

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

Часть 1. 57 Московская Астрономическая Олимпиада (2003 год)

I ТУР

7 класс и моложе

- 1.1. В опере итальянского композитора Джакомо Пуччини «Мадам Батерфляй» (Чио-Чио-сан) один из героев (Пинкертон) в первом действии спектакля поет следующее: «И тысяча звезд на нас смотрит своими глазами». Подтвердите или опровергните слова Пинкертона с астрономической точки зрения.
- 1.2. Массы и размеры Луны и Титана (спутника Сатурна) примерно равны, но у Титана есть атмосфера, а у Луны ее быть не может. Почему?
- 1.3. В учебнике астрономии А.В. Засова и Э.В. Кононовича показано, что орбиты Нептуна и Плутона пересекаются. Значит ли это, что когда-нибудь планеты столкнутся? Почему этого не произошло до сих пор? Орбитальный период Нептуна равен 165, а Плутона – 248 годам.
- 1.4. Через какие промежутки времени целесообразно запускать к Венере космические корабли?

8-9 классы

- 1.5. Внутренняя планета А и внешняя планета В при наблюдении с Земли имеют одинаковый синодический период S . Чему равен синодический период планеты А при наблюдении с планеты В?
- 1.6. Радиант метеорного потока имел координаты $\alpha = 18^{\text{ч}}$, $\delta = +65^{\circ}$, а сам поток был активен 12 часов. Оцените ширину этого метеорного потока.
- 1.7. Мы находимся в северном полушарии и наблюдаем восход звезды А со склонением -8° , и в это же время заходит звезда В со склонением $+16^{\circ}$. Что произойдет раньше: ближайший заход звезды А или восход звезды В?
- 1.8. Известно, что время наступления океанских приливов каждый день смещается примерно на 50 минут. Почему?

10-11 классы

- 1.9. Один начинающий любитель астрономии рассказывал, что видел, как звезды «летели снизу вверх». Возможно ли такое? Ответ обоснуйте.
- 1.10. Почему земные приливы на Луне примерно в 20 раз сильнее, чем лунные на Земле, хотя массы Земли и Луны отличаются в 81 раз?
- 1.11. Во время наибольшей элонгации Венеры в некоторой точке Земли Солнце видно на юге, а Венера на той же высоте на севере. Может ли такое быть, если да, то в каких широтных областях Земли и на какой высоте над горизонтом находились Солнце и Венера? Решите ту же задачу для случая, когда Солнце находится на западе, а Венера на той же высоте на востоке.
- 1.12. Затменная переменная состоит из двух звезд с одинаковым блеском 6^{m} и температурами поверхности 5000К и 10000К. Чему равен блеск переменной в моменты главного и вторичного

минимумов блеска и вне затмений? Считать, что поверхностная яркость звезды одинакова по всему ее диску, а Земля находится точно в плоскости орбит звезд.

II ТУР

7 класс и моложе

1.13. В один и тот же день были зарегистрированы следующие события (время – всемирное):

- событие А - землетрясение в Японии в 12 час 02 мин;
- событие В - образование пятна на Солнце в 12 час 10 мин;
- событие С - вспышка на Солнце в 12 час 12 мин.

Что можно сказать о последовательности этих событий во времени?

1.14. Где будет находиться Солнце, если мы будем наблюдать его из окрестностей Сириуса?

1.15. Принимая длину экватора Земли равной 40000 км, найдите ошибку (в км) долготы положения на экваторе, если долгота определяется из показаний часов с ошибкой во времени 1 мин.

1.16. В первый день Нового Года произошло покрытие Марса Луной, которое началось в полночь, а закончилось одновременно с заходом Луны. Произойдет ли в начавшемся году противостояние Марса?

1.17. В 2003 году Юпитер вступил в противостояние в начале февраля. Как в этом месяце день от дня изменяется его максимальная высота над горизонтом на широте Москвы?

8-9 классы

1.18. Эратосфен в 250 году до нашей эры определил, что Солнце находится в Сиене (ныне Асуан) в зените в тот момент, когда в Александрии оно расположено на $7^{\circ}12'$ южнее зенита. Расстояние между пунктами наблюдений составляло 5000 стадий. Определите, чему равна одна стадия.

1.19. В созвездии Дракона открыта новая комета, находящаяся на расстоянии 6 а.е. от Земли. Расчеты орбиты показали, что она сильно вытянута, и через некоторое время комета окажется на минимальном расстоянии (0.5 а.е.) от Солнца и станет видна невооруженным глазом. В каком полушарии Земли она будет лучше видна в это время?

1.20. Сколько раз переворачивается в трехмерном пространстве картинка небесного объекта при визуальных наблюдениях в телескоп-рефрактор с окуляром Гюйгенса?

1.21. Находясь в северном полушарии, мы 22 декабря наблюдаем парадоксальное явление: планета Венера, находясь в точке наибольшей элонгации, восходит точно на юге. В каких широтах мы находимся, и какая элонгация у Венеры – восточная или западная? Где в это время находилось Солнце?

1.22. (К 300-летию Санкт-Петербурга)

31 мая 2003 года, в день 300-й годовщины со дня основания Санкт-Петербурга, практически на всей территории России произойдет частное солнечное затмение. В Санкт-Петербурге оно произойдет ранним утром, и Солнце превратится в серп с рогами, направленными вверх. Как будет изменяться момент наибольшей фазы затмения и значение наибольшей фазы с удалением от Санкт-Петербурга в восточном направлении?

10-11 классы

1.23. Вы стали свидетелем редкого явления – покрытия Марса Луной во время великого противостояния Марса. В каком полушарии Земли вы находитесь?

1.24. Где в космосе образовались химические элементы, из которых состоит ваша любимая кошечка? Золотая статуэтка любимой кошечки? Алмазные подвески на статуэтке любимой кошечки?

1.25. Звезда Капелла относится к тому же спектральному классу, что и Солнце. Расстояние до нее равно 13 пк, а на нашем небе она выглядит как звезда 0.1^m . На каком расстоянии от Капеллы должна находиться планета со средней плотностью 1 г/см^3 , чтобы условия на ее поверхности были схожи с земными? Какая масса должна быть у этой планеты?

1.26. Межпланетный космический аппарат приближается к Юпитеру. Выполнив гравитационный маневр вблизи этой планеты, аппарат начинает удаляться от нее, имея скорость, большую, чем до сближения, хотя его двигатели во время маневра не включались. С какой стороны от Юпитера на земном небе находился аппарат до сближения с ним? После сближения?

1.27. Методами интерферометрии удалось измерить угловой диаметр звезды с блеском 4.7^m , который оказался равен 0.004 угловой секунды. Спектроскопические наблюдения этой звезды показали, что желтая линия натрия (5890 \AA) имеет две компоненты – яркую и слабую, причем длина волны слабой компоненты изменяется синусоидально с амплитудой 0.6 \AA и периодом 30 лет, а один раз за этот период слабая линия вообще исчезает на 230 дней. Оцените расстояние до звезды, ее массу и температуру поверхности. К какому типу звезд она относится?

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Часть 1. 57 Московская Астрономическая Олимпиада (2003 год)

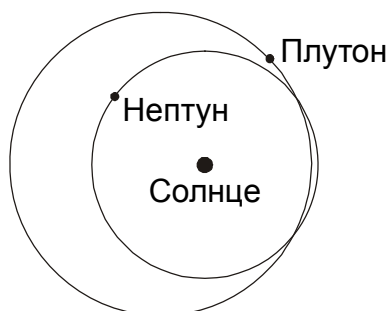
I ТУР

7 класс и моложе

1.1. Пинкертон, в принципе, прав. На всем звездном небе около 6 тысяч звезд, видимых невооруженным глазом. Из них половина в каждый момент времени находится над горизонтом. Однако слабые звезды не будут видны низко над горизонтом, особенно если прозрачность атмосферы не очень хорошая. В итоге, на звездном небе можно увидеть 1-2 тысячи звезд.

1.2. Равенство масс и размеров Луны и Титана означает примерное равенство второй космической скорости, необходимой для преодоления силы тяжести тела и выхода в космическое пространство. Будут ли иметь молекулы газов у поверхности Луны или Титана такую скорость – зависит от температурных условий. Луна, находящаяся намного ближе к Солнцу, разогрета сильнее, и молекулы покидают ее, не образуя атмосферы. На холодном Титане газовая оболочка устойчива и достаточно плотна.

1.3. На иллюстрации орбиты Нептуна и Плутона показаны в проекции на плоскость. В пространстве орбиты обеих планет находятся в разных плоскостях и не пересекаются. Даже если Нептун и Плутон окажутся в одной точке на рисунке – фактически одна планета будет находиться над другой.



1.4. Благоприятные условия для запуска космического аппарата наступают в определенной конфигурации Венеры, то есть при фиксированном взаимном расположении Солнца, Венеры и Земли. Подобные конфигурации повторяются по прошествии синодического периода планеты, составляющего для Венеры 584 дня.

8-9 классы

1.5. Обозначим периоды обращения Земли и планет А и В вокруг Солнца через T , T_A и T_B . Записывая выражения для синодического периода обеих планет, получаем равенство:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_B}.$$

Складывая вторую и третью части равенства, получаем:

$$\frac{2}{S} = \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B},$$

из чего вытекает, что синодический период планеты А при наблюдении с планеты В составляет $S/2$.

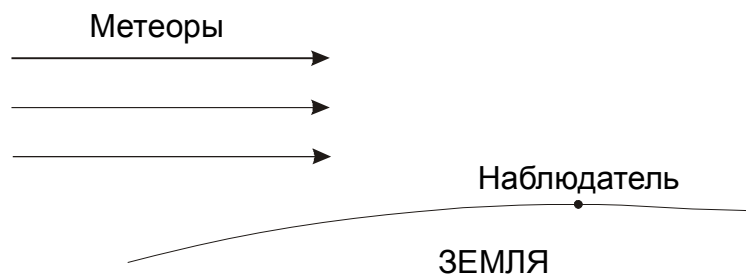
1.6. По координатам радианта метеорного потока видно, что он находится вблизи северного полюса эклиптики. Следовательно, скорость метеоров относительно Земли была направлена перпендикулярно направлению движения Земли. Двигаясь со скоростью около 30 км/с, Земля пересекла поток за 12 часов, из чего получаем ширину потока около 1.3 млн. км. На самом деле, ширина потока несколько меньше, так как в пространстве метеоры летят не перпендикулярно эклиптике, а под некоторым углом, догоняя в своем движении Землю.

1.7. В момент восхода звезды А в противоположной области неба заходит точка со склонением $+8^\circ$, которая взойдет одновременно с заходом звезды А. Звезда В заходит одновременно с данной точкой, но имея большее склонение, в северном полушарии проведет под горизонтом меньше времени, и взойдет раньше, то есть до захода звезды А.

1.8. Время океанских приливов определяется положением Луны на небе. Двигаясь по орбите в сторону, противоположную видимому вращению звездного неба, Луна каждый день кульминирует примерно на 50 минут позже, чем в предыдущий день, завершая полный цикл за 29.5 дней – за синодический период Луны. На 50 минут смещается и время приливов.

10-11 классы

1.9. Такое вполне может быть. Если метеор летит горизонтально относительно наблюдателя (как показано на рисунке), приближаясь к нему, то он увидит его полет снизу вверх. Для «падающих звезд», относящихся к метеорным потокам, такая ситуация наступит, если радиант потока будет находиться вблизи горизонта.



1.10. Величина приливного ускорения равна разности ускорения силы тяжести, вызываемой, к примеру, Луной, в точке Земли, ближайшей к Луне, и в центре Земли. Обозначая массу Луны через m , радиус Земли – через R , а расстояние от Земли до Луны – через d , запишем выражение для приливного ускорения:

$$a_T = \frac{Gm}{(d-R)^2} - \frac{Gm}{d^2}.$$

Так как радиус Земли значительно меньше расстояния до Луны, это выражение можно переписать как:

$$a_T = \frac{2GmR}{d^3}.$$

Получается, что величина приливного ускорения пропорциональна массе тела, вызывающего приливы, и радиусу тела, на котором эти приливы наблюдаются. Перемещаясь с Земли на Луну, мы в данной формуле должны будем подставить в 81.3 раза большее значение массы, но в 3.67

меньшее значение радиуса. Величина d не изменится. В результате, приливное ускорение от Земли на Луне примерно в 22 раза сильнее приливного действия Луны на Землю.

1.11. Во время наибольшей элонгации Венеры эта планета и Солнце находятся на эклиптике в 47° друг от друга. Вспомним, что через две разные точки на сфере, не являющиеся противоположными, можно провести ровно один большой круг сферы. В случае Солнца и Венеры этот большой круг и будет эклиптикой (во время наибольшей элонгации Венера отходит от эклиптики на малый угол, несущественный для данной задачи). Если Солнце и Венера находятся на равных высотах на юге и севере, то проведенный через них большой круг пройдет также через зенит и точки юга и севера, то есть эклиптика совпадет с небесным меридианом и тем самым пройдет через Северный и Южный полюса мира, чего быть не может.

Если Солнце находится на западе, а Венера – на той же высоте на востоке, то проведенный через них большой круг пройдет через зенит и точки запада и востока. Эклиптика может так располагаться на небе на северном тропике в 6ч по звездному времени и на южном тропике в 18ч по звездному времени. Зенит находится посередине между Солнцем и Венерой, в 23.5° градусах от обеих светил. Следовательно, их высота составляла 66.5° . Можно также добавить, что это была наибольшая восточная элонгация Венеры, и дело происходило около 30 мая, если наблюдения происходили на северном тропике (Солнце не дошло 23.5° до точки летнего солнцестояния) или около 30 ноября, если наблюдения велись на южном тропике.

1.12. Расстояния до обеих звезд можно считать одинаковыми, значит одинаковы и светимости звезд. При этом одна из них вдвое горячее, то есть, излучает в 16 раз больше энергии с единицы площади. Следовательно, более горячая звезда в 4 раза меньше по размерам. Вне минимумов мы видим обе звезды 6-й величины, и их суммарный блеск будет равен

$$m_0 = 6 - 2.5 \lg 2 = 5.25.$$

Так как Земля находится в плоскости орбит, то в определенный момент более холодная звезда, имеющая большие размеры, может полностью закрыть более горячую звезду. Видимый блеск переменной на нашем небе составит $m_1 = 6$, и это будет главный минимум. Во время вторичного минимума горячая звезда пройдет перед холодной, но закроет лишь $1/16$ ее диска. В это время мы будем регистрировать все излучение одной звезды 6^m и $15/16$ излучения второй звезды того же блеска. Звездная величина переменной составит

$$m_2 = 6 - 2.5 \lg (31/16) = 5.28.$$

II ТУР

7 класс и моложе

1.13. Расстояние от Солнца до Земли составляет около 149.6 млн км, а свет распространяется со скоростью 300000 км/с, проходя данное расстояние за 8 минут 19 секунд. Поэтому все события на Солнце происходят на 8 с лишним минут раньше, чем мы их регистрируем. Поэтому из трех событий первым произошло событие В (чуть ранее 12ч02м), затем событие А (12ч02м) и, наконец, событие С (незадолго до 12ч04м).

1.14. Сириус – одна из самых близких к Солнцу звезд, он находится на расстоянии около 2.6 пк. Если мы перенесемся с Земли в окрестности Сириуса, взаимное положение большинства звезд изменится несильно, и лишь самые близкие звезды окажутся в совершенно иных созвездиях. Солнце будет находиться в точке неба, противоположной положению Сириуса на нашем небе, то есть в восточной части созвездия Геркулеса, вблизи границы с созвездиями Орла, Стрелы и Лисички. Блеск Солнца составит около 1.8^m , и оно будет светить немного слабее находящихся рядом звезд несколько деформировавшегося «летнего треугольника».

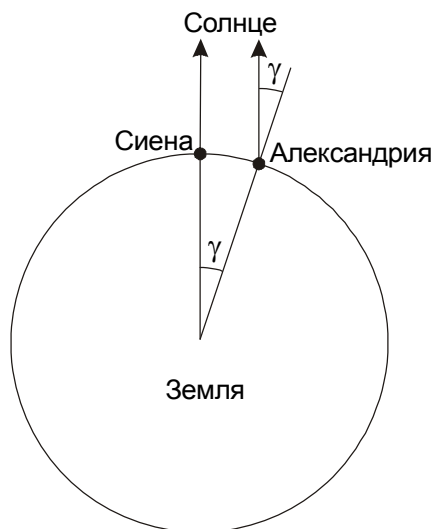
1.15. Точка, находящаяся на экваторе, как и вся поверхность Земли, завершает полный оборот вокруг оси вращения нашей планеты за 24 часа относительно Солнца и за 23ч56м – относительно звезд. Для оценки ошибки измерений данная разница несущественна. Если 24 часа соответствуют 40000 км, то 1 минута будет соответствовать 27.8 км. Именно таким будет расстояние между двумя точками экватора, на которых солнечный полдень наступит с интервалом в 1 минуту, и именно такой будет ошибка измерения долготы.

1.16. Покрытие Марса Луной обычно длится около одного часа (максимум – чуть менее двух часов). Если заход Луны и Марса происходит через час-два после полуночи, значит, Марс недавно прошел точку противостояния с Солнцем и виден всю первую половину ночи и в самом начале ее второй половины. Промежуток времени между двумя последующими противостояниями превышает два года, поэтому в начавшемся году противостояния Марса не будет.

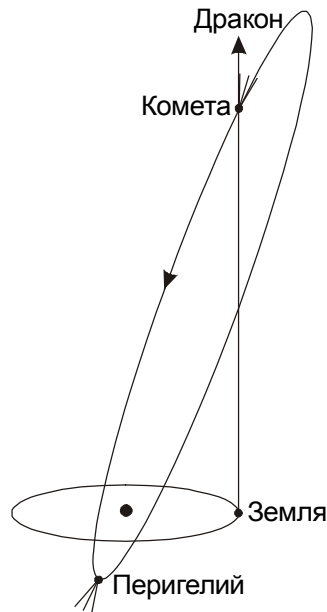
1.17. Во время противостояния Юпитер находится вблизи противоположной Солнцу точки эклиптики. Солнце в феврале с каждым днем поднимается на широте Москвы все выше, и если бы Юпитер двигался вдоль эклиптики в ту же сторону, что и Солнце, его максимальная высота с каждым днем бы, наоборот, уменьшалась. Но в противостоянии Юпитер движется попятно, следовательно, каждую последующую ночь на широте Москвы он поднимается на все большую высоту над горизонтом.

8-9 классы

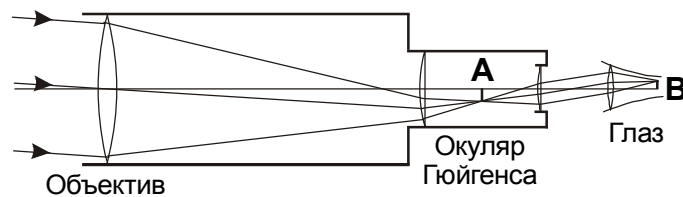
1.18. Из рисунка видно, что расстояние между Сиеной и Александрией по поверхности Земли равно $R \cdot \gamma$, где R – радиус Земли, а γ – зенитное расстояние Солнца в Александрии, когда оно находится в зените в Сиене, выраженное в радианах (расстояние до Солнца намного больше размеров Земли, и направления на Солнце из двух городов можно считать параллельными). Подставляя численные значения, получаем, что 5000 стадий, разделявшие два города, равны 800 км, следовательно, одна стадия была равна 160 метрам.



1.19. В созвездии Дракона находится северный полюс эклиптики. Находясь еще далеко от Солнца и Земли, комета располагалась в пространстве значительно севернее плоскости эклиптики (см. рисунок). Но Солнце находится в фокусе эллипса – орбиты кометы, следовательно, в период прохождения перигелия комета опустится южнее плоскости эклиптики и будет лучше видна в южном полушарии Земли вне зависимости от положения самой Земли на орбите.



1.20. Схема построения изображения объекта показана на рисунке. Окуляр Гюйгенса состоит из двух положительных линз, первая из которых находится перед фокальной плоскостью объектива и служит для уменьшения геометрического размера поля зрения и, как следствие, уменьшения искажений на его краю. В фокусе, находящемся между линзами окуляра, строится перевернутое изображение небесного объекта **A**. Из окуляра лучи света попадают в глаз наблюдателя, который собирает их на сетчатке, строя второе изображение объекта **B**. Оно будет перевернутым по отношению к изображению **A**, то есть во всей оптической схеме изображение перевернется дважды и станет прямым.



Однако мы будем видеть это изображение все же как перевернутое. Третий раз изображение перевернет уже не оптическая схема в пространстве, а наш мозг при его обработке. Если бы он этого не делал, то в нашей повседневной жизни мы бы видели все предметы вокруг перевернутыми.

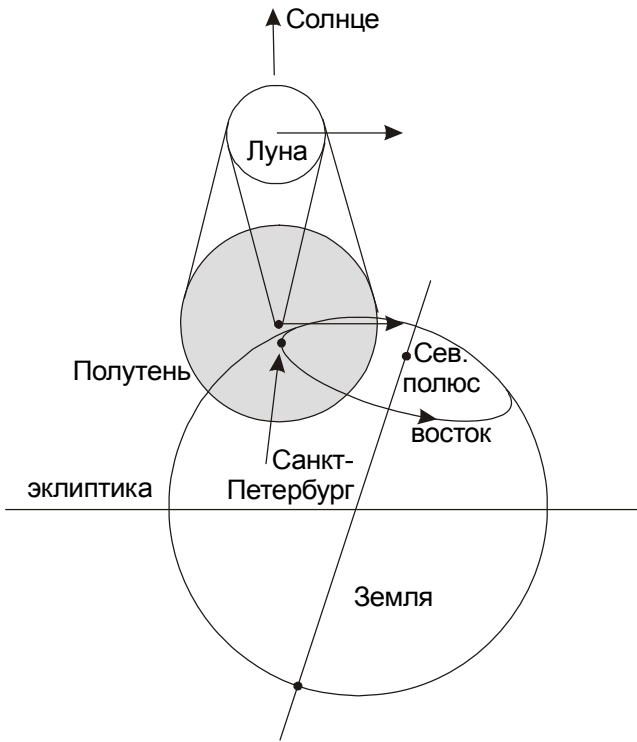
1.21. Восход Венеры на юге в северном полушарии может произойти только в том случае, если ее склонение в этот момент составляет

$$\delta = \varphi - 90^\circ,$$

и при этом увеличивается за счет движения Венеры среди звезд (φ – широта места). До этого восхода Венера была невозходящей на данной широте. Находясь в точке наибольшей элонгации, Венера движется вблизи эклиптики прямым движением с угловой скоростью, равной угловой скорости Солнца. При этом само Солнце находится в точке зимнего солнцестояния, и склонение Венеры будет увеличиваться, если ее элонгация восточная, и она обгоняет Солнце в движении вдоль эклиптики (Венера будет находиться в созвездии Козерога). Склонение Венеры в это время составит около -17° , следовательно, дело происходило на широте 73° с.ш. Солнце 22 декабря на этой широте не восходит над горизонтом, а во время восхода Венеры на юге оно находилось в 47° к западу, то есть не очень глубоко под юго-западным горизонтом.

1.22. На рисунке показано расположение Земли, Луны и ее полутени в тот момент, когда в Петербурге наблюдается наибольшая фаза солнечного затмения. Солнце и Луна находятся

спереди относительно плоскости рисунка. Так как в указанный в условии момент диск Луны будет находиться чуть севернее диска Солнца («рога» Солнца направлены вверх), то линия центрального затмения пройдет севернее Санкт-Петербурга. Луна и полутень движутся под малым (около 5°) углом к плоскости эклиптики, то есть почти параллельно ей. Затмение происходит астрономической весной, поэтому северный полюс Земли располагается в задней полусфере планеты по отношению к ее движению по орбите. На рисунке видно, что при смещении на восток от Санкт-Петербурга наибольшая фаза затмения будет уменьшаться, так как при этом мы удаляемся от линии движения центра лунной полутени.

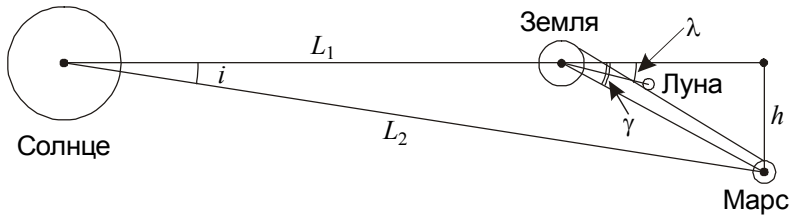


10-11 классы

1.23. Великими называются те противостояния Марса, при которых эта планета находится вблизи точки перигелия своей орбиты и подходит к Земле ближе, чем на 0.4 а.е. Такое явление может произойти в июле, августе или сентябре. Соответствующий участок орбиты Марса пролегает южнее плоскости эклиптики, и угол i (см. рисунок) составляет не менее 1.6° (максимальное значение, 1.85° , равно наклонению орбиты Марса). Обозначая расстояния Земли и Марса от Солнца через L_1 и L_2 и учитывая малость всех рассматриваемых углов, получаем, что на земном небе Марс будет располагаться южнее эклиптики на угол γ , равный

$$\gamma = \frac{h}{L_2 - L_1} = \frac{L_2 i}{L_2 - L_1}$$

и составляющий не менее 5.6° .



Наклон орбиты Луны к плоскости эклиптики λ составляет около 5.1° , поэтому геоцентрическое положение Луны на небе будет как минимум на 0.5° севернее положения Марса. Если в день противостояния будет наблюдаться покрытие Марса Луной, то, как видно на рисунке, оно может быть видно только в северном полушарии Земли, где положение Луны на небе за счет параллакса будет южнее ее геоцентрического положения.

9 сентября 2003 года, менее чем через две недели после великого противостояния Марса, будет наблюдаться его покрытие Луной, видимое только в некоторых областях Восточной Сибири – область видимости явления едва заденет Землю с северной стороны.

1.24. Любимая кошечка, как и любое живое существо, состоит в основном из углерода, водорода и кислорода, в меньших количествах в ней присутствуют азот, натрий, сера, хлор и другие элементы первых периодов таблицы Менделеева, элементов тяжелее железа в ней очень мало. Алмаз, из которого сделаны подвески – это тоже углерод. Водород – первый химический элемент, существовавший во Вселенной еще до образования звезд и галактик. Все элементы тяжелее водорода и гелия вплоть до железа образовались во Вселенной в ядрах звезд в течение их эволюции. Атомные ядра получались слиянием более легких ядер, и этот процесс обеспечивал звездам их энерговыделение. Чем тяжелее элемент, тем более массивной должна была быть звезда, в которой он образовался.

Однако элементы тяжелее железа, в частности золото, из которого состоит статуэтка, не могли образоваться таким образом, так как для этого, напротив, нужно затратить энергию. Тяжелые элементы появляются только во время взрывов сверхновых звезд, и каждый атом золота в статуэтке когда-то был свидетелем этой колоссальной космической катастрофы!

1.25. Определим абсолютную звездную величину Капеллы:

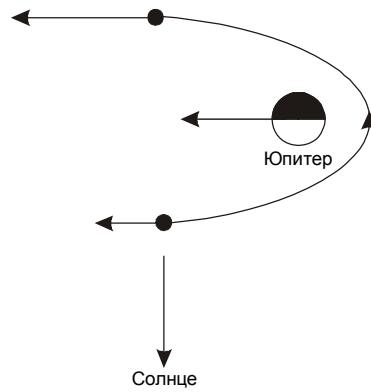
$$M = m + 5 - 5 \lg r = -0.5.$$

Получается, что светимость Капеллы примерно в 120 раз превосходит светимость Солнца. Учитывая схожесть спектральных характеристик, на расстоянии $\sqrt{120}=10.9$ а.е. от Капеллы температурные и световые характеристики будут весьма близкими к земным. Кроме этого, схожесть условий должна включать в себя равенство с Землей такой важной характеристики, как ускорение свободного падения на поверхности планеты. Эта величина равна

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{4}{3}\pi GR\rho,$$

где M , R и ρ – масса, радиус и средняя плотность планеты. Однако средняя плотность Земли составляет 5.52 г/см^3 , значит, радиус планеты должен в 5.52 раз превышать радиус Земли. При этом масса планеты превысит массу Земли в 5.52^2 раз и составит $1.8 \cdot 10^{26}$ кг.

1.26. Аппарат выполняет пассивный гравитационный маневр вблизи Юпитера: не включая двигателей, он увеличивает свою кинетическую энергию за счет энергии движения Юпитера. Для этого он получает приращение скорости, сонаправленное со скоростью планеты, затормаживая ее движение. Такое может произойти, если до сближения Юпитер догонял космический аппарат, а после уже аппарат улетал вперед от Юпитера. Схема движения аппарата относительно Юпитера в этом случае показана на рисунке.



Радиус орбиты Земли значительно меньше радиуса орбиты Юпитера, поэтому при наблюдении с Земли, как и при наблюдении с Солнца, аппарат находился с восточной стороны от Юпитера как до, так и после сближения, и лишь во время маневра ненадолго оказался к западу от планеты.

1.27. Данная звезда является спектрально-двойной. Слабая компонента линии натрия принадлежит звезде-спутнику. Исчезновения слабой линии указывают на то, что спутник периодически заходит за диск главной звезды, следовательно, мы находимся вблизи плоскости его орбиты. Предположим, что мы находимся точно в этой плоскости – оценочный характер задачи дает нам такое право. В этом случае синусоидальное изменение длины волны линии спутника указывает, что его орбита близка к круговой, а орбитальная скорость связана с амплитудой изменения длины волны линии спутника $\Delta\lambda$ соотношением:

$$v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}.$$

Получается, что скорость орбитального вращения спутника (30.5 км/с) близка к скорости орбитального вращения Земли. Умножив эту величину на продолжительность прохождения спутника за главной звездой, мы получаем диаметр главной звезды – 600 миллионов километров или 4 а.е., что в 500 раз больше диаметра Солнца. С Земли эта исполинская звезда видна как диск с диаметром 0.004", из чего мы получаем расстояние до звезды – 1 кпк. Зная ее видимую звездную величину, мы получаем ее абсолютную звездную величину:

$$m_0 = m + 5 - 5 \lg r = -5.3.$$

Светимость звезды в 10000 раз больше светимости Солнца, а радиус превышает солнечный в 500 раз. Поток энергии с единицы площади данной звезды в 25 раз меньше, чем у Солнца, следовательно, по закону Стефана-Больцмана, температура поверхности звезды меньше солнечной в $25^{1/4}$ раз и составляет примерно 2700 К.

Для нахождения массы звезды сравним двойную систему с системой Солнце-Земля и будем считать массу спутника много меньшей массы звезды. Запишем обобщенный III закон Кеплера в относительных величинах:

$$\frac{a^3}{T^2 M} = \frac{v^3 T}{M} = const.$$

Здесь M – масса центрального тела, a – радиус круговой орбиты, T – период обращения и v – орбитальная скорость спутника. Учитывая, что последняя из этих величин у Земли и звезды-спутника практически одинаковы, а период обращения звезды-спутника составляет 30 лет, получаем, что масса звезды равна 30 массам Солнца. Данная звезда представляет собой огромный и холодный красный сверхгигант.