

10 класс

1. Условие. Из аэропорта Толмачево в Новосибирске рейс 178 вылетает в 10 часов утра по местному времени. В аэропорту Домодедово этот же рейс приземляется в 10 утра, но уже по московскому времени. Оцените, с какой точностью можно определить среднюю скорость самолета, если учесть, что города находятся на одной широте, но в разных часовых поясах. Свой ответ поясните графически. Длину окружности экватора Земли округлим до 40 тыс. км.

1. Решение. Предположим сначала, что Новосибирск и Москва расположены в середине своих часовых поясов. Предположим, также, что самолет летит вдоль параллели, на которой расположены Москва и Новосибирск. Поскольку Новосибирск находится восточнее Москвы, самолет летит с востока на запад, т.е. Против вращения Земли. В таком случае, чтобы вылететь и приземлиться в одно и то же поясное время самолет должен двигаться с той же скоростью, что и скорость вращения Земли на широте Москвы (Новосибирска).

Теперь учтем, что Москва и Новосибирск не обязательно должны располагаться в середине своих часовых поясов. Пусть n — разница часовых поясов Москвы и Новосибирска. Один часовой пояс занимает на поверхности Земли полосу 15° . Если Москва расположена на западной границе часового пояса, а Новосибирск на восточной границе, то расстояние между ними составит $15^\circ (n + 1)$, а если Москва находится на восточной границе пояса (как есть на самом деле), а Новосибирск на западной, то расстояние между ними составит $15^\circ (n - 1)$. Длина одного градуса на широте Москвы составляет 62 км. Значит расстояние между Москвой и Новосибирском составляет $930 (n \pm 1)$ км. Отсюда мы видим, что абсолютная погрешность определения скорости самолета составляет 930 км/ч, вне зависимости от того, сколько часовых поясов разделяет Москву и Новосибирск. Относительная погрешность равна $1/n$.

2. Условие. Для решения одной из наблюдательных программ одна из отечественных астрономических обсерваторий решила свой телескоп-рефрактор на экваториальной монтировке перенести из России на территорию Чили в качестве отдельного вспомогательного наблюдательного инструмента. Какие технические операции должны заранее предусмотреть наладчики при установке данного телескопа на новом месте? Отличаются ли эти технические действия при аналогичном переносе рефрактора в Австралию?

2. Решение. Экваториальная монтировка телескопа устроена таким образом, чтобы одна из осей (полярная ось), вокруг которой может поворачиваться телескоп, совпадала бы с осью мира. Тогда во время наблюдений достаточно поворачивать телескоп вокруг этой

17 марта 2012 год.
66-я Московская астрономическая олимпиада

оси со скоростью вращения небесной сферы, чтобы исследуемый объект всегда оставался неподвижным в поле зрения.

На разных широтах наклон оси мира к горизонту разный. Значит, при размещении телескопа на другой широте необходимо каким-либо образом изменить наклон его полярной оси.

Поскольку как Чили, так и Австралия находятся в южном полушарии, то полярная ось телескопов должна быть направлена на южный полюс мира. Для наблюдателя, смотрящего в направлении северного полюса мира небесная сфера вращается против часовой стрелки, а для наблюдателя, смотрящего на южный полюс мира — по часовой стрелке. А это значит, что необходимо, соответствующим образом перенастроить часовой механизм телескопа (устройство, поворачивающий телескоп вокруг полярной оси).

3. Условие. Мог ли Галилео Галилей, зарисовывая расположение четырёх ближайших к Юпитеру спутников «имени себя», случайно наблюдать в свой телескоп «планету» Плутон?

3. Решение. Звездная величина Плутона меняется в зависимости от того, как далеко он расположен от Солнца и от Земли, но не бывает меньше 13.5, в то время как Галилей в свой телескоп с диаметром апертуры менее 4 см видел звезды примерно до +8 величины. Так что, он никак не мог разглядеть Плутон. Не зря его открыли только в XX веке с помощью фотопластинок.

Дополнительным препятствием для наблюдения Плутона вместе со спутниками Юпитера может служить следующее. Перигелий Плутон прошел примерно 20 лет назад (известно, что в конце XX века Плутон был ближе к Солнцу, чем Нептун). В перигелии Плутон максимально поднимается над плоскостью эклиптики. Галилей делал свои открытия около 400 лет назад, что составляет 1.6 250-летнего периода Плутона. Т.е., во времена Галилея Плутон не мог находиться вблизи Юпитера.

4. У Анатолия Щербакова в поэме «Байконур, XX век» есть такие строки:

*Вновь антенны смотрят ввысь
Все пристальней.
Даль межзвёздных шорохов полна.
И летит секунд примерно триста к ней,-
К ней, к Венере, радиоволна...*

Предположим, что радиосигнал с Земли достиг Венеры ровно за 300 секунд. В какой фазе была видна Венера земному наблюдателю в момент отправки этого сигнала?

4. Решение. 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

$$TV = c \cdot t = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 300 \text{ с} = 9 \cdot 10^{10} \text{ м} = 0.6 \text{ а.е.}$$

По теореме косинусов

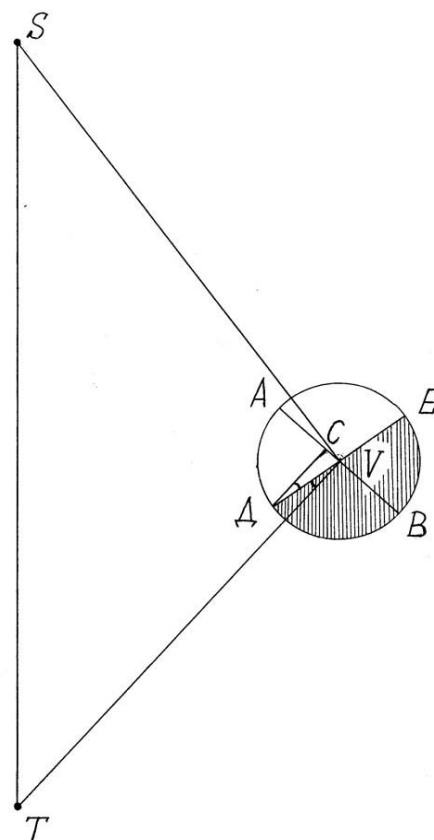
$$\cos SVT = (SV^2 + TV^2 - ST^2) / (2 \cdot SV \cdot TV) = -0.14,$$

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 $SVT - 90^\circ = 8^\circ$.

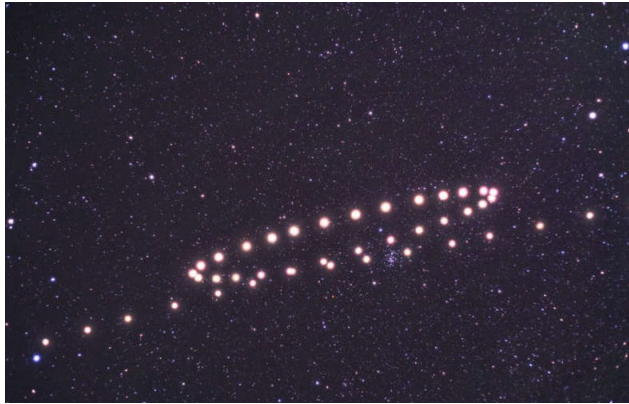
Фазой планеты называют отношение освещённой части диаметра планеты ко всему диаметру: $\Phi = AC/AB$. В треугольнике CDV угол $CDV = DVT = 8^\circ$, а сторона $CV = DV \cdot \sin 8^\circ = (AB/2) \cdot \sin 8^\circ$. Таким образом,

$$\Phi = (AB/2 - CV) / AB = (AB/2 - (AB/2) \cdot \sin 8^\circ) / AB = (1 - \sin 8^\circ) / 2 = 0.43.$$



17 марта 2012 год.
66-я Московская астрономическая олимпиада

5. Условие. Перед вами — коллаж из фотографий Марса, который показывает видимый путь планеты за некоторое время. По фото определите, выше или ниже плоскости эклиптики находилась в этот период планета. (Север на фото сверху)



5. Решение. 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 расположена чуть ниже. 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 севернее остальной траектории потому, что земной наблюдатель смотрел на планету «снизу», следовательно, Марс находился севернее плоскости эклиптики.