11 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 поясняйте графически. Длину окружности экватора Земли округлим до 40 тыс. км.

1. Решение. См. решение 10 класса.

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. См. решение 10 класса.

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

3. Решение. См. решение 10 класса.

4. Условие. Наблюдаются два звёздных скопления находящихся в разных направлениях от нас. В направлении первого скопления межзвёздное поглощение равно 0.0010^m/пк, в направлении второго 0.0020^m/пк. Определите какое из скоплений ближе и во сколько раз, если в первом наблюдается цефеида типа δ Cep с периодом 3 суток и видимой звёздной величиной 12^m, во втором также наблюдается цефеида типа δ Cep, но с периодом 25 суток и видимой звёздной величиной 10^m. Для цефеид типа δ Cep характерна зависимость между абсолютной звёздной величиной и периодом $M_v = -1.01 + 2.87 \cdot \log P$.

4. Решение. Сначала найдём абсолютную звёздную величину каждой из цефеид. Она однозначно определяется из зависимости

$$M_v = -1.01 + 2.87 \cdot \log P$$

Отсюда получаем

$$M_1 \approx -2.38^m \text{ и } M_2 \approx -5.02^m.$$

Далее нужно использовать формулу Погсона

$$M - m = -5 \cdot \lg(r/10).$$

Отсюда получаем $r_1 \approx 7.52$ кпк, $r_2 \approx 10.1$ кпк. То есть первое скопление ближе в 1.34 раза. Но этот ответ будет неверным, так как не учтено межзвёздное поглощение, играющее значительную роль на таких расстояниях. Формула с учётом поглощения

$$M - m = -5 \cdot \lg(r/10) - \tau \cdot r.$$

Результат в этом случае будет $r_1 \approx 2.44$ кпк и $r_2 \approx 1.85$ кпк. То есть второе скопление ближе в 1.32 раза. Основная сложность состоит в получении этого результата, то есть в решении данного уравнения.

Наилучшие по точности решения могут быть получены графическим способом, а также с задания зависимости расстояние — звёздная величина с помощью таблицы значений.

Также можно решить это уравнение с помощью приближений, например, с использованием приближения $e^x \approx 1+x$ или $10^x \approx \ln(10) \cdot (1 + x)$. То есть:

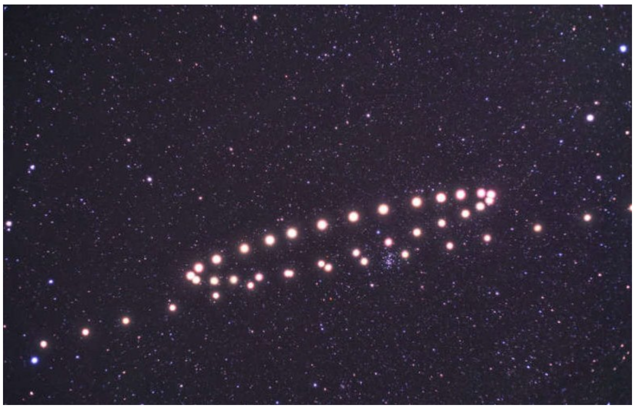
$$10^{-0,4\cdot(M - m)} = r / 10 \cdot 10^{0,4\cdot\tau\cdot r}$$

$$10^{-0,4\cdot(M - m)} \approx r / 10 \cdot \ln(10)\,(1 + 0.4 \cdot \tau \cdot r)$$

Из полученного квадратного уравнения можно получить расстояния $r_1 \approx 1.87$ кпк и $r_2 \approx 1.80$ кпк и соответствующее отношение 1.04. Затем этот ответ должен быть уточнён «подбором».

Ответ: Второе скопление ближе в 1.32 раза.

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. См. Решение 10 класса.

6. Условие. В рассказе «Очень холодно» современный российский фантаст Борис Руденко так описывает родную планету главного героя:

«Айсбург вращался вокруг своего солнца по вытянутой эллиптической орбите. Каждый оборот он на четыре стандартных года удалялся от светила, превращаясь на это время в мир холода и льда, сохраняющий атмосферу и океанские глубины незамерзающими лишь за счёт тепла горячего ядра планеты. А следующие два года на Айсбурге царило жаркое, невыносимо жаркое лето. Природа Айсбурга за миллионы лет приспособилась к этим условиям.» (Борис Руденко «Очень холодно» — «Если» №11, 2010 год, стр.159).

Оцените эксцентриситет орбиты планеты.

6. Решение. 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 альбедо 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 σ — 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

$$\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2$$

где е — эксцентриситет орбиты планеты. После подстановки этого отношения в предыдущее получаем

$$\left(\frac{T_n}{T_a}\right)^2 = \frac{1+e}{1-e}$$

откуда е = 0.18 — всего вдвое больше, чем у Марса.