z = (m - \rho_r V) / (\rho_z - \rho_r) = 3278 \text{ м}^3$ . Если предположить, что золото распределено ровным слоем по поверхности метеорита, толщина этого слоя составит  $V_z / 4\pi r^2 = 0,086 \text{ м}$  или примерно 9 см.

**122.** Поскольку Луна восходит в полночь, её фаза – последняя четверть. Солнце в середине лета находится в созвездии Близнецов, а Луна – на  $90^\circ$  западнее по эклиптике – там, где Солнце находилось в середине весны, на границе Рыб и Овна. На таком угловом удалении от Солнца могут наблюдаться только верхние планеты. Невооружённым глазом видны три – Марс, Юпитер и Сатурн.

**121.** Ошибки нет. Равноденствие - это событие (пересечение центром Солнца небесного экватора), и оно происходит в определённый момент времени. В школьном астрономическом календаре указывается московское время событий, а авторы интернет-сайтов обычно используют всемирное время, которое отстаёт от московского на 4 часа. В 2013 году осеннее равноденствие произошло 23 сентября в 0 часов 45 минут по московскому времени, что соответствует 20 часам 45 минутам и дате 22 сентября по всемирному времени.

**120.** Вес марсохода на Марсе меньше его веса на Земле во столько же раз, во сколько раз ускорение силы тяжести Марса меньше земного. Выразим  $g$  через среднюю плотность и радиус планеты:  $g = GM/R^2$ ,  $M = \rho V$ ,  $V = 4\pi R^3/3$ ,

отсюда  $g=4\pi G\rho R/3$ , то есть ускорение силы тяжести прямо пропорционально средней плотности планеты и радиусу планеты. Поэтому ускорение силы тяжести на Марсе составляет  $0,713 \times 0,533 = 0,380$  от земного, а вес марсохода –  $8,79 \text{ кН} \times 0,380 = 3,34 \text{ кН}$ .

**119.** Неправильно указано расстояние до Луны. Оно составляет примерно 400 тыс. км, а не 150 тыс. км.

**118.** а) Блеск полной Луны составляет  $-12,7^m$ . Оценим освещённость от спутника при наименьшем расстоянии от наблюдателя и наибольшей фазе. Спутник находится примерно в тысячу раз ближе к наблюдателю, чем Луна, площадь его диска меньше площади диска Луны в  $(3500 \text{ км} / 0,11 \text{ км})^2 = 10^9$  раз, а коэффициент отражения его поверхности больше примерно в 10 раз (Луна отражает 7% падающего света, золото в разных участках видимого света – от 28 до 95 %). Пренебрегая фазой спутника, сравним освещённость от полной Луны и спутника:  $E_{\text{л}}/E_{\text{с}} = (r_{\text{с}}/r_{\text{л}})^2 (S_{\text{л}}/S_{\text{с}})(\alpha_{\text{л}}/\alpha_{\text{с}}) = 10^{-6} \times 10^9 \times 0,1 = 100$ . Получается, спутник всего на 5 величин уступает полной Луне и светит как  $-7,7^m$ . Даже с учётом фазы и большего расстояния до наблюдателя спутник превосходил бы по блеску Венеру.

б) Примем блеск спутника за  $-6^m$ . Это на  $12^m$  меньше, чем предел чувствительности глаза. Отношение освещённостей составит 63100. Чтобы спутник не был виден невооружённым глазом, площадь его диска должна быть в 63100 раз меньше, а диаметр – в  $(63100)^{1/2} = 251$  раз меньше, т.е. 0,44 м.

**117.** Радиосигнал преодолевает удвоенное расстояние до собеседника за 3971 секунду. Поскольку 1 а.е. сигнал проходит за 500 с, а в обе стороны - за 1000 с, расстояние до Юпитера равно 3,971 а.е. Это меньше, чем расстояние до планеты в среднем противостоянии ( $5,2 - 1 = 4,2$  а.е.) Поэтому рисунок должен отражать не просто конфигурацию противостояния Юпитера, но и расположение планеты в точке перигелия.

Мы пренебрегли расстоянием от Ганимеда до Юпитера, составляющим чуть более миллиона километров (менее 4 световых секунд), и отличием орбиты Земли от окружности, не превышающим двух с половиной миллионов километров (менее 9 световых секунд).

Воспользовавшись справочными данными, вычислим перигелийное расстояние Юпитера:  $5,203(1 - 0,0484) = 4,951$  а.е. При перигелийном противостоянии расстояние до Земли 3,951 а.е., т.е. в описанный в рассказе момент Юпитер действительно очень близко к перигелию. Следовательно, гелиоцентрическая долгота Земли в этот момент такая же, как долгота перигелия Юпитера – около  $15^\circ$ . Нулю гелиоцентрическая долгота Земли равна в момент осеннего равноденствия и за сутки она изменяется примерно на градус. Таким образом, после равноденствия прошло 15 суток – это начало

октября. Как раз в это время расстояние от Солнца до Земли точно равно 1 а.е., что мы и приняли при расчёте расстояния между планетами.

**116. а)** Циферблат часов используется для измерения угла между Солнцем и меридианом. Солнце бывает над точкой юга в местный полдень (с точностью до уравнивания времени) и перемещается вдоль суточной траектории за час на  $15^\circ$ . Стрелка часов за час поворачивается на  $30^\circ$ , поэтому считанный с циферблата угол нужно делить пополам. За начало отсчёт принимается "1", а не "12", поскольку с 1930 года на всей территории нашей страны действовало "декретное время", на час превышающее поясное.

б) Первоначальная точность метода была приемлемой для грубого ориентирования, но невысокой. Наблюдатель ориентируется по истинному Солнцу, которое пересекает меридиан не точно в местный полдень - разница (уравнивание времени) может достигать четверти часа в обе стороны. Дополнительную погрешность даёт и то, что наблюдатель может расположить циферблат не в плоскости небесного экватора, а под углом к ней.

Но главную ошибку (до получаса и более в обе стороны) будет вносить долгота наблюдателя, который находится, как правило, не на центральном меридиане часового пояса. Суммарная ошибка в определении направления на юг может, таким образом, превысить  $10^\circ$ .

в) В 1981 году в нашей стране было введено, дополнительно к декретному, и летнее время: в период в конца марта до конца октября часы переводили ещё на час вперёд. Поэтому пользоваться описанным методом ориентирования стало возможно только пять месяцев в году, когда часы показывали «зимнее» время. Затем, в феврале 2011 года, президент Д.А.Медведев отменил (с осени этого же года) переход на зимнее время. В 2012 году время на часах наблюдателя отличается от поясного уже не на час, а на два, и пользоваться описанным способом ориентирования нельзя. (Можно - если за начало отсчёта угла принимать цифру "2").

**115.** Автор прав в том, что амплитуда лунного прилива - наибольшая из возможных. Приливные силы обратно пропорциональны кубу расстояния между небесными телами. Возведя в куб отношение апогейного и перигейного расстояний Луны, выясним, что отношение приливных сил равно  $[(1+0,05)/(1-0,05)]^3=1,35$ .

Автор прав и в том, что в фазе полнолуния (и новолуния), когда Солнце, Луна и Земля расположены на одной прямой, лунный и солнечный приливы складываются. Если учесть, что средний солнечный прилив всего вдвое слабее среднего лунного, это существенная прибавка.

Однако амплитуда солнечного прилива тоже зависит от расстояния - в данном случае между Землёй и Солнцем. С учётом эксцентриситета земной орбиты (0,017) получаем отношение приливных сил в перигелии и афелии -



1,11. Солнечный прилив бывает максимальным в начале января, когда Земля проходит перигелий. Следовательно, прилив в гиперлуние 10 января 2005 года был выше прилива в гиперлуние 19 марта 2011 года.

**114.** Оценим среднюю температуру на планете в перицентре как 300 К, в апоцентре - как 250 К. Будем считать, что поток тепла из недр планеты пренебрежимо мал по сравнению с излучением от звезды. Примем также, что альbedo планеты мало зависит от её температуры (в холодный сезон поверхность светлее, в тёплый в атмосфере больше облаков). Тогда уравнение теплового баланса будет выглядеть так:  $E_1 \pi R^2 = \sigma T^4 4\pi R^2$ , где  $R$  - радиус планеты,  $E_1$  - поток излучения через 1 кв.метр её сечения, а  $\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана. Отсюда  $T^4 = E_1/4\sigma$ , а отношение четвёртых степеней температур в перицентре и апоцентре равно отношению потоков излучения. С другой стороны, поток излучения ослабевает обратно пропорционально квадрату расстояния до звезды. Поэтому отношение потоков в перицентре и апоцентре равно  $(1+e/1-e)^2$ , где  $e$  - эксцентриситет орбиты планеты. После подстановки этого отношения в предыдущее получаем  $(T_p/T_a)^2 = 1+e/1-e$ , откуда  $e=0,18$  - всего вдвое больше, чем у Марса.

**113.** Внимательный наблюдатель может опознать на фото участок звёздного неба (справа Кастор и Поллукс, в центре Ясли, слева голова Льва и Регул) и вспомнить, что эклиптика проходит чуть ниже (южнее). Однако задачу можно решить и «в общем виде». В момент противостояния, в середине петли, Марс находится ближе к Земле, чем в других точках траектории. На небесную сферу петля спроецировалась выше (севернее) остальной траектории потому, что земной наблюдатель смотрел на планету «снизу», следовательно, Марс находился севернее плоскости эклиптики.

**112.** Приближённый ответ можно получить при помощи чертежа, выполненного с соблюдением масштаба.

Солнце обозначим в центре рисунка. Орбиту Земли изобразим в виде окружности радиусом 1 а.е. или 500 световых секунд (удобный масштаб в 1 см 0,2 а.е. или 100 св.с.). Положение Земли на орбите выберем произвольно. Орбита Венеры имеет диаметр 0,72 а.е (3,6 см). Осталось отметить на этой окружности точки, удалённые от Земли на 3 см. Таких точек (возможных положений Венеры) будет две.

Из чертежа понятно, что направление от Венеры к Солнцу примерно перпендикулярно лучу зрения, поэтому фаза Венеры близка к 0,5.

Для получения точного ответа нужно применить тригонометрию. Сначала определим угол фазы SVT между направлениями с Венеры на Солнце и на Землю. В треугольнике SVT сторона ST равна 1 а.е., сторона SV равна 0,72 а.е. (орбиты планет считаем окружностями), сторона TV =  $c \cdot t = 3 \cdot 10^8 \text{ м} / c \cdot 300 \text{ с} = 9 \cdot 10^{10} \text{ м} = 0,6 \text{ а.е.}$  По теореме косинусов

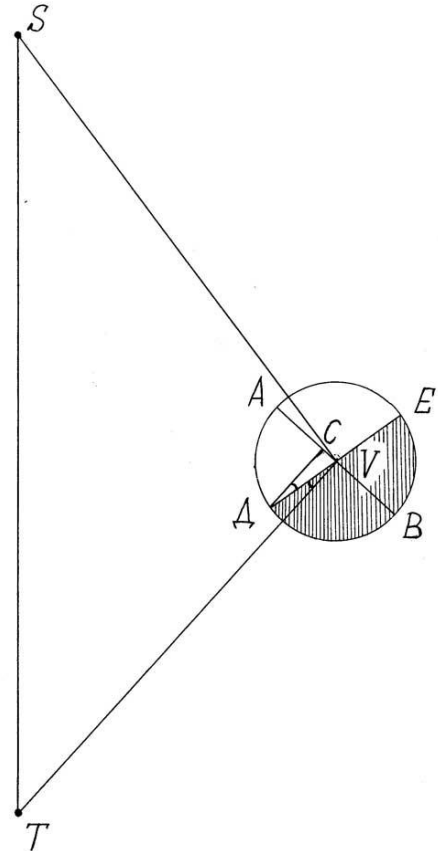
$$\cos SVT = (SV^2 + TV^2 - ST^2) / (2 \cdot SV \cdot TV) = -0,14,$$

а сам угол  $SVT = 98^\circ$ .

Поскольку плоскость терминатора DE перпендикулярна направлению на Солнце VS, угол DVT между лучом зрения земного наблюдателя и терминатором равен  $SVT - 90^\circ = 8^\circ$ .

Фазой планеты называют отношение освещённой части диаметра планеты ко всему диаметру:  $\phi = AC/AB$ . В треугольнике CDV угол CDV = DVT =  $8^\circ$ , а сторона CV =  $DV \cdot \sin 8^\circ = (AB/2) \cdot \sin 8^\circ$ . Таким образом,

$$\phi = (AB/2 - CV) / AB = (AB/2 - (AB/2) \cdot \sin 8^\circ) / AB = (1 - \sin 8^\circ) / 2 = 0,43.$$



**111.** Место, из которого можно видеть все созвездия земного неба, существует - это экватор. При удалении наблюдателя в северное полушарие становятся невосходящими объекты, расположенные вблизи южного полюса мира, при удалении в южное полушарие - расположенные вблизи северного полюса мира. Самое северное из упомянутых созвездий - Дельфин, его центр имеет склонение примерно  $15^\circ$ , поэтому Дельфин не восходит южнее 75 параллели южной широты. Самое южное из упомянутых созвездий - Павлин, его центр имеет склонение примерно  $-65^\circ$ , поэтому Павлин не восходит севернее 25 параллели северной широты. Итак, между 25 параллелью северной широты и 75 параллелью южной широты каждое из упомянутых созвездий бывает видно над горизонтом.

Чтобы ответить на второй вопрос задачи, нужно знать прямые восхождения созвездий. Центр Часов имеет прямое восхождение  $3,5^h$ , центр Весов -  $15^h$ , центр Павлина -  $19,5^h$ , центр Дельфина -  $20,5^h$ . На экваторе все светила проводят над горизонтом и под горизонтом по половине суток, и несколько объектов могут быть видны одновременно, если их прямые восхождения лежат в интервале менее  $12^h$ . Поэтому с экватора можно увидеть одновременно или Весы, Павлина и Дельфина, или Павлина, Дельфина и Часы.

И тем не менее увидеть все четыре созвездия над горизонтом одновременно возможно. Учтём, что Дельфин - самое северное из них — по прямому восхождению расположено примерно в середине интервала. Удалимся в средние южные широты, где Павлин уже не заходит, и выберем момент, когда Дельфин кульминирует на севере. При этом Весы, опережающие Дельфина в суточном движении на пять часов, будут видны на западе, а Часы, отстающие на семь часов, - над юго-восточным горизонтом. Такую картину можно наблюдать в полночь в конце июля-начале августа (когда прямое восхождение Солнца равно  $8,5^h$ ), до полуночи в сентябре-октябре и после полуночи в июне-июле.

**110.** На первый взгляд кажется, что утверждение правильное. Действительно, вплоть до 2100 года расхождений в счёте високосных лет у старого и нового стиля не будет. Расхождение появится 14 марта 2100 года по новому стилю, которому будет соответствовать 29 февраля по старому.

Тем не менее, утверждение из учебника не совсем точно. Дело в том, что следующий, XXII век начнётся только 1 января 2101 года! (Поскольку нулевого года в нашей эре не было, счёт лет в столетии начинается с первого года и заканчивается сотым). Таким образом, в конце XXI века будет период в несколько месяцев, когда разница стилей станет равной уже не 13, а 14 суток.

**109.** Возможно ли, чтобы при наблюдении с Тритона Нептун «оставался на прежнем месте»? – Да, поскольку это синхронный спутник; период его вращения вокруг своей оси равен периоду обращения вокруг планеты, и направления вращений совпадают. Поэтому Тритон, подобно Луне, повёрнут к Нептуну одной своей стороной, и для наблюдателя, находящегося на этой стороне Тритона, Нептун висит над горизонтом в одном и том же месте.

Возможно ли, чтобы «Солнце ходило по кругу»? – Да, поскольку ось вращения Тритона сильно наклонена к эклиптике. Обращаясь вместе с Нептуном вокруг Солнца, Тритон попеременно «показывает» Солнцу то один, то другой свой полюс. Наблюдатель, расположенный в приполярной зоне, действительно может видеть незаходящее Солнце, описывающее полный круг за период вращения спутника (примерно за 6 суток).

Ошибка автора в другом. Персонаж видит Нептун низко над западным горизонтом, а Солнце – низко над восточным. Однако при таком расположении светил фаза Нептуна должна быть почти полной. Тогда как автор описывает «большой полумесяц».

**108.** Сделаем рисунок: изобразим земной шар (точнее, его сечение плоскостью московского меридиана) и обозначим О – центр Земли, М- Москва и S – южный полюс. Пренебрегая сжатием Земли, будем считать треугольник MOS равнобедренным: угол MOS в нём равен  $146^\circ$ , т.к. широта Москвы –  $56^\circ$ .

В точке М отрезок МО – это вертикаль, а MS – направление на южный полюс; угол между ними равен  $(180^\circ - 146^\circ):2 = 17^\circ$ .

Теперь вычислим расстояние. Сторона MS треугольника равна  $2 \cdot OM \cdot \cos 17^\circ = 1,913 \cdot OM$ . Приняв земной радиус OM равным среднему (6371 км), получим  $MS = 12185 \text{ км} \approx 12200 \text{ км}$ .

**107.** Поэт описывает восход полной Луны после полуночи, в предутренний час. Полная Луна расположена на небесной сфере напротив Солнца, восходит вечером и заходит одновременно с восходом Солнца. Перед рассветом восходит старая Луна в виде серпика, повернутого влево.

**106.** У газового гиганта Сатурна нет твёрдой поверхности, поэтому не может быть кратеров. На Луне вулканических кратеров нет - только ударные.

**105.** (редакция М.Г.Гаврилова) Итак, светимость Джайины больше светимости Солнца в 60 раз. По светимости можно найти абсолютную звёздную величину Джайины:

$$\lg L = 0,4 \cdot (M_0 - M)$$

$$\lg 60 = 0,4 \cdot (4,7 - M)$$

$$M = 0,25^m$$

Далее. Джайина – жёлто-оранжевая звезда. К жёлтому классу G относятся звёзды с температурами от 5000 до 6000К, к оранжевому классу K - с температурой от 3500 до 5000К. Поэтому температуру Джайины можно принять равной 5000К.

Светимость звезды пропорциональна квадрату радиуса и четвёртой степени температуры. Найдем радиус Джайины в единицах радиуса Солнца.

$$R = R_0 \cdot (T_0/T)^2 \cdot (L/L_0)^{1/2}$$

$$R = R_0 \cdot (5800/5000)^2 \cdot 60^{1/2} = 10,4 R_0.$$

Массу Джайины можно найти по третьему закону Кеплера, зная параметры орбиты планеты Парсона. Радиус этой орбиты 5 а.е, а период обращения по ней - 6 лет.

$$M = M_0 \cdot (T_3/T_p)^2 \cdot (a_p/a_3)^3$$

$$M = M_0 \cdot 125/36 = 3,47 M_0$$

По радиусу и массе Джайины можно найти её плотность в единицах плотности Солнца:

$$\rho = \rho_0 \cdot M/M_0 \cdot (R_0/R)^3$$

$$\rho = \rho_0 \cdot 3,47 \cdot (1/10,4)^3 = 0,0031 \rho_0 = 0,0031 \cdot 1,41 \text{ г/см}^3 = 0,0044 \text{ г/см}^3$$

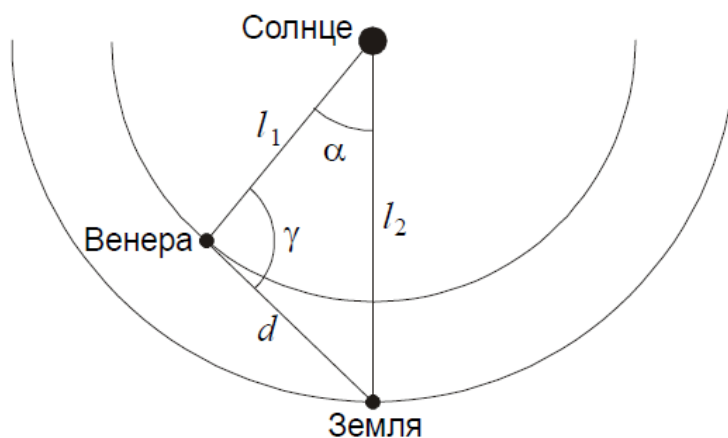
**104.** Блеск полной Луны зависит не только от её расстояния от Земли, но и от её расстояния от Солнца. Расстояние от Земли в обоих случаях одинаково (перигей), а вот расстояние от Солнца – нет. Перигелий Земля проходит в

начале января, и в середине марта она (вместе с Луной) находится ближе к Солнцу, чем в начале мая. Поэтому прошлогоднее гиперлуние было ярче.

**103.** На фоне утренней зари наблюдается серпик старой Луны, расположенной не более чем на  $30^\circ$  западнее Солнца на эклиптике. Луна находится там, где Солнце было месяц назад, в октябре - т.е. в созвездии Девы.

**102.** (редакция О.С.Угольниково) Прохождение Венеры по диску Солнца может происходить только в нижнем соединении Венеры. Прохождение Венеры по звездному скоплению Плеяды наступит 3 апреля, за 64 дня до прохождения по диску Солнца. Эта

величина составляет 64/584 часть синодического периода Венеры. Учитывая, что орбиты Венеры и Земли близки к круговым, получаем разность гелиоцентрических долгот Земли и Венеры 3 апреля:  $\alpha = 360^\circ(64/584) = 39,5^\circ$ .



На рисунке видно, что Венера в день прохождения по Плеядам будет вблизи своей наибольшей восточной элонгации. Расстояние между Венерой и Землей может быть вычислено по теореме косинусов  $d^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos \alpha$  и составляет 0,64 а.е. Похожее значение (0,69 а.е.) мы бы получили из теоремы Пифагора, предположив, что Венера находится в точности в наибольшей восточной элонгации. Здесь  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния Венеры и Земли от Солнца. Угловой диаметр Венеры составляет  $\delta = D / d = 26''$ . Здесь  $D$  – диаметр Венеры. Приближенное значение для случая наибольшей восточной элонгации равно  $24''$ .

Угол  $\gamma$  с вершиной в центре Венеры, образованный направлениями на Солнце и Землю, также вычисляется из теоремы косинусов:

$\cos \gamma = (l_1^2 + d^2 - l_2^2) / 2l_1 d$ . Подставляя численные значения, мы получаем  $94,4^\circ$ . Если бы Венера находилась в точке наибольшей восточной элонгации, этот угол был бы равен  $90^\circ$ . Величина фазы Венеры составляет  $F = (1 + \cos \gamma) / 2 = 0,46$ .

В момент наибольшей восточной элонгации фаза равна 0,5. Венера выглядит как половина диска (точнее, чуть уже), выпуклостью вправо. В день прохождения по диску Солнца фаза Венеры равна нулю, а угловой диаметр составляет  $\delta = D / (l_2 - l_1) = 60''$ . Венера в дни прохождения по Плеядам и по диску Солнца в едином масштабе будет выглядеть следующим образом:



**101.** Часы на Спасской башне Кремля показывают пять минут восьмого. Поскольку видна старая Луна, это утро. Совершенно темно в семь утра на широте Москвы бывает в декабре и начале января.

**1006.** От новолуния до следующего новолуния проходит 29,5 суток. В году укладывается 12 полных лунных (синодических) месяцев, и 11 суток остаётся в остатке. Поэтому 13 новолуний в году может быть только в том случае, если первое новолуние произошло не позже 11 января. Это выполняется только примерно в каждом третьем году.

Вторая часть загадки тоже не вполне верна. Увидеть Луну днём можно, хотя и не всегда. Нельзя видеть днём полную Луну, так как в это время она под горизонтом. Растущий и старый серпик тоже нельзя видеть днём, даже если они над горизонтом, потому что их яркость меньше яркости дневного неба. А вот Луну на второй неделе лунного месяца при ясном небе можно увидеть во второй половине дня; Луну на третьей неделе – в первой половине дня.

**996.** По расположению Большой Медведицы заключаем, что изображён западный участок горизонта. Над горизонтом видна полоса зари, следовательно, это вечер. Комета находится в созвездии Волопаса, её голова рядом со звездой Арктур. Слева вверху - созвездие Северная Корона.

Хвост кометы всегда направлен от Солнца, следовательно, направление на Солнце проходит левее (восточнее) направления на звезду Спика ( $\alpha$  Девы). Таким образом, Солнце находится на границе созвездий Девы и Весов. Картина написана в конце октября - начале ноября.

**98.** а) Угловой размер самолёта составляет примерно половину лунного диска, т.е. около  $15'$ . При длине самолёта  $L$  от 30 до 40 м (современный лайнер) получаем расстояние  $3438L/15$ , т.е. от 7 до 9 км – вполне разумный ответ.

б) Определить стороны горизонты нам поможет рельеф Луны. Лунный терминатор проходит приблизительно с севера на юг (север слева, где Море Дождей). Нос самолёта проецируется на Море Кризисов, следовательно, сверху на картинке лунный восток, смотрящий на земной запад). Направление полёта самолёта – запад-северо-запад.

в) Поскольку самолёт мы видим «снизу», Луна находится высоко над горизонтом, вблизи кульминации. Судя по положению терминатора, возраст Луны 8-9 суток, и кульминирует она в 19-20 часов местного времени.

г) Т.к. Луна кульминирует вблизи зенита, фото сделано в тропических широтах. (Действительно, фото сделано на северо-востоке Австралии).

**97.** Лунные затмения происходят в полнолуние. 21 день спустя Луна будет в фазе первой четверти. В этой фазе Луна восходит около полудня, а заходит около полуночи и бывает видна не только после захода Солнца, но и на дневном небе.

**96.** Выясним, в какую сторону горизонта могут быть направлены рога месяца. Молодой месяц бывает виден после захода Солнца и для наблюдателя из средних широт северного полушария располагается на небесной сфере левее (то есть южнее) точки захода Солнца. Старый месяц бывает виден перед восходом Солнца и располагается на небесной сфере правее (то есть тоже южнее) точки восхода Солнца. В обоих случаях рога месяца направлены от Солнца, то есть к югу. Если верить приметам, то скорой зимы после 23 октября не бывает, а ветра поздней осенью дуют исключительно южные.

**95.** Как известно, угловой диаметр Луны на земном небе составляет примерно полградуса ( $30'$ ). Высота женщины с поднятыми руками примерно 2 метра. Чтобы 2 метра были видны под углом в полградуса, необходимо удалиться на  $57 \cdot 2 \cdot 2 = 228$  метров. С учётом невысокой точности данных, корректный ответ – примерно 200 м.

**94.** Проводить наблюдения следует на экваторе, т.к. только там над горизонтом появляются все звёзды (нет невосходящих).

При наблюдении с экватора Солнце бывает под горизонтом ровно 12 часов. Однако первые звёзды появятся на небе по окончании гражданских сумерек, когда Солнце опустится под горизонт на  $7^\circ$ , а наиболее слабые звёзды, которых большинство, станут видны только по окончании астрономических сумерек, когда Солнце опустится под горизонт на  $18^\circ$ . Поскольку на экваторе суточная траектория Солнца перпендикулярна горизонту, наблюдатель не увидит звёзды, расположенные менее чем на  $18^\circ$  восточнее Солнца по прямому восхождению (они зайдут до окончания вечерних астрономических сумерек) и расположенные менее чем на  $18^\circ$  западнее Солнца по прямому восхождению (они взойдут после начала утренних астрономических сумерек). Таким образом, за одну ясную ночь наблюдатель сможет увидеть все звёзды, кроме расположенных в секторе небесной сферы шириной  $36^\circ$  по прямому восхождению. Чтобы увидеть все эти звёзды, придётся подождать, пока Солнце переместится по эклиптике на  $36^\circ$ , для чего требуется примерно 36 суток.

При решении задачи мы пренебрегли рефракцией и поглощением света вблизи горизонта.

**93.** (в редакции А.М.Романова) Как многие правильно догадались, в данном случае не идёт речь о реально существующих рогах и копытах — это атрибуты известных нам животных, живущих на Земле. Однако на звёздной карте неба присутствует множество названий животных (как подобных реальным, так и мифических), и даже имена героев, у которых, как у художественного образа, могут быть воображаемые и рога («р»), и копыта («к»). Ниже эти названия перечислены, причём при подсчёте числа «копыт» учитывалось, является ли реальный прообраз конкретного названия животным парно- или непарнокопытным (например: конь — 4 копыта; корова — 4 парных копыта, всего 8 копыт). Кроме этого, Телец и Козерог на звёздной карте изображены в виде передней половины соответствующих парнокопытных животных, им засчитано по 4 копыта.

Созвездия современные:

- Единорог (1р4к)
- Жираф (2р8к)
- Козерог (2р4к; парнокопытный, половина)
- Малый Конь (0р4к)
- Овен (2р8к)
- Пегас (0р4к)
- Стрелец/Кентавр (0р4к)
- Телец (2р4к)
- Центавр/Кентавр (0р4к)

Созвездия Древнего Египта

- Мес/Нога Быка (0р2к)
- Исида/на Рогах Коровы (2р8к)

Созвездия Древнего Китая<sup>2</sup>

- Цзюэ/Рог (1р0к)
- Тянь-сы /Четвёрка небесных лошадей (0р16к)
- Небесная конюшня и небесные кони (0р?к)
- Небесная телега, сбруя и конь (0р4к)
- У-цзюй/Пять колесниц (0р20к)
- Повозка Небесного Императора (0р12к)

Помимо названий созвездий, свой вклад в число рогов и копыт вносят названия звёзд Капелла/Коза (2р8к), Мицар/Конь (0р4к), и также астеризмы Козлята, Ослята.



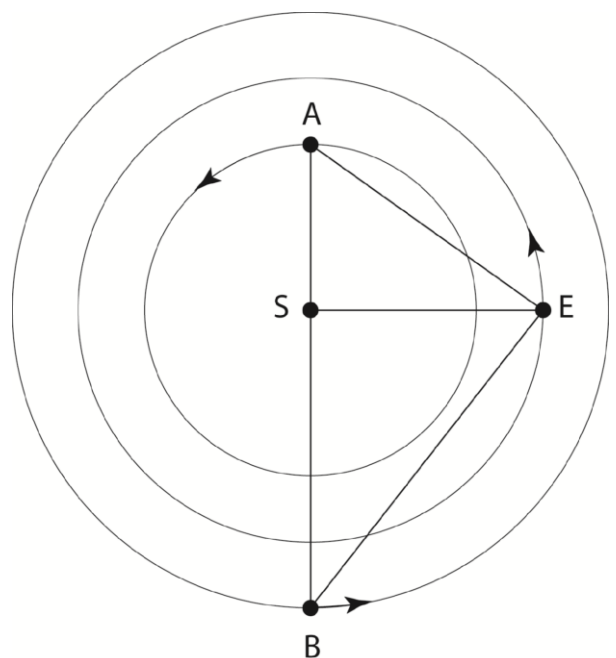
**92.** При решении задачи мы пренебрегаем рефракцией, поскольку её влияние в обоих случаях будет одинаковым.

В точке востока восходят светила, находящиеся на небесном экваторе. Следовательно, восход при наблюдении из упомянутого пункта совпал с точным моментом весеннего равноденствия. Весеннее равноденствие повторится примерно через 365,25 суток (точнее, через 365,2422 суток – этот период называют тропическим годом) и уже не совпадёт с моментом восхода для этого пункта, поскольку число суток в году нецелое. Если год простой, то 21 марта следующего года Солнце (точнее, его центр) будет ещё южнее небесного экватора и взойдёт южнее точки востока. Если год високосный, то 21 марта следующего года Солнце будет севернее небесного экватора и взойдёт севернее точки востока.

**91.** Сначала подумаем, где могло быть сделано наблюдение. Поскольку лежит снег, тропики исключаются. Поскольку тонкий месяц виден на тёмном небе, полярные широты, где эклиптика проходит вблизи горизонта, также исключаются. Наконец, южнее 30 параллели южной широты обе Медведицы не восходят, поэтому средние широты южного полушария тоже исключаются. Итак, место наблюдения - средние широты северного полушария.

Теперь подумаем, когда могло быть сделано наблюдение. Поскольку месяц тонкий, наблюдение сделано либо вечером сразу по окончании сумерек, либо утром перед рассветом. Медведиц на небе две, но в стихотворении речь идёт именно о Большой Медведице - Малая находится далеко от эклиптики, и под ней - на севере - в средних северных широтах Луна не бывает видна никогда. Эклиптика проходит через созвездия Льва и Девы, расположенные неподалёку от Большой Медведицы. Растущий месяц бывает в этих созвездиях, когда Солнце находится в созвездиях Близнецов и Рака, то есть летом. Следовательно, наблюдался старый месяц, что соответствует положению Солнца в Деве или Весах. С учётом выпавшего снега делаем вывод, что наблюдение сделано перед рассветом в ноябре.

**90.** Сделаем рисунок, в центре которого поместим Солнце S, а вокруг него – три концентрические орбиты. Пусть зонд A обращается ближе к Солнцу и обгоняет Землю, а зонд B обращается дальше и отстаёт от неё. Отметим точки A, S и B на одной



прямой. Поскольку зонды удалялись от Земли с одинаковой угловой скоростью относительно планеты, Землю следует обозначить на одинаковом угловом удалении от них, то есть отрезок SE должен быть перпендикулярен отрезку AB.

При фотографировании Солнца зонды находятся на разном расстоянии как от Солнца, так и от Земли. Разница во времени прихода сигнала от Солнца к земным астрономам определяется разностью расстояний SB+BE и SA+AE. Эти расстояния легко вычислить, если найти радиусы орбит зондов.

Из условия следует, что зонд А за год проходит по орбите  $380^\circ$ , то есть его сидерический период равен 18/19 года. Зонд В за год проходит  $340^\circ$ , его сидерический период равен 18/17 года. Применяв третий закон Кеплера  $a_{\text{а.е.}} = (T_{\text{лет}})^{2/3}$ , получим радиусы орбит зондов - соответственно 0,965 а.е. и 1,039 а.е.

Разность расстояний от Солнца до зондов составляет 0,074 а.е.

Разность расстояний от зондов до Земли найдём по теореме Пифагора:

$$BE-AE=(1+SB^2)^{1/2} - (1+SA^2)^{1/2}= 0,052 \text{ а.е.}$$

Разность путей SBE и SAE составляет, таким образом, 0,126 а.е.

Вспомнив, что 1 а.е. электромагнитные волны проходят за 500 с, найдём задержку по времени – 63 с.

**89.** Фаза затмения на фото – около 20%, однако в земную тень погружена северная приполярная область Луны (это видно по расположению деталей рельефа). Луна перемещается среди звёзд с запада на восток, то есть справа налево при данной ориентации фото. Следовательно, полностью в земную тень Луна не попадёт и затмение будет частным. За час Луна перемещается приблизительно на один собственный видимый диаметр. Очевидно, через час после того, как был сделан снимок, область земной тени Луна уже покинет и её диск будет круглым.

**88.** Подробное решение будет размещено позже, т.к. задача используется на VII Астротурнире - <http://astroturnir.ru/2012/iin12.html>.

**87.** Собственно лунные фазы показаны правильно. Но художник нанёс на освещённое Солнцем полушарие Луны условный рельеф, одинаковый во всех фазах. Это означает, что, по мнению художника, Луна постоянно повернута одной стороной к Солнцу. На самом деле Луна повернута одной стороной к Земле, и рельеф освещённого полушария вследствие вращения Луны должен изменяться.

**86.** Учитель рассказал ученикам о радиотелескопах. Для радиоволн облака прозрачны. Радиоволны от Солнца, в отличие от солнечного света, атмосфера рассеивает слабо. Поэтому радиосигналы из космоса можно принимать в любое время суток и в пасмурную погоду.

Кроме того, изучать космос в любую погоду и любое время суток позволяют орбитальные телескопы, работающие за пределами земной атмосферы.

**85.** Оба рисунка неправильные. На первом направления осевого вращения и орбитального обращения Земли показаны как противоположные. На самом деле у Земли вращение прямое: и вокруг оси, и по орбите она движется с запада на восток – против часовой стрелки, если смотреть из северной небесной полусферы. Ошибка в рисунке не позволяет правильно ответить на вопрос задания.

На втором рисунке исправили эту ошибку, но внесли другую. Если верить художнику, северный полюс нашей планеты находится где-то в Южной Америке.

**84.** Юпитер виден рядом с Луной, имеющей фазу первой четверти, следовательно, он находится на небесной сфере на  $90^\circ$  восточнее Солнца. Такая конфигурация называется восточной квадратурой.

Применим теорему Пифагора к треугольнику, в котором гипотенузой будет расстояние от Солнца до Юпитера (5,2 а.е), а катетом – расстояние от Солнца до Земли (1 а.е.). Второй катет треугольника – расстояние между Землёй и Юпитером – равен 5,1 а.е.

**83.** При противостоянии планеты направление с Земли на эту планету противоположно направлению с Земли на Солнце. На рисунке Солнце, Земля, Юпитер и Уран должны быть расположены на одном луче. Расстояние между Юпитером и Ураном равно разности расстояний от них до Солнца, т.е. 14 а.е.

**82.** В полнолуние Луна расположена напротив Солнца; если полнолуние произошло в день осеннего равноденствия, то Луна находится вблизи противоположной точки эклиптики – точки весеннего равноденствия, в созвездии Рыб. На рисунке Солнце, Земля и Луна (именно в таком порядке) лежат на одном луче, который и направлен к точке весеннего равноденствия.

**81.** Созвездиями действительно называются участки небесной сферы в пределах строго определённых границ. Всего созвездий действительно 88. Однако созвездие Змеи состоит из двух отдельных участков. Т.е. «строго определённых участков» на небе 89.

**80.** Судя по суточным траекториям Солнца, на рисунке восток справа, запад слева, а кульминирует оно в любое время года на севере. Следовательно, рисунок сделан в средних широтах южного полушария. В равноденствие Солнце находится на небесном экваторе, в солнцестояние - на расстоянии  $23^\circ$

градусов от него. Учтя масштаб рисунка, можно определить высоту Солнца над горизонтом в равноденственный полдень -  $40^\circ$ , и широту местности:  $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ . Параллель  $50^\circ$  ю.ш. пересекает сушу только в одном месте - в южной части Южной Америки, где расположены Аргентина и Чили.

**79.** Центр радуги располагается в противосолнечной точке. В центральной части европейской России радуга никогда не бывает видна в южной части неба, потому что Солнце никогда не бывает на севере. Угловой диаметр радуги -  $42^\circ$ , поэтому при высоте Солнца над горизонтом более  $42^\circ$  радуга оказывается "под горизонтом", а при высоте более  $30^\circ$  располагается низко и не привлекает внимания. Весной, летом и в начале осени в центральной части европейской России Солнце в полдень поднимается на высоту более  $30^\circ$ , а в оставшийся период года преобладают осадки в виде снега, а не дождя; поэтому радуга над северным горизонтом - редкость. Над восточным и западным горизонтом Солнце проходит на небольшой высоте в любое время года, поэтому именно там обычно и видна радуга (соответственно на западе и на востоке). Наконец, преобладание восточной стороны горизонта объясняется тем, что в летний период кратковременный дождь, после которого снова светит солнце, более вероятен во второй половине дня.

**78.** Ежегодно повторяются те астрономические явления, которые связаны только с движением Земли по орбите вокруг Солнца, то есть равноденствия, солнцестояния и максимумы метеорных потоков. Эти явления повторяются приблизительно в одни и те же даты, например, весеннее равноденствие приходится на 20 или 21 марта, поскольку в нашем календаре есть високосные годы. У метеорных потоков неточное повторение дат максимумов связано также и с дрейфом их радиантов. Остальные упомянутые явления либо имеют периодичность, отличную от земного года (полнолуния, затмения Солнца, затмения Луны, противостояния планет, максимумы блеска переменных звёзд), либо вообще неперiodичны (появление ярких комет, вспышки сверхновых).

**77.** Луна должна быть почти втрое меньше диаметра земной тени на расстоянии лунной орбиты. Ночная сторона нашего спутника, разумеется, должна быть тёмной.

**76.** Итак, "половинка Луны" видна на фоне Млечного Пути. Перемещаясь вблизи эклиптики, Луна пересекает Млечный Путь дважды в месяц: на границе Тельца и Близнецов и на границе Скорпиона и Стрельца, то есть вблизи точек солнцестояний. "Половинка Луны" может быть как растущей, так и стареющей и располагаться как на  $90^\circ$  западнее Солнца, так и на  $90^\circ$  восточнее. В обоих случаях получается, что Солнце находится на эклиптике вблизи точек равноденствий. Итак, наблюдение сделано в марте или в сентябре.

**75.** Поскольку противостояние Сатурна почти совпадает по времени с весенним равноденствием, сама планета находится в 2010 году вблизи точки осеннего равноденствия, то есть почти точно на небесном экваторе ( $\delta=0^\circ$ ). Поэтому через зенит она проходит для наблюдателя, находящегося на экваторе Земли.

22 марта Сатурн будет располагаться на небесной сфере напротив Солнца, поэтому в местную полночь он будет в верхней кульминации. Применим формулу для расчёта высоты светила в кульминации:  $h = (90^\circ - \phi) + \delta$ ,  $h = 34^\circ 15'$ .

**74.** Спроецироваться для земного наблюдателя на диск Солнца внутренняя планета может только тогда, когда в момент нижнего соединения она находится вблизи плоскости эклиптики, то есть вблизи узлов своей орбиты. Узлы орбиты Меркурия ориентированы в пространстве так, что на одной линии с ними Земля оказывается в мае и ноябре.

Орбита Меркурия существенно эллиптическая. В ноябре, вблизи перигелия своей орбиты, планета находится ближе к Солнцу (и дальше от Земли), и потому проецируется на диск Солнца чаще, чем в мае, вблизи афелия.

**73.** Освещённость лунной поверхности обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца до Луны. В фазе первой четверти Луна находится на расстоянии примерно 1 а.е. от Солнца, в фазе полнолуния – в среднем на 384400 км дальше.

$$E_1/E_2 = (1 + 384400/149600000)^2 = 1,005. \text{ Ответ: } 0,5\%.$$

**72.** Видимый угловой диаметр Марса обратно пропорционален расстоянию между Землёй и планетой. В афелии Марс расположен на расстоянии  $a_M(1+e)$  от Солнца, в перигелии – на расстоянии  $a_M(1-e)$ . Расстояние между Землёй и Марсом в афелийном и перигелийном противостоянии относятся как  $(a_M(1+e)-1)/(a_M(1-e)-1)$ .

С другой стороны, это отношение равно 25/13. Запишем уравнение и решим его относительно  $e$ :  $(a_M(1+e)-1)/(a_M(1-e)-1)=25/13$ ,  $e=0,1$ .

**71.** Итак, в местную полночь видны созвездия Ориона, Большой Медведицы и Южного Креста, а также звёзды Сириус и Арктур.

Определим широту места наблюдения. Большая Медведица не восходит южнее 30 параллели южной широты, Южный Крест не восходит севернее 30 параллели северной широты. Оба созвездия видны хорошо - следовательно, наблюдение сделано в тропиках. (*Кстати, Рубен Дарио жил в Никарагуа*). Центры Южного Креста и Большой Медведицы имеют одинаковое прямое восхождение (примерно  $12^h$ ), поэтому кульминируют созвездия одновременно и могут быть одновременно видны.

Теперь оценим дату наблюдения. Прямое восхождение Ориона от 5 до 6<sup>h</sup>, Сириуса примерно 7<sup>h</sup>, Арктура – примерно 14<sup>h</sup>. Орион опережает Арктур в суточном движении на 9 часов, поэтому возможно только одно расположение упомянутых созвездий и звёзд: Орион и Сириус на западе, Арктур на востоке, Медведица на севере, Южный Крест на юге, все не очень высоко над горизонтом. Поскольку описана местная полночь, Солнце проходит нижнюю кульминацию, и его прямое восхождение больше, чем у Арктура, как минимум, на 6<sup>h</sup>, и меньше, чем у Ориона – тоже, как минимум, на 6<sup>h</sup>. То есть прямое восхождение Солнца может быть от 20<sup>h</sup> до 23<sup>h</sup> часов, что соответствует периоду с конца января до первых чисел марта.

*Примечание. На самом деле день святого Сильвестра католики отмечают 31 декабря, и, описывая полуночное небо, поэт воспекает наступающий новый год. Однако точный расчёт показывает, что в новогоднюю ночь Арктур появляется над горизонтом в Манагуа только во втором часу по местному времени.*

**70.** Нам нужно вычислить период  $S$  повторения взаимных конфигураций Урана и Сатурна. Для этого используем синодическое уравнение:

$$1/S = 1/T_C - 1/T_U$$

Периоды обращения Сатурна  $T_C$  и Урана  $T_U$  находим в таблице: 29,458 и 84,015 года соответственно.

$$S = T_C T_U / (T_U - T_C) = 29,458 \times 84,015 / (84,015 - 29,458) = 45,364 \text{ (года)}$$

**69.** На широте Москвы не увидеть Луну в течение трёх дней при ясной погоде можно только в одном случае: если это день новолуния, день до него и день после него. Следовательно, новолуние было накануне диалога на форуме.

А вот не увидеть Луну более трёх дней подряд при ясной погоде можно, только если она в данный период лунного месяца в данной местности вообще не восходит. Второй наблюдатель в последний раз видел Луну за шесть дней до новолуния, вскоре после фазы последней четверти. Луна стала невосходящей, приближаясь на эклиптике к Солнцу. Дело происходит, таким образом, во время полярной ночи в высоких широтах. Причём наверняка в северном полушарии, поскольку в южном - в Антарктиде – зимой наблюдателей просто не бывает, да и с Интернетом там проблемы.

Уточним место и время наблюдения. Учтём, что сейчас заканчивается период высокой Луны: в 2008 году восходящий узел лунной орбиты был рядом с точкой весеннего равноденствия, нисходящий – рядом с точкой осеннего равноденствия. Поэтому в зимние новолуния склонение Луны на несколько градусов меньше, чем у Солнца, и зона, в которой Луна в принципе может не восходить, начинается южнее полярного круга, на широте примерно 62°.

Несколькими градусами севернее Луна уже может не восходить по несколько дней. Что касается времени, то естественно предположить, что точку зимнего солнцестояния Луна миновала в середине периода невосходимости, за три дня до новолуния, следовательно, Солнце находится примерно на  $3 \times 13^\circ = 39^\circ$  градусов восточнее этой точки и наблюдение сделано в конце января.

Прямое моделирование при помощи электронного планетария RedShift показало, что в 2008 году вблизи январского новолуния в Норильске (широта  $69^\circ$ ) Луна действительно не восходит в течение семи суток.

**68.** Кошачьи: Лев, Малый Лев, Рысь. Собачьи: Большой Пёс, Малый Пёс, Гончие Псы, Волк, Лисичка.

**67.** Художник имел в виду восход. В северном полушарии зимой Солнце восходит и заходит ближе к точке юга на горизонте. На зимнем рисунке Солнце восходит правее, то есть юг на рисунке справа, следовательно, прямо от читателя – восток и Солнце восходит, а не заходит.

**66.** На дужку буквы Р похожа Растущая Луна (с чем и связано мнемоническое правило). Растущая Луна бывает видна на западе по вечерам, заходит вслед за Солнцем и по утрам наблюдаться не может. По утрам серп Луны бывает виден в конце лунного месяца, и тогда он выглядит как буква С.

А если наблюдатель действительно видит утром Луну в виде дужки буквы Р - значит, находится он в южном полушарии Земли. И смотрит на ту же букву С, располагаясь "вверх ногами" по отношению к нам, жителям средних широт северного полушария.

**65.** Туманность Андромеды – это ближайшая к нам крупная галактика; тёмной ночью она видна невооружённым глазом как туманное пятнышко в созвездии Андромеды.

Тунгусский метеорит упал в сибирской тайге 30 июня 1908 года. Его обломки так и не были найдены, поэтому учёные считают, что это был не метеорит, а ледяное ядро кометы.

**64.** Очевидный ответ - Луна, которая в конце лунного месяца выглядит как «старая», а после новолуния – как «новая». Но это правильно также для Солнца и звёзд типа Солнца – в конце своей эволюции они вспыхивают как новые звёзды.

**63.** (В редакции питерских коллег) Так как в стихотворении упоминается степь, то широта места путешествия не должна существенно отличаться от широты Москвы. Поэтому местное время восхода Солнца в этом месте и в Москве должно быть примерно одинаковым.

В солнечных сутках 24 часа, в окружности  $360^\circ$ , поэтому разница моментов восхода в один час на одной и той же широте соответствует разнице долгот на  $360^\circ/24 = 15^\circ$ . По условию, долгота места путешествия отличается от долготы Москвы на 3 часа, а от долготы Петербурга - на 3,5 часа. Переводя это отличие в градусы, получаем  $3,5 \cdot 15^\circ = 50^\circ$  (примерно). Так как долгота Петербурга равна  $30^\circ$  восточной долготы, получаем, что долгота места путешествия примерно равна  $80^\circ$  восточной долготы. Если воспользоваться географической картой, то можно найти место путешествия и более точно - по-видимому, это юг Алтайского края или восточный Казахстан.

**62.** Длина геометрической тени от предмета равна длине самого предмета при высоте Солнца над горизонтом  $45^\circ$ . Увидеть тень короче самого предмета можно в те дни, когда высота Солнца в полдень на данной широте больше  $45^\circ$ . Таким образом, тень от вертикально расположенного предмета не бывает короче самого предмета там, где Солнце не поднимается выше  $45^\circ$ . Склонение Солнца в течение года изменяется в пределах  $\pm 23^\circ 26'$ . Используя формулу для высоты светила в верхней кульминации  $h_{\text{вк}} = 90^\circ - \phi + \delta$ , получим, что полуденная высота Солнца никогда не бывает больше  $45^\circ$  в местностях, расположенных севернее  $68^\circ 26'$  северной широты и южнее  $68^\circ 26'$  южной широты.

Вот в этих приполярных областях тень от вертикально расположенного предмета на горизонтальной поверхности никогда (в течение всего года) не бывает короче самого предмета.

**61.** В день летнего солнцестояния на абсолютно ясном небе в местный полдень не видно нашей главной звезды – Солнца, следовательно, наблюдатель находится за южным полярным кругом.

Уточним широту наблюдателя. Склонение центра Солнца 22 июня равно  $+23^\circ 26'$ , угловой радиус его диска –  $16'$ . Рефракция у горизонта составляет не менее  $35'$ . Следовательно, наблюдатель находится южнее параллели  $\phi = 90 - 23^\circ 26' + 16' + 35' = 67^\circ 25'$  южной широты. (Заметим, однако, что зимой в полярных широтах рефракция бывает значительно больше  $35'$ ).

С другой стороны, звёзд тоже не видно, даже самых ярких. Это значит, что глубина погружения центра Солнца под горизонт не превышает  $7^\circ$ . Следовательно, широта наблюдателя не более  $\phi = 90 - 23^\circ 26' + 7^\circ = 73^\circ 34'$ . Эта оценка тоже приблизительная, поскольку видимость звёзд сильно зависит от прозрачности атмосферы.

Итак, наблюдатель находится в Антарктиде, между параллелями  $67,5$  и  $73-74^\circ$  южной широты.



**60. Те же заря и звезда.** Вечером видны светила, прямое восхождение у которых больше, чем у Солнца, утром – у которых меньше. Если бы Венера перемещалась точно по эклиптике, одновременная вечерняя и утренняя видимость была бы невозможна. Однако орбита планеты наклонена к плоскости земной орбиты, в результате чего для земного наблюдателя Венера может удаляться от эклиптики почти на  $9^\circ$ . Располагаясь севернее Солнца, планета даже при одинаковом с ним прямом восхождении в северном полушарии будет заходить позже Солнца и восходить раньше него. На широте Пушино разница во времени восхода или захода светил может достигать почти часа, и часть этого времени ярчайшая планета будет видна.

Именно такое редкое явление – двойную видимость Венеры - мы сможем наблюдать вблизи нижнего соединения 27 марта 2009 года.

**59. Полдень.** Московское время опережает всемирное на 3 часа зимой и на 4 часа летом. Следовательно, местное астрономическое время совпадает с московским на меридиане  $45^\circ$  восточной долготы зимой и на меридиане  $60^\circ$  – летом, и опережает его восточнее этих меридианов.

Поскольку Нижегородская область лежит приблизительно (определяем по карте с точностью до четверти градуса) между  $41^\circ 45'$  и  $47^\circ 45'$  восточной долготы, то в период, когда действует летнее время, нигде на её территории местный полдень не наступает раньше 12:00 по московскому времени. А вот в период, когда действует зимнее время, на значительной территории – восточнее  $45$  меридиана (это примерно треть площади области к востоку от линии Варнавино–Макарьево–Починки) – полдень по местному времени наступает раньше, чем часы жителей покажут 12:00.

**59а. Полдень.** (С уточнениями М.Г.Гаврилова) Сегодня (16 февраля) действует зимнее время, поэтому показания часов жителей опережают всемирное время на 3 часа. Местное среднесолнечное время совпадает с московским на меридиане  $45^\circ$  восточной долготы, проходящим по территории Нижегородской области приблизительно через пункты Варнавино–Макарьево–Починки. В период, когда действует зимнее время, местный (среднесолнечный) полдень на этом меридиане наступает ровно в 12:00 по московскому времени.

Однако в условиях задачи речь идёт о верхней кульминации истинного Солнца, которая, как правило, не совпадает с местным полднем. Разница между истинным солнечным и среднесолнечным временем описывается уравнением времени:

$$T_{\text{И}} = T_{\text{С}} + \eta ,$$

где  $T_{\text{И}}$  – истинное солнечное время,  $T_{\text{С}}$  – среднесолнечное время,  $\eta$  – параметр уравнения времени, который далее называется просто «уравнением времени»,

как это принято у астрономов. По кривой уравнения времени определим, что 16 февраля значение  $\eta$  близко к максимуму и составляет примерно +14 минут. (Наибольшее значение +14,3 минуты было 11 февраля.) Это означает, что истинное Солнце сегодня пересечёт небесный меридиан на 14 минут позже местного полудня и в 12:00 по московскому времени это произойдёт на меридиане, лежащем на  $14/60 \times 15^\circ = 3,5^\circ$  восточнее меридиана  $45^\circ$ , то есть на меридиане  $48^\circ 30'$  восточной долготы.

Обратившись к карте, убедимся, что самая восточная точка Нижегородской области имеет (с точностью до четверти градуса) долготу  $47^\circ 45'$ . Следовательно, на территории области пунктов, в которых сегодня в 12:00 по московскому времени Солнце будет точно на юге, нет.

Для ответа на второй вопрос задачи нам нужно учесть уравнение времени в тот период года, когда действует зимнее время. (Период, когда действует летнее время, мы исключаем из рассмотрения сразу, потому что тогда местное время будет совпадать с московским на долготе  $60^\circ$ , это далеко за пределами Нижегородской области, и никакие поправки уравнения времени нас «не спасут».) Зимнее время действует с конца октября до конца марта, и внутри этого интервала уравнение времени принимает как положительные, так и отрицательные значения.

По карте определяем, что Нижегородская область находится приблизительно (с точностью до четверти градуса) между  $41^\circ 45'$  и  $47^\circ 45'$  восточной долготы. Поэтому истинный полдень будет совпадать с 12:00 московского времени в одном из пунктов на территории области при значениях уравнения времени  $\eta$  от -13 до +11 минут ( $-3^\circ 15'$  и  $+2^\circ 45'$  в градусной мере соответственно). В период действия зимнего времени такие значения  $\eta$  принимает (примерно) с 25 ноября по 20 января и после 8 марта.

**58. Четыре затмения.** (С уточнениями М.Г.Гаврилова) С северного полюса Земли видна только северная небесная полусфера. Солнечные затмения видны с северного полюса, если Солнце находится над горизонтом, то есть в период полярного дня. Это период от весеннего равноденствия до осеннего (на самом деле за счёт рефракции он примерно на две недели дольше, но на ответ в нашей задаче это не влияет). Таким образом, солнечное затмение 7 февраля с северного полюса видно не будет (оно наблюдалось в Антарктиде). Будет ли видно затмение 1 августа, только из этих соображений мы определить не можем, нужны более точные данные о нём. С уверенностью можно сказать лишь то, что в то время, когда это затмение будет видно где-либо на Земле, само Солнце будет видно с Северного полюса. Некоторые участники могут написать, что затмение 1 августа будет видно с Северного полюса, – в принципе, это верно, но для такого утверждения надо помнить данные из астрономического календаря.

Лунные затмения происходят, если в фазе полнолуния Луна оказывается на эклиптике и попадает внутрь земной тени. Во время затмения Луна находится точно напротив Солнца и располагается над горизонтом тогда, когда Солнце, наоборот, под горизонтом – то есть в период полярной ночи. (Как и в случае с солнечными затмениями, рефракция оказывает влияние на видимость затмения только вблизи равноденствий.) Следовательно, лунное затмение 21 февраля с северного полюса будет видно, а 16 августа – не будет.

Ответ: можно будет наблюдать лунное затмение 21 февраля и солнечное затмение 1 августа.

**57. Мощность фонарей.** (С уточнениями М.Г.Гаврилова) Для оценки мощности фонарей сравним их с каким-нибудь источником света, характеристики которого известны, – например, с Солнцем, данные о котором есть в сопроводительных таблицах. Видимая звёздная величина Солнца  $-26,8^m$ , следовательно, освещённости от Солнца и от фонаря относятся как

$$E_c/E_\phi = (2,512)^{m_\phi - m_c} = 2,512^{6 - (-26,8)} = 2,512^{32,8} = 1,3 \cdot 10^{13}.$$

Теперь учтём, что освещённость от источника прямо пропорциональна его мощности и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него:

$$E_c/E_\phi = (L_c/r_c^2) / (L_\phi/r_\phi^2) = (L_c/L_\phi) \times (r_\phi/r_c)^2,$$

$$L_\phi = L_c \times (E_\phi/E_c) \times (r_\phi/r_c)^2.$$

По фразе «где берега уже едва видны» можно предположить, что расстояние от баржи до пристани есть расстояние до горизонта, видимого с баржи, то есть примерно 5 км. Учтя расстояние до Солнца, получаем

$$L_\phi = 3,86 \cdot 10^{26} \text{ Вт} / 1,3 \cdot 10^{13} \times (5 \text{ км} / 1,5 \cdot 10^8 \text{ км})^2 = 0,03 \text{ Вт}.$$

Очевидно, что поэт ошибся, оценивая звёздную величину огней у пристани.

**56. Солнце и Луна.** Для Солнца это утверждение верно более-менее, для Луны неверно вообще.

Восходят точно на востоке и заходят точно на западе светила, расположенные на небесном экваторе. Перемещаясь по эклиптике, Солнце пересекает небесный экватор дважды в год. Строго говоря, равноденствие – это момент пересечения небесного экватора центром солнечного диска, и этот момент совпадает с восходом Солнца только для одного из земных меридианов (а с заходом – для другого). Весеннее равноденствие приходится на 20 или 21 марта, осеннее – на 22 или 23 сентября, различие связано с добавлением в високосные годы лишних календарных суток. Например, в текущем

(високосном) 2008 году весеннее равноденствие произойдёт 20 марта в 5 часов 50 минут по всемирному времени.

Луна же пересекает небесный экватор дважды за каждый свой оборот по орбите, то есть примерно два раза в месяц. И каждое пересечение Луной экватора будет совпадать с моментом её восхода (или захода) в каких-то пунктах Земли. С другой стороны, в моменты равноденствий Луна может находиться в любой точке своей орбиты, в том числе весьма далеко от небесного экватора. Восходить примерно на востоке и заходить примерно на западе 21 марта и 23 сентября Луна будет только в фазе полнолуния (и новолуния).

Кроме того, и Солнце, и Луна перемещаются по небесной сфере: Солнце смещается на один свой поперечник примерно за половину суток, а Луна – за час. Поэтому если Солнце (и, тем более, Луна) взошло точно на востоке, зайти точно на западе оно никак не может.

**55. Очаровательный месяц.** В созвездии Тельца Солнце бывает в июне. Во второй половине мая Телец не бывает виден на фоне вечерней зари, а вот в конце апреля и начале мая его (и тем более расположенную в нём планету) можно видеть по вечерам в западной части неба. Козерог и Водолей в апреле появляются над горизонтом перед рассветом, а в мае – около 2-3 часов ночи. Итак, описано начало мая.

Вычислить год, в котором происходит действие повести, можно, если знать (помнить или найти данные в астрономическом календаре) расположение планет.

Юпитер обращается вокруг Солнца за 12 лет и в каждом зодиакальном созвездии проводит примерно год. В 2008 году он находится в Стрельце, в Козероге будет в 2009 году. Нам подойдут 1997, 1985, 1973, 1961 и более ранние годы.

Сатурн обращается вокруг Солнца примерно за 29,5 лет и в каждом зодиакальном созвездии проводит в среднем по два с половиной года. В этом и в прошлом году Сатурн был во Льве, маленького Рака пересёк в 2006, Близнецов в 2004-2005 и последний раз наблюдался в Тельце в 2002-2003 годах. Нам подойдут также 1972-1974, 1943-1944 и более ранние годы. Таким образом, последний раз Юпитер и Сатурн располагались так, как описал автор повести, в 1973 году.

*Примечание.* Ввиду быстрого перемещения Марса определить его положение на небесной сфере в 1973 году только путём логических рассуждений (без точных расчётов) невозможно. Однако моделирование с помощью электронного планетария RedShift4 показало, что в мае 1973 года Марс (как и Юпитер с Сатурном) действительно располагались среди звёзд именно так, как описано в повести.

**54. Перемещение Венеры.** (В редакции М.Г.Гаврилова) Очевидно, работа будет равна разности полных энергий Венеры на старой и новой орбитах:

$$A = E_2 - E_1 .$$

Полная энергия тела массой  $m$ , обращающегося по круговой орбите радиуса  $R$  вокруг тела массой  $M$ , может быть найдена как сумма кинетической и потенциальной энергий тела:

$$E = mv^2/2 - GMm/R .$$

Приняв во внимание, что скорость тела на круговой орбите равна  $(GM/R)^{1/2}$ , получим окончательно

$$E = - GMm/2R .$$

Вычтем из энергии Венеры на новой орбите её энергию на прежней орбите и получим искомую работу

$$A = E_2 - E_1 = - GMm/2 \times (1/R_2 - 1/R_1) .$$

Взяв величины  $M$ ,  $m$ ,  $R_2$  и  $R_1$  из таблицы справочных данных, получаем численно

$$A = - 6,67 \cdot 10^{-11} \times 1,99 \cdot 10^{30} \times 4,87 \cdot 10^{24} / 2 \times (1/1,496 \cdot 10^{11} - 1/1,082 \cdot 10^{11}) = 8,26 \cdot 10^{32} \text{ Дж} .$$

Теперь надо сравнить это большое число с энерговыделением Солнца. Мощность Солнца составляет  $L = 3,86 \cdot 10^{26}$  Вт (также см. таблицу справочных данных); значит, 0,1 % от этой величины, который пойдёт на изменение орбиты Венеры, составляет  $3,86 \cdot 10^{23}$  Вт. Энергия в  $8,26 \cdot 10^{32}$  Дж при такой мощности накопится за  $8,26 \cdot 10^{32} / 3,86 \cdot 10^{23} = 2,14 \cdot 10^9$  с, то есть примерно за 68 лет. Не так уж и долго будет реализовываться проект.

**53.** Описано частное солнечное затмение (или частная фаза полного солнечного затмения). Ответ считается полным, если участник не только правильно нарисовал схему солнечного затмения, но и упомянул предстоящее затмение 1 августа 2008 года, полоса полной фазы которого пройдёт по территории России.

**52.** В июне Солнце находится вблизи точки летнего солнцестояния, молодая Луна немного опережает его по эклиптике, оставаясь севернее небесного экватора, а полная Луна находится вблизи точки зимнего солнцестояния значительно южнее небесного экватора. Поэтому суточная

траектория молодой Луны в июне пролегает существенно выше суточной траектории полной Луны. Молодая Луна в июне восходит севернее точки востока, заходит севернее точки запада. Полная Луна в июне восходит южнее точки востока и заходит южнее точки запада.

**51.** Плеяды расположены в созвездии Тельца примерно на 5 градусов севернее эклиптики. Их покрытие Луной возможно потому, что орбита Луны не расположена точно в плоскости эклиптики, а наклонена к ней - примерно на 5 градусов. Раз наблюдается серия покрытий, значит, в этом году Луна максимально удаляется от эклиптики именно в созвездии Тельца (и Змееносца), а узлы лунной орбиты отстоят от Тельца на эклиптике на 90 градусов. Солнце в своём годичном движении по эклиптике проходит мимо Плеяд в мае, а узлы лунной орбиты пересекает примерно на три месяца раньше и позже. Следовательно, затмения – как Солнца, так и Луны – в этом году возможны в феврале и августе. Именно так и произойдёт в начавшемся 2008 году.

**50.** При наблюдении с экватора Солнце бывает под горизонтом ровно 12 часов. Однако первые звёзды появятся на небе по окончании гражданских сумерек, когда Солнце опустится под горизонт на  $7^\circ$ , а наиболее слабые звёзды, которых большинство, станут видны только по окончании астрономических сумерек, когда Солнце опустится под горизонт на  $18^\circ$ . Поскольку на экваторе суточная траектория Солнца перпендикулярна горизонту, наблюдатель не увидит звёзды, расположенные менее чем на  $18^\circ$  восточнее Солнца по прямому восхождению (они зайдут до окончания вечерних астрономических сумерек) и расположенные менее чем на  $18^\circ$  западнее Солнца по прямому восхождению (они взойдут после начала утренних астрономических сумерек). Всего наблюдателю не будут доступны звёзды, расположенные в секторе небесной сферы шириной  $36^\circ$  по прямому восхождению – то есть на одной десятой площади всей сферы. Считая, что звёзды расположены приблизительно равномерно по всей сфере (для слабых звёзд это так и есть), получим, что насчитать удастся около 5400 звёзд.

При решении задачи мы пренебрегли рефракцией и поглощением света вблизи горизонта.

**49. Флаг Аляски.** (В редакции М.Г.Гаврилова) По карте видно, что Анкоридж находится примерно на широте  $61^\circ$ . Горизонт следует провести таким образом, чтобы высота Полярной звезды составила  $61^\circ$ . В качестве масштабного отрезка можно использовать расстояние между звёздами Дубхе и Мерак –  $5,5^\circ$ . Соответственно, вниз от Полярной звезды нужно отложить 11 таких расстояний.

Такую конфигурацию на звёздном небе Аляски сегодня увидеть не удастся. Данное положение ковша реализуется в явно дневное время: примерно в 11 часов местного времени.

**48. Медведь-наблюдатель.** При решении задачи будем считать, что чувствительность глаз Медведя такая же, как и у человеческих глаз. А человеческий глаз, как известно, различает на фоне сумеречного неба звёзды второй величины, если глубина погружения Солнца под горизонт составляет не менее 7 градусов. Поскольку при наблюдении с полюсов небесный экватор совпадает с горизонтом, высота светил равна их склонению (с учётом знака). Остаётся вычислить, сколько дней в году склонение Солнца составляет менее  $-7^\circ$ . Для этого из числа дней от осеннего до весеннего равноденствий (179) вычтем число дней, в течение которых склонение Солнца уменьшается от 0 до  $-7^\circ$ .

Эклиптика наклонена к экватору на угол  $\varepsilon = 23,5^\circ$ . Заменяв дуги эклиптики и экватора вблизи точек равноденствий отрезками прямых, найдём длину дуги эклиптики  $L$  от точки равноденствия до точки со склонением  $-7^\circ$ :  $L \sin \varepsilon = 7^\circ$ ;  $L = 17,6^\circ$ . Перемещаясь по эклиптике примерно на  $1^\circ$  (точнее, в среднем, на  $0,986^\circ$  в сутки) Солнце пройдёт такую дугу за 17,8 суток. Поскольку таких дуг две, из общего числа дней, которые Солнце проводит в южной полусфере, нужно вычесть примерно 36 дней. Таким образом, получаем, что гипотетический наблюдатель, проживающий на Северном полюсе, в случае постоянной ясной погоды мог бы наблюдать Полярную звезду 143 суток.

Заметим, что рефракцию в данной задаче учитывать не нужно.

**47.** 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.

Заметим, что в 1900 году в России использовался юлианский календарь, и в феврале было 29 дней. Поэтому автору задачи и потребовался американский прадедушка.

**46. Необычное затмение.** (С уточнениями М.Г.Гаврилова) Единственная доступная информация из данных условия – разность показаний часов, которая составляет 4 часа 24 минуты. Что из этого можно узнать? Подсказка – в названии задачи. Почему-то затмение названо «необычным». Да,

действительно. Ведь даже при центральном лунном затмении теньевая фаза – от первого контакта диска Луны с тенью Земли до последнего – продолжается чуть больше трёх с половиной часов. Ситуация проясняется, если вспомнить, что московское время не течёт непрерывно. Дважды в год – при переходе на летнее время и при окончании его действия – стрелки часов, идущих по московскому времени, переводят соответственно на час вперёд или назад. Происходит это в 3 часа ночи. Всё становится на свои места, если предположить, что реально теньевая фаза затмения продолжалась 3 часа 24 минуты, но во время затмения был произведён переход на летнее время.

Переход на летнее время производится 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 рассматриваемом случае – в созвездии Девы.

**45. Вега как часы.** (С уточнениями М.Г.Гаврилова) Присмотримся повнимательнее к координатам Веги. Её склонение  $\delta = +38^\circ 47'$ ; при наблюдении из Белгорода высота Веги в нижней кульминации (с учётом рефракции у горизонта, равной  $35'$ ) составит  $h = \phi - 90^\circ + \delta + 35' = 50^\circ 36' - 90^\circ + 38^\circ 47' + 35' = -2'$ . Севернее Белгорода звезда становится незаходящей и может использоваться как ориентир в любое время года.

Прямое восхождение Веги  $\alpha = 18^{\text{h}} 37^{\text{m}}$ . 22 декабря Солнце в своём годичном движении по эклиптике имеет прямое восхождение  $18^{\text{h}}$ , прямое восхождение Солнца увеличивается на 1 час примерно за 15 суток, на  $37^{\text{m}}$  оно переместится за  $(37^\circ/60^\circ) \times 15 = 9$  суток. Получается, что прямое восхождение  $18^{\text{h}} 37^{\text{m}}$  Солнце имеет приблизительно 1 января. То есть, именно 1 января прямое восхождение Солнца равно прямому восхождению Веги. Таким образом, 1 января Вега проходит нижнюю кульминацию в местную полночь!

Отсюда следует простой метод, аналогичный известному методу определения местного времени по Большой Медведице. Представим Вегу на конце стрелки часов, центр циферблата которых – в Полярной звезде. Циферблат разграфлён на 24 часа, ход стрелки – обратный, «ноль» у часов – снизу. Вблизи 1 января эти часы будут показывать местное время, в остальные даты к показаниям часов следует делать поправку по принципу «месяц вперед – два часа назад». Например, сегодня, 18 февраля, прошло 48 суток с 1 января, поэтому «назад» составляет приблизительно 3 часа 10 минут: нижняя кульминация Веги происходит в  $20^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  местного меридианального времени (для долготы Белгорода это около  $21^{\text{h}} 25^{\text{m}}$  московского зимнего времени).

Примечание. Конечно, пользоваться такими часами удобно только зимой, когда Вега располагается невысоко над горизонтом и считывать их показания



нетрудно. Но, с другой стороны, зимой необходимость определять время по звёздам возникает чаще, ведь зимние ночи длиннее!

**44.** Степан Щипачёв рассказывает о запуске первого искусственного спутника Земли, осуществлённом нашей страной 4 октября 1957 года. 50-летие этого знаменательного события мы будем отмечать в начавшемся 2007 году.

Первый спутник представлял собой сферу диаметром 58 см и массой 83,6 кг и имел период обращения 96 мин. Подобно Луне, он обращался вокруг Земли, подчиняясь закону всемирного тяготения.

**43.** В марте Солнце находится вблизи небесного экватора и пересекает его в момент весеннего равноденствия. Луна перемещается вблизи эклиптики и в начале лунного месяца опережает Солнце 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 Луну как бы снизу, и лунный серпик сильно наклонён к горизонту.

**42.** «Рогатой» Луна бывает в начале и в конце лунного месяца. Молодая Луна видна по вечерам и заходит вслед за солнцем. Старая Луна восходит перед рассветом и видна утром. Чтобы светить всю ночь, Луна должна располагаться на небесной сфере напротив Солнца и быть полной, а не «рогатой».

**41.** Из закона всемирного тяготения выразим ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты:  $g = \gamma M/R^2 = 4\pi\gamma\rho R/3$ . Отсюда средняя плотность планеты  $\rho = 3g/4\pi\gamma R = 10317 \text{ кг/м}^3$  - значительно больше плотности железа. Первая космическая скорость  $v_1 = (gR)^{1/2} = 5,77 \text{ км/с}$ . Вторая космическая скорость в корень из 2 раз больше первой:  $v_2 = 8,14 \text{ км/с}$ . Период обращения спутника на низкой орбите  $T = 2\pi R/v_1 = 3700 \text{ с}$  - чуть больше часа.

**40.** Через зенит проходят те светила, склонение которых равно широте места наблюдения. Для наблюдателя, находящегося на экваторе Земли, это светила, склонение которых равно нулю. Склонение Солнца бывает равным нулю дважды в году – при пересечении небесного экватора в моменты равноденствий. В остальные дни года Солнце через зенит не проходит.

Насчёт «такого же полного Солнца» поэт тоже неправ. Из-за эллиптичности земной орбиты расстояние до Солнца в течение года изменяется от 147 до 152 млн.км. Видимый диаметр Солнца поэтому изменяется в пределах 3%, а количество солнечной энергии, которую получает наша планета – на 7%.

**39.** Млечный Путь виден только по окончании астрономических сумерек, при погружении Солнца под горизонт не менее чем на  $18^\circ$ . В средних широтах астрономические сумерки длятся, как минимум, два часа после захода Солнца.

Луна, конечно, не только не «освещает» звёзды Млечного Пути, но и затрудняет его наблюдение. При фазах Луны, близких к полнолунию, он вообще не виден.

**38.** (ННЦ-2006) Известно, что перигелий своей орбиты Земля проходит в начале января, а афелий - в начале июля. В начале января полярная ночь бывает в северном полярном поясе, в начале июля - в южном. Следовательно, на рисунке сверху показан южный полюс Земли, а не северный, как обычно. Поэтому территорию России следует обозначить в нижней части земного шара.

**37.** Луна имеет вид половинки в первой и последней четвертях. Однако Луна в фазе последней четверти восходит гораздо позже, в полночь. Следовательно, описана первая четверть, когда Луна опережает Солнце по эклиптике на  $90$  градусов. Солнце только что зашло на западе, значит, Луна видна примерно на юге.

**36.** Пять - две в созвездии Рыб, Южная Рыба, Золотая Рыба, Летучая Рыба. Кит и Дельфин рыбами не являются.

**35.** На фото Солнце освещает Сатурн справа. Поскольку Сатурн примерно в  $10$  раз дальше от Солнца, чем Земля, то и Земля расположена где-то далеко справа. Следовательно, фотография сделана с космического аппарата.

**34.** Расстояние от Меркурия до Солнца в среднем в  $100$  раз меньше расстояния Плутона до Солнца. Значит, на Меркурии Солнце для наблюдателя будет в  $100 \cdot 100 = 10000$  раз ярче. Каждые  $100$  раз - это  $5$  зв. величин. Значит, Солнце на Меркурии будет на  $10^m$  ярче, чем на Плуtone.

**33.** Элонгация Меркурия максимальна тогда, когда она совпадает с прохождением планетой афелия орбиты. Для приближённого решения будем считать орбиту Земли окружностью, а орбиту Меркурия - лежащей в плоскости эклиптики.

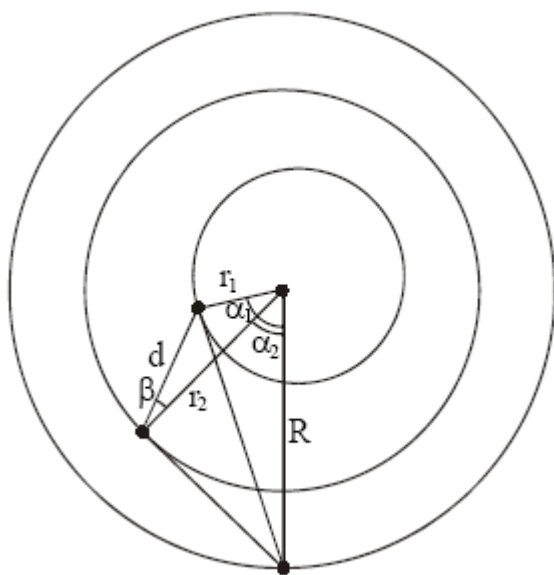
Изобразим описанные конфигурации на рисунке. Из симметрии задачи следует, что гелиоцентрическая долгота афелия Меркурия - среднее арифметическое между долготами Земли в середине указанных периодов -  $5$  апреля и  $15$  августа, то есть долгота Земли  $10$  июня. Гелиоцентрическая долгота Земли равна нулю в день осеннего равноденствия,  $23$  сентября, а  $10$  июня, через  $260$  дней после него, составит  $260 \cdot 360^\circ / 365 = 256^\circ$ . Это и будет гелиоцентрическая долгота афелия Меркурия, а искомая долгота перигелия

планеты отличается на  $180^\circ$  и равна  $76^\circ$ . (Примечание. Табличное значение -  $77,5^\circ$ ).

**32. Созвездия в Подмосковье.** (В редакции О.С.Угольниково) На нашем небе нельзя одновременно увидеть созвездия Ворона и Рыб. Их прямые восхождения отличаются на 12 часов, при этом Рыбы находятся вблизи небесного экватора, а Ворон – южнее его. Поэтому он восходит после захода Рыб, а заходит – до их восхода, независимо от сезона года. Но вот пять из шести перечисленных созвездий, все, кроме Рыб, можно увидеть на небе весенними ночами.

**31. Меркурий и Венера.** (В редакции О.С.Угольниково, М.Г.Гаврилова)

Орбита Венеры практически круглая, и её наибольшая элонгация наступает, когда угол с вершиной в Венере между направлениями на Солнце и Землю составляет  $90^\circ$ . Для Меркурия, чья орбита сильно вытянута, такое выполняется, только если наибольшая элонгация наступает вблизи его перигелия или афелия. Именно первый из этих двух случаев реализуется 29 марта 2004 года. Точные расстояния Меркурия и Венеры от Солнца можно вычислить, зная их угловые расстояния от Солнца (расстояние Земли от Солнца в этот день очень близко к 1 а.е.):



$$r_1 = R \cdot \sin 19^\circ = 0.326 \text{ а.е.},$$

$$r_2 = R \cdot \sin 46^\circ = 0.719 \text{ а.е.}$$

Разности гелиоцентрических долгот Земли и Меркурия (Венеры)  $\alpha_{1,2}$  вычисляются в данном случае очень просто:

$$\alpha_1 = 90^\circ - 19^\circ = 71^\circ$$

$$\alpha_2 = 90^\circ - 46^\circ = 44^\circ$$

Расстояние между Меркурием и Венерой:

$$d = (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos (\alpha_1 - \alpha_2))^{1/2} = 0,453 \text{ а.е.}$$

Косинус угла  $\beta$  с вершиной в Венере между направлениями на Солнце и Меркурий равен  $\cos \beta = ((r_2^2 + d^2 -$

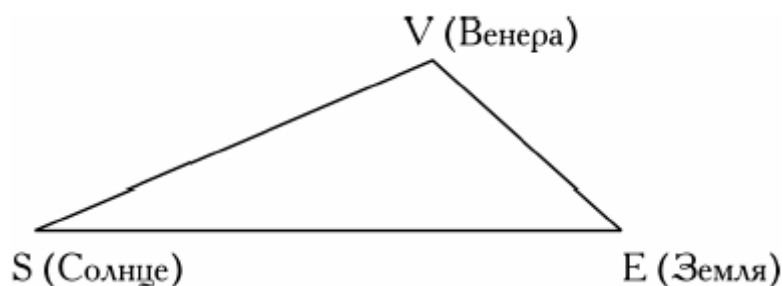
$$r_1^2)/(2*r_2*d) = 0,945.$$

Фаза Венеры, видимая с Меркурия, равна  $\Phi = (1 + \cos \beta)/2 = 0,973.$

**30.** При наблюдении с экватора суточные траектории светил перпендикулярны горизонту, а Солнце восходит в 6 часов по местному времени (уравнением времени и рефракцией пренебрегаем). Венера взошла на 3 часа раньше Солнца, следовательно, её прямое восхождение на 3 часа меньше

солнечного. Угловое удаление Венеры от Солнца - примерно  $45^\circ$ , то есть планета находится вблизи наибольшей элонгации. В этой конфигурации направления Венера-Солнце и Венера-Земля перпендикулярны, и наблюдатель с Земли видит освещенную половину диска Венеры. Поэтому ее фаза примерно 0,5.

**29.** При решении задачи будем считать орбиты Венеры и Земли окружностями. Видимое с Земли угловое удаление Венеры от эклиптики будет наибольшим из возможных, если гелиоцентрические долготы планет одинаковы и отличаются от долгот узлов орбиты Венеры на  $90^\circ$ .



В треугольнике SVE сторона  $SE = 1$  а. е., сторона  $SV = 0,723$  а.е., угол  $ESV = 3,4^\circ$ , а угол SEV есть искомое удаление Венеры от эклиптики.

Сначала вычислим сторону EV, воспользовавшись теоремой косинусов:

$$EV^2 = SE^2 + SV^2 - 2 * SE * SV * \cos ESV$$

$$EV^2 = 1^2 + 0,723^2 - 2 * 1 * 0,723 * \cos 3,4^\circ, EV = 0,282 \text{ а.е.}$$

Затем найдем угол SEV, применив теорему синусов:

$$SV / \sin SEV = EV / \sin ESV$$

$$\sin SEV = SV * \sin ESV / EV$$

$$\sin SEV = 0,723 * \sin 3,4^\circ / 0,282 = 0,152, \text{ угол SEV} = 8,7^\circ$$

**28. а)** В момент противостояния Земля и Марс находятся по одну сторону от Солнца и выстраиваются в одну линию с ним. Великим противостояние бывает, если при этом Марс находится в перигелии – ближайшей к Солнцу точке своей эллиптической орбиты.

б) Поскольку для земного наблюдателя в момент противостояния направления на Марс и на Солнце противоположны, Марс будет виден в зодиакальном созвездии, противоположном тому, в котором находится Солнце. В конце августа Солнца находится в созвездии Льва, следовательно, Марс виден в Водолее.

**27.** а) По вечерам серп Луны бывает виден в западной части неба, следовательно, броненосец шёл на север.

б) По вечерам бывает виден растущий серп Луны, обращённый выпуклостью вправо.

в) Небесные светила вблизи горизонта приобретают красноватый оттенок, потому что в земной атмосфере синие и голубые лучи рассеиваются сильнее, чем оранжевые и красные.

**26.** Поздней осенью созвездие Лебедя по вечерам видно в западной части неба, причём его голова - звезда Альбирео - ориентирована вниз; Лебедь летит в сторону юго-западного горизонта. Далее в суточном движении созвездие будет опускаться, всё более удаляясь от зенита. Таким образом, поздней осенью увидеть Лебедя поднимающимся в зенит невозможно.

Кроме того, в межзвёздном пространстве не распространяются никакие звуки, поэтому услышать звон звёздной Лиры тоже нельзя.

**25. Что за час?** Полная Луна на небесной сфере противостоит Солнцу, восходит примерно в 18 часов по местному времени и заходит примерно в 6 часов. Париж расположен вблизи нулевого меридиана – центрального меридиана нулевого пояса, - поэтому местное время Парижа отличается от поясного незначительно.

По условию задачи полная Луна видна одновременно из Парижа и с берегов Миссури. Разница долгот составляет от  $92$  до  $112^\circ$ , что соответствует приблизительно 6-7,5 часам. Над Миссури Луна взойдёт на 6-7,5 часов позже, чем над Парижем. Следовательно, наблюдение сделано не ранее 0-1,5 часов и не позднее 6 часов по поясному времени Парижа.

**24.** Если Луна видна вечером на востоке, значит, она в фазе полнолуния и должна иметь вид полного диска. Но иногда во время полнолуния происходят затмения Луны. Ваня наблюдает частную фазу лунного затмения: часть диска Луны скрылась в тени Земли, оставшаяся часть имеет вид широкого серпа.

**23.** Небольшой камень, летящий в космосе, следует называть метеорным телом или метеороидом. Упавший на землю небесный камень поэтесса правильно называет метеоритом. Однако на поверхность планеты выпадают только относительно крупные метеорные тела. Космические пылинки полностью сгорают в атмосфере, оставляя за собой светящийся след. Явление свечения атмосферных газов, разогретых при падении такого микрометеорита, и называется метеором. Сгорание в атмосфере более крупного метеорного тела сопровождается сильным свечением и взрывом - это явление и называется болидом. Таким образом, поэтесса правильно употребила только один из трёх терминов.

**22.** От 30.12.02 до 31.12.02 пройдёт 366 суток. Разделим 366 на 29,5:  $366:29,5=12,4$  – то есть пройдёт 12 полных лунных месяцев и ещё  $0,4*29,5=12$  суток. Возраст Луны будет 12 суток после полнолуния, или 27 суток с начала лунного месяца. Луна будет выглядеть как тонкий "старый" серпик.

**21.** Марсианские звёзды действительно мерцают слабо, почти незаметно для глаз землян, потому что марсианская атмосфера гораздо менее плотная, чем земная. По этой же причине ночи на Марсе очень тёмные. Солнце с Марса выглядит не как большая звезда, а как яркий кружок, ведь Марс всего в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля. Земля же с Марса видна примерно так же, как Венера с Земли - как яркая звезда, но не как «глобус».

**20.** Из того, что противостояния в 2001 году не было, заключаем, что предыдущее противостояние было в конце 2000 года, а следующее - в начале 2002. В момент противостояния планета для земного наблюдателя располагается в зодиакальном созвездии, противоположном тому, в котором находится Солнце. В декабре Солнце перемещается по созвездиям Змееносца и Стрельца, следовательно, в конце 2000 года Юпитер находился на границе Тельца и Близнецов. В январе Солнце перемещается по созвездиям Стрельца и Козерога, следовательно, в начале 2002 года Юпитер находился на границе Близнецов и Рака. Таким образом, в 2001 году планета находилась в созвездии Близнецов.

**19.** Для определённости будем считать, что наблюдение сделано в середине августа, когда Солнце находится на границе созвездий Рака и Льва. Месяц имеет вид крюка, но в то же время виден на тёмном небе, следовательно, от новолуния его отделяют 3-4 суток, и его угловое удаление от Солнца примерно  $40-50^\circ$ . Из текста нельзя однозначно заключить, наблюдается месяц вечером или утром, поэтому возможно два ответа. Молодая Луна находится в  $40^\circ-50^\circ$  впереди Солнца по эклиптике, т.е. в Деве, старая - в  $40^\circ-50^\circ$  позади Солнца, т.е. в Тельце или Близнецах.

**18.** Итак, противостояния Юпитера с астероидом происходят с периодом в 3,5 года. Поскольку орбиты обоих тел близки к круговым и лежат примерно в одной плоскости, для определения периода обращения астероида можно применить синодическое уравнение:  $(1/S)=(1/T_a)-(1/T_{Ю})$ , откуда  $T_a=2,70$  года.

Большую полуось орбиты астероида определим по третьему закону Кеплера:  $a=T^{2/3}=1,94$  а.е. Наименьшее расстояние между астероидом и Юпитером равно  $5,20-1,94=3,26$  а.е., и угловой размер планеты составляет  $3438' * 1,42 * 10^5 \text{ км} / 3,26 * 1,5 * 10^8 \text{ км} = 1'$ . То есть увидеть диск планеты невооружённым глазом невозможно.

**17.** Если бы Ваня проводил наблюдения в одно и то же время, он наблюдал бы постепенные сезонные изменения вида звёздного неба. Однако он приступает к наблюдениям "сразу, как только стемнеет". Осенью долгота дня уменьшается, между двумя наблюдениями проходит меньше 24 часов, и Ваня наблюдает более "раннее" положение созвездий. Наоборот, весной долгота дня увеличивается, между наблюдениями проходит больше 24 часов, и Ваня наблюдает более "позднее" положение созвездий.

**16.** Месяц в виде гребня - молодой или старый - всегда наблюдается на фоне зари, вечером или утром, но не "в полуночном небе".

**15.** Задачу удобно решать, используя чертёж. Тип затмения определяется расстоянием между центром лунного диска и центром земной тени и полутени. Затмение будет полным тeneвым, если это расстояние не более 26', частным тeneвым - если это расстояние от 26 до 56', полным полутеневым - от 56 до 60' и частным полутеневым - от 60 до 90'. Таким образом, для частных затмений интервал подходящих траекторий центра лунного диска составляет по 60', для полного тeneвого - 52', а для полного полутеневого - всего 8'. Следовательно, наиболее редкими будут полные полутеневые затмения.

**14.** Описан так называемый зодиакальный свет – слабое свечение пылинок, которые находятся вблизи плоскости эклиптики и рассеивают свет Солнца. Зодиакальный свет можно наблюдать только в тропиках, на очень тёмном небе при полном отсутствии засветки. Он выглядит как вытянутое вдоль эклиптики слабосветящееся пятно и виден в начале ночи над западным горизонтом, а в конце – над восточным.

**13.** На рисунке изображена старая Луна, которая бывает видна по утрам на востоке. Охотники идут влево, то есть на север.

**12.** По вечерам Венера может быть видна только в западной области неба. Серпик должен быть повёрнут так же, как серпик молодой Луны – выпуклостью вправо вниз.

**11.** Итак, Большая Медведица наблюдается в нижней кульминации между 1 и 3 часами ночи, ближе к 3 (т.к. «близок рассвет»). Установив в соответствующее положение накладной круг звёздной карты, против времени 2-30 увидим дату - начало августа.

**10.** Антарктическая полярная станция Мирный расположена почти точно на южном полярном круге. Поэтому продолжительность светового дня на

станции изменяется от 24 часов в день зимнего солнцестояния (22 декабря) до 0 в день летнего солнцестояния (22 июня).

9. Широту места наблюдения можно оценить по высоте Полярной звезды над горизонтом, взяв в качестве масштаба расстояние между  $\alpha$  и  $\beta$  Большой Медведицы, которое на рисунке равно 5 мм, а на небесной сфере -  $5,5^\circ$ . Итак, широта примерно  $50^\circ$ . Для определения даты и времени суток можно воспользоваться подвижной картой или определить звёздное время по положению Большой Медведицы. Она бывает повернута хвостом вниз осенью после полуночи или зимой до полуночи. Однако на рисунке видны густые кроны лиственных деревьев, поэтому единственный возможный ответ - сентябрь, перед рассветом.

8. Итак, требуется определить экваториальные координаты Луны в полнолуние 1 августа, причём по старому стилю. Сначала произведём пересчёт даты на новый стиль – это будет 14 августа. Затем по звёздной карте найдём прямое восхождение Солнца -  $9^h30^m$ . Прямое восхождение Луны в полнолуние отличается на  $12^h$  и равно  $21^h30^m$ . Исходя из данных задачи, склонение Луны можно оценить только приблизительно, зная, что она не удаляется более чем на  $5^\circ$  от эклиптики. Точка эклиптики с прямым восхождением  $21^h30^m$  имеет склонение около  $-20^\circ$ . Склонение Луны может быть равным от  $-15$  до  $-25^\circ$ .

7. а) Героиня Чосера неправа. Меркурий и Венера - внутренние планеты, и наиболее хорошо видны при элонгации - наибольшем видимом удалении от Солнца. При западной элонгации они восходят перед рассветом, при восточной - заходят вслед за Солнцем. Однако периоды обращения планет неодинаковы, поэтому и элонгации их происходят через различные промежутки времени. Иногда западная элонгация Меркурия происходит в период утренней видимости Венеры - тогда обе планеты видны перед рассветом. Возможна и одновременная вечерняя видимость.

б) Если в западной элонгации Меркурий виден утром в созвездии Рыб, значит, Солнце находится в созвездии Овна, а Венера - не далее чем в 48 градусах к востоку от него, т.е. в Тельце или Близнецах.

6. При наибольшей элонгации Меркурий находится в вершине прямого угла треугольника, две другие вершины которого - Земля и Солнце. Угловое удаление Меркурия от Солнца максимально, если в момент элонгации он проходит афелий своей орбиты, и минимально, если перигелий. Таким образом, афелийное и перигелийное расстояния планеты пропорциональны синусам угловых удалений:

$$\begin{aligned} a_m(1+e)/a_m(1-e) &= a_3 \sin 28^\circ / a_3 \sin 18^\circ; \\ (1+e)/(1-e) &= 0,46/0,31; e = 0,206. \end{aligned}$$



5. Звезда Вега ( $\alpha$  Лиры) севернее 52 параллели не заходит за горизонт и видна в любое время года. Сириус ( $\alpha$  Большого Пса), наоборот, расположен южнее небесного экватора и в средних широтах северного полушария бывает виден только зимой. С помощью подвижной звёздной карты убедимся, что зимой эти две звезды могут быть видны одновременно: Вега низко над северным горизонтом, Сириус - невысоко над южным. Однако над головой, в зените, Вегу можно наблюдать только летом, когда Сириус не виден. Возможно, поэт перепутал Вегу с Капеллой ( $\alpha$  Возничего), которая бывает видна вблизи зенита зимой.

4. По тексту невозможно точно определить дату, но ясно, что это конец сентября - последние ясные дни перед октябрьским ненастьем. Положение Солнца на эклиптике найдём, соединив дату (мы не сильно ошибёмся, взяв 23 сентября) с Полюсом Мира. Солнце находится в созвездии Девы.

В момент осеннего равноденствия Солнце находится на небесном экваторе и заходит точно на западе. Таким образом, азимут Солнца при заходе - примерно  $90^\circ$  (астрономические азимуты отсчитываются от точки юга).

Восход Луны совпал по времени с заходом Солнца, следовательно, на небесной сфере Луна противостоит Солнцу и видна в фазе полнолуния.

Луна находится вблизи противоположной Солнцу точки эклиптики - в созвездии Рыб.

3. На фантике "Знаки Зодиака" изображены только 11 неповторяющихся знаков. Отсутствует знак Овна. Кроме того, вместо Рака изображен краб.

На фантике "Млечный Путь" на фоне звёзд изображена планета Сатурн, поверхность которой усеяна кратерами. Однако при взгляде из космоса видна не поверхность, а верхние слои атмосферы планеты; кратеров на поверхности Сатурна быть не может, так как она не твёрдая. Кроме того, затенена правая нижняя часть диска планеты; если сопоставить это с направлениями теней от "кратеров", последние окажутся... выпуклыми.

2. На открытке полная Луна изображена на фоне зари. Однако Луна в полнолуние противостоит Солнцу и должна находиться за спиной наблюдателя. Кроме того, если учесть, что колокольни в христианских храмах ориентированы на запад, окажется, что заря видна на северо-западе, что возможно только летом.

1. На рисунке серпик молодой Луны склоняется к горизонту. Молодая Луна бывает видна вечером на западе. Однако из ориентации православных крестов следует, что изображена восточная часть неба.