



XXX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
отборочный тур, решения

2023  
до 22  
января

10 класс

1. В тесной двойной системе видимые звездные величины компонентов равны  $+2^m.00$  и  $+4^m.00$ . Чему равна видимая звездная величина системы как единого целого?

**Решение:**

При рассмотрении двойной системы как единого целого необходимо сложить освещенности, создаваемые каждым компонентом в точке наблюдения:  $E = E_1 + E_2$ . Тогда при сравнении видимых звездных величин всей двойной и первого компонента по формуле Погсона мы получим

$$m - m_1 = -2.5 \lg \frac{E}{E_1} = -2.5 \lg \left( 1 + \frac{E_2}{E_1} \right).$$

Отношение освещенностей от двух компонентов мы можем получить по формуле Погсона, сопоставив звездные величины компонентов:

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg \frac{E_2}{E_1} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 10^{0.4(m_1 - m_2)}.$$

Подставляем в формулу Погсона для системы в целом:

$$m - m_1 = -2.5 \lg \left( 1 + \frac{E_2}{E_1} \right) = -2.5 \lg (1 + 10^{0.4(m_1 - m_2)}) = -2.5 \lg (1 + 10^{0.4(2-4)}) = -0.16.$$

Отсюда  $m = 2 - 0.16 = 1^m.84$ .

*А.В.Веселова*

2. Выберите звезды, более половины суток находящиеся над горизонтом в Санкт-Петербурге.

- (a) Арктур
- (b) Дубхе
- (c) Антарес
- (d) Сириус
- (e) Канопус
- (f) Вега

**Решение:**

Правильные ответы: a,b,f.

Более половины суток над горизонтом для наблюдателя в Северном полушарии находятся те звезды, которые лежат севернее небесного экватора, то есть звезды со склонением более  $0^\circ$ . Заметим, что Антарес и Канопус — звезды южных созвездий Скорпиона и Киля, поэтому более половины суток над горизонтом находиться не могут; более того, Канопус

из Санкт-Петербурга не наблюдается. Сириус — ярчайшая звезда Большого Пса — над горизонтом Санкт-Петербурга поднимается невысоко, что также позволяет догадаться о расположении Сириуса в южной части небесной сферы. Дубхе — это звезда Большой Медведицы, так что находится в северной части небесной сферы. Вега — ярчайшая звезда созвездия Лиры, и Арктур — ярчайшая звезда Волопаса, также принадлежат северной части неба.

*А.В.Веселова*

3. Радиоинтерферометрический комплекс «Квазар–КВО» Института прикладной астрономии РАН содержит радиотелескопы, разнесенные на максимальное расстояние около 4400 км. Оцените предельное угловое разрешение комплекса (в угловых секундах) при наблюдениях на длине волны 13 см.

**Решение:**

Предельное угловое разрешение интерферометра в радианах можно оценить как

$$\beta \approx \frac{\lambda}{D},$$

где  $\lambda$  — длина волны наблюдения,  $D$  — расстояние между элементами интерферометра. Подставив данные и умножив результат на  $2 \cdot 10^5$  (количество секунд в радиане), получим

$$\beta["] \approx \frac{13}{4400 \cdot 10^5} \cdot 2 \cdot 10^5 \approx 0''.006.$$

*П.А.Тараканов*

4. Геоцентрический экваториальный спутник на круговой орбите движется в ту же сторону, что и Луна, но период его обращения равен 15 часам. Выберите верные утверждения.
- (a) Для наблюдателя на экваторе спутник восходит на востоке и заходит на западе.
  - (b) Для наблюдателя на экваторе спутник восходит на западе и заходит на востоке.
  - (c) Для геоцентрического наблюдателя угловая скорость движения спутника по небу составляет  $24^\circ/\text{ч}$ .
  - (d) Радиус орбиты спутника равен примерно 24 тысячам км.
  - (e) Радиус орбиты спутника равен примерно 31 тысяче км.
  - (f) Для наблюдателя, находящегося на экваторе Земли, спутник не реже чем раз в сутки проходит по диску Луны.

**Решение:**

Правильные ответы: b,c,e.

Сразу же заметим, что раз спутник обращается вокруг Земли в том же направлении, что и Луна, то он движется с запада на восток. Сама Земля вращается вокруг своей оси в том же направлении (и именно поэтому суточное движение неподвижных или малоподвижных небесных тел происходит в обратном направлении).

Спутник обращается вокруг Земли за 15 часов, что меньше периода обращения Земли вокруг своей оси, следовательно, спутник движется с большей угловой скоростью  $\omega$ , нежели вращается Земля ( $\omega_\oplus$ ). Для неподвижного наблюдателя на экваторе видимое движение спутника проходит с относительной угловой скоростью  $\omega' = \omega - \omega_\oplus$ . Поскольку эта величина положительна, спутник восходит на западе и заходит на востоке. Таким образом, утверждение (a) неверно, а (b) — верно.

Для геоцентрического наблюдателя вращение Земли «не играет роли» и угловая скорость спутника оказывается равной  $360^\circ/15 \text{ часов} = 24^\circ/\text{час}$ , утверждение (c) верно.

Оценим радиус орбиты, воспользовавшись III законом Кеплера:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\oplus}},$$

откуда получим  $a \approx 30900$  км (можно также сравнить спутник с геостационарным, радиус орбиты которого известен или легко находится). Получаем, что утверждение (d) неверно, а (e) — верно.

Если бы спутник каждые сутки проходил по диску Луны, то это означало бы, что Луна всегда (по крайней мере не реже чем раз в сутки) оказывается в плоскости экватора Земли, а это — при периоде ее обращения вокруг Земли около месяца — возможно только в том случае, если ее орбита лежит в плоскости экватора (с очень небольшими возможными отклонениями, порядка углового размера Луны, т.е. менее чем  $1^\circ$ ). Это явно неверно, так что и утверждение (f) неверно тоже.

*А.В.Веселова, П.А.Тараканов*

5. Вам предлагается несколько утверждений. Для каждого из них выберите, согласны Вы с ним («да») или нет («нет»), можно также выбрать вариант «не знаю».

- (a) Склонение Солнца меняется с наименьшей скоростью в конце сентября.
- (b) Во время третьей четверти Луна на небе находится в  $90^\circ$  к западу от Солнца.
- (c) Юпитер в квадратуре виден с Земли в телескоп в виде полумесяца.
- (d) При удалении кометы от Солнца газовый хвост движется впереди ядра.
- (e) Считается, что Солнце взорвется как сверхновая примерно через 5 миллиардов лет.
- (f) Расстояние между центрами соседних галактик может быть меньше, чем сумма их размеров.
- (g) Размер наблюдаемой части Вселенной больше, чем возраст Вселенной, умноженный на скорость света.
- (h) Словом «болид» называется оптическое явление.

**Решение:**

- (a) Нет. В окрестности равноденствий (а осеннее равноденствие происходит как раз во второй половине сентября) склонение Солнца меняется быстрее всего.
- (b) Да. Поскольку в этой фазе освещена половина диска Луны, Солнце находится на  $90^\circ$  от него. Поскольку освещена та половина, в сторону, противоположную которой происходит суточное движение неба, то Солнце находится восточнее Луны, а Луна, соответственно, западнее Солнца.
- (c) Нет. Для того, чтобы увидеть любой объект в такой фазе, необходимо, чтобы он находился ближе к Солнцу, чем Земля. В такой ситуации Солнце, Земля и объект образуют прямоугольный треугольник (с прямым углом в вершине, соответствующей объекту), и гипотенуза этого треугольника (расстояние Солнце–Земля) заведомо больше, чем любой из катетов, в том числе и Солнце–объект. Для внешних планет подобное невозможно, даже в минимальной фазе у них освещено существенно больше половины диска.
- (d) Да. Газ в хвосте ионизируется и разгоняется частицами солнечного ветра до скоростей, существенно превышающих скорость движения кометы, поэтому газовый хвост всегда направлен практически точно от Солнца, куда бы комета при этом не двигалась. Если она тоже движется от Солнца, то хвост оказывается перед ней.
- (e) Нет. Сверхновая из Солнца не получится, у него для этого слишком мала масса.

(f) Да. Яркий пример тому — любая пара взаимодействующих галактик, например, эта:



- (g) Да. На начальных стадиях эволюции Вселенная расширялась со скоростью, существенно превышающей световую (что ничем не запрещено — это не скорость движения одного объекта в инерциальной системе отсчета, связанной с другим объектом). В итоге радиус наблюдаемой части Вселенной — около 46 миллиардов световых лет, а возраст — около 14 миллиардов лет.
- (h) Да. Просто по определению: болид — это яркий метеор, а последний, в свою очередь, именно явление (в отличие от метеороида — летящего тела и метеорита — уже упавшего тела).

*А.В.Веселова, М.И.Волобуева, М.В.Костина, П.А.Тараканов*