

# XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Волгоград, 2018 г.

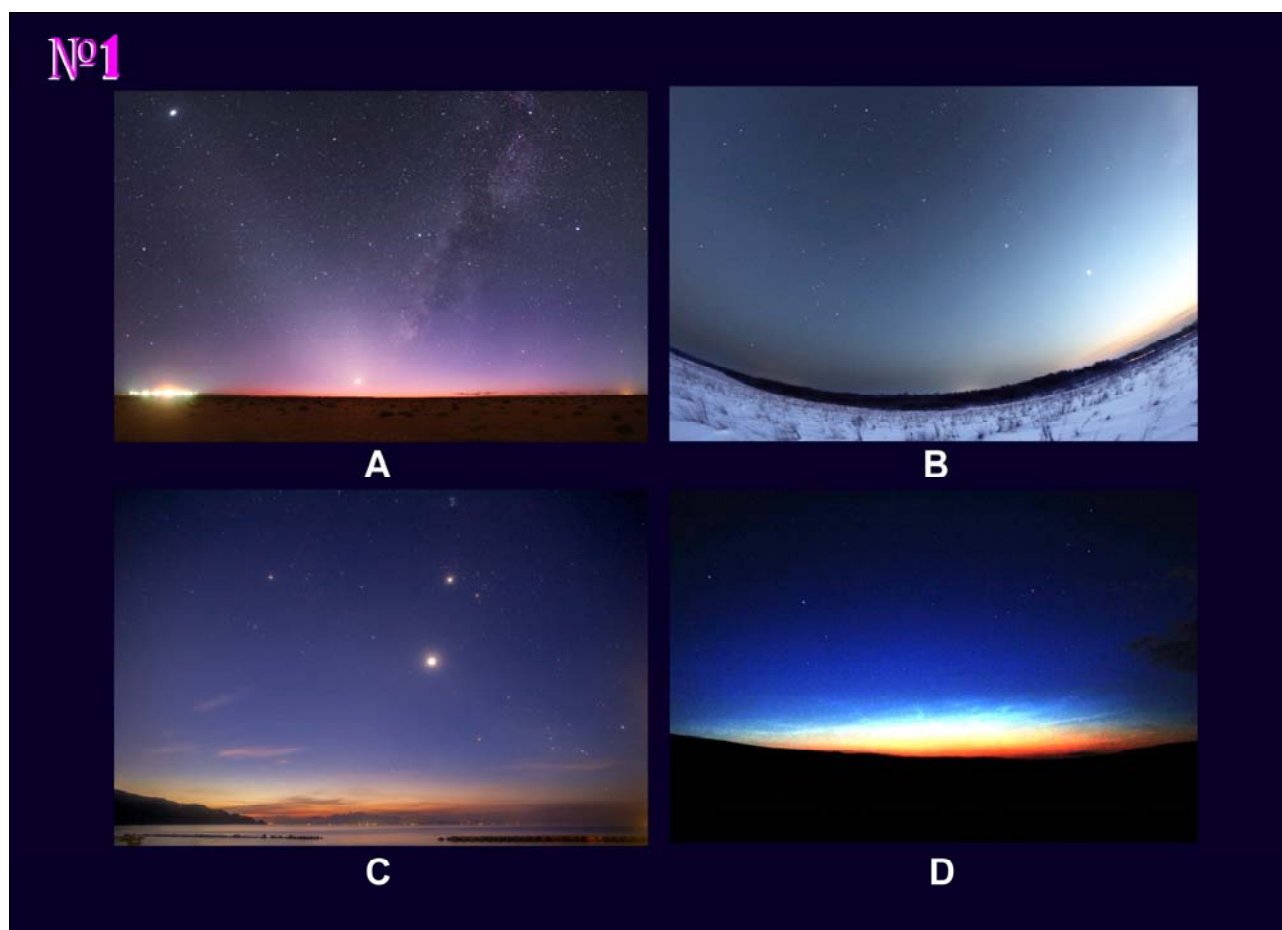
## Блиц-тест

### IX/X/XI.1 СЕЗОН ЗА СЕЗОНОМ

*О.С. Угольников*



**Условие.** Расставьте фото А, В, С, D в хронологии съемки от начала до конца года (известные авторы фото – К. Грейсон, Т. Тезель)



**Решение.** В условии задачи не сказано, на каких широтах и в какое время суток сделаны фотографии. Но на них видны зодиакальные созвездия (в отдельных случаях – с планетами), на фото В, С и D – фон зари. На фото А зарю можно спутать с засветкой от населенного пункта, однако там присутствует другая важная деталь – зодиакальный свет. Он пересекается

с Млечным путем в созвездии Стрельца, расположенном у горизонта. Выше видны созвездия, расположенные восточнее Стрельца – Орел, Щит, Козерог, Водолей (с яркой планетой). У горизонта зодиакальный свет становится ярче, следовательно, Солнце находится недалеко от созвездия Стрельца к западу вдоль эклиптики. Картина наблюдалась в октябре-ноябре.

На фото В видны созвездия Ориона, Тельца, Возничего, Персея и Овна. Фон зари (очевидно, вечерней) попадает на созвездие Рыб, также видны две планеты (достаточно яркие, вероятнее всего – Венера и Юпитер). Фото сделано вечером в конце зимы.

На фото С также видны созвездия Тельца, Ориона и Возничего, а также две планеты, скорее всего – вновь Венера и Юпитер. Положение Солнца соответствует созвездиям Близнецов или Рака, дело происходило утром в конце лета.

Наконец, на фото D присутствуют серебристые облака, видимые в высоких широтах на ночной заре летом. Мы также видим звезду Капелла, из чего можем сделать вывод, что лето наступило в северном полушарии. Капелла располагается левее максимума яркости зариного сегмента, из чего можно сделать вывод, что дело происходило в самом начале лета или даже в конце мая.

Итак, фотографии нужно расставить в следующем порядке: В, D, С, А.

**Алгоритм оценивания.** Общая оценка складывается из количества правильных пар в ответе участников. Всего возможных пар из четырех фотографий шесть, в каждой из них буквы в ответе должны идти в правильном порядке. Например, для пары С-А правильным считается ответ, в котором знак С стоит раньше знака А (фото С снято в более ранний сезон года, чем фото А). Каждая правильная пара оценивается в 1 балл, кроме пар D-С и В-А, которые оцениваются по 2 балла.

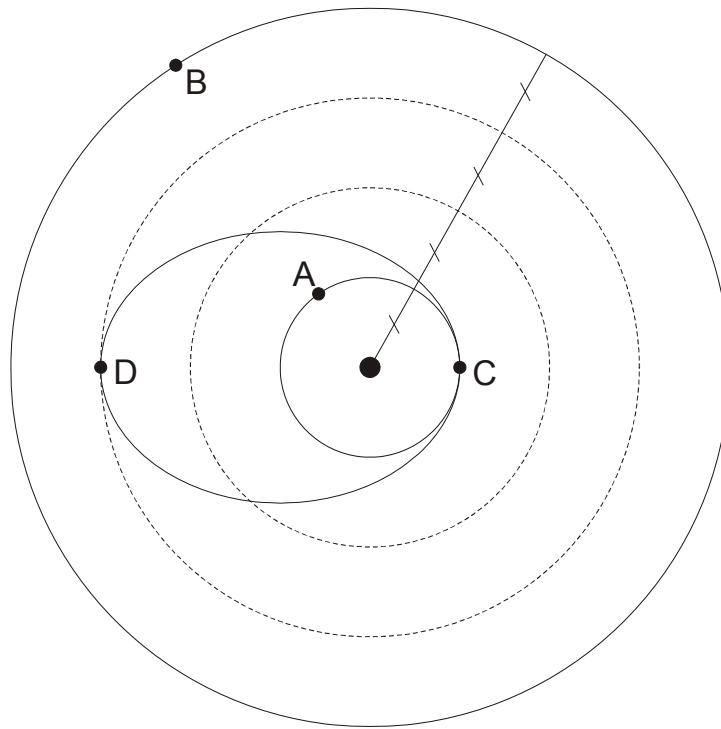
При появлении в решении двух или более противоположных пар (например, ответ А, В, А, В или А, В, А, С с парами А-В и В-А) все эти пары, в том числе правильные, не оцениваются. При дублировании одной пары без противоположной (например, ответ В, В, D, D) эта пара оценивается только один раз.

## IX/X/XI.2 ТЕЛА НА ОРБИТАХ

О.С. Угольников



**Условие.** Вам предложена схема (в масштабе) положения четырех тел, обращающихся по орбитам вокруг общей центральной большой массы. Орбиты тел А и В – окружности, тел С и D – эллипс, показанный на рисунке. Расставьте тела А, В, С и D в порядке увеличения мгновенной линейной скорости.



**Решение.** Примем отрезок, обозначенный на рисунке перечеркнутой линией, за  $R$ . Тогда орбита тела А – круг с радиусом  $R$ , орбита тела В – круг с радиусом  $4R$ . Обозначив массу центрального тела через  $M$ , получаем величины скоростей:

$$v_A = \sqrt{\frac{GM}{R}} \equiv V; \quad v_B = \sqrt{\frac{GM}{4R}} = \frac{V}{2}.$$

Тела С и D движутся по эллиптической орбите с перигентрическим расстоянием  $R$  и апоцентрическим расстоянием  $3R$ . Эксцентриситет этой орбиты равен

$$e = \frac{3R - R}{3R + R} = 0.5.$$

Скорости тел С и D равны перигентрической и апоцентрической скорости для этой орбиты:

$$v_C = \sqrt{\frac{GM}{R}(1+e)} = V\sqrt{3/2}; \quad v_D = \sqrt{\frac{GM}{3R}(1-e)} = \frac{V}{\sqrt{6}}.$$

Хотя тело D располагается ближе к центральной массе, чем тело В, его скорость самая маленькая из всех четырех. Скорость тела С, напротив, самая высокая. В итоге, тела нужно разместить в следующем порядке: D, В, А, С.

**Алгоритм оценивания.** Общая оценка складывается из количества правильных пар в ответе участников. Всего возможных пар из четырех тел шесть, в каждой из них тела в ответе должны идти в правильном порядке. Например, для пары А-В правильным считается ответ, в котором знак В стоит раньше знака А (скорость тела В меньше скорости тела А). Каждая правильная пара оценивается в 1 балл, кроме пары D-В, которая оценивается в 3 балла.

При появлении в решении двух или более противоположных пар (например, ответ А, В, А, В или А, В, А, С с парами А-В и В-А) все эти пары, в том числе правильные, не оцениваются. При дублировании одной пары без противоположной (например, ответ D, D, В, В) эта пара оценивается только один раз.

# IX/X/XI.3 ЗАТМЕННАЯ СИСТЕМА

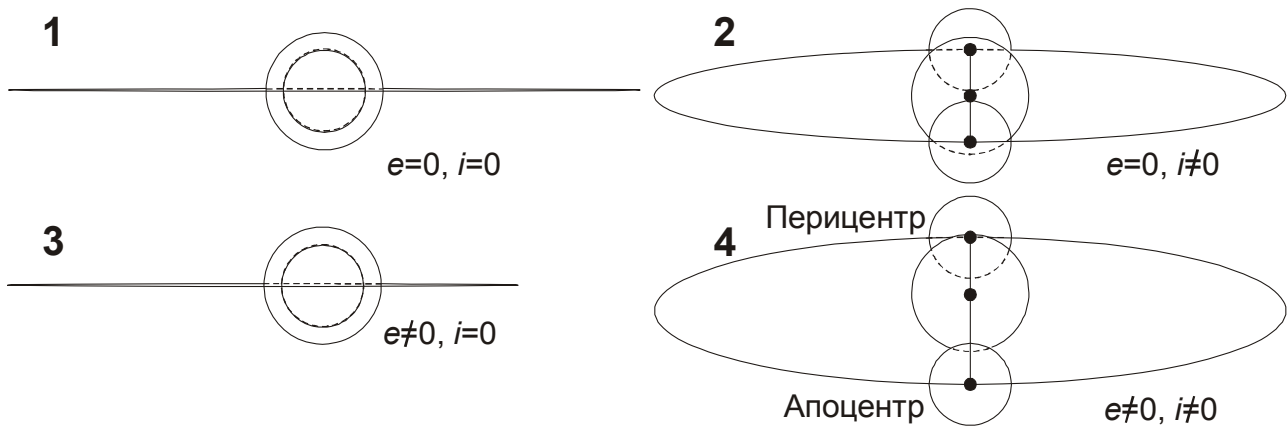
О.С. Угольников



**Условие.** Далекая затменная двойная система состоит из звезд с одинаковой эффективной температурой и химическим составом. Отметьте в таблице галочками, при каких сочетаниях эксцентриситета орбит звезд и их наклона к лучу зрения глубины главного и вторичного минимумов обязательно окажутся одинаковыми. Потемнением дисков звезд к краю пренебречь.

|   |   |
|---|---|
| 1 | Эксцентриситет $e = 0$ , наклон орбит $i = 0$       |
| 2 | Эксцентриситет $e = 0$ , наклон орбит $i \neq 0$    |
| 3 | Эксцентриситет $e \neq 0$ , наклон орбит $i = 0$    |
| 4 | Эксцентриситет $e \neq 0$ , наклон орбит $i \neq 0$ |

**Решение.** Рассмотрим затмевную систему во всех четырех случаях. Для удобства будем считать одну из звезд (большую по размерам) неподвижной.



Равенство температур звезд означает равенство их поверхностных яркостей. В этом случае глубина минимума определяется только площадью затмившейся части той или иной звезды. Учтем также, что расстояние между звездами существенно меньше их расстояния до Земли, и видимые размеры звезд будут неизменными во времени. В случае нулевого наклона орбит звезд (варианты 1 и 3) меньшая звезда будет затмеваться полностью, а во время другого минимума она будет затмевать такой же по площади участок большей звезды. Глубина минимумов будет одинаковой, вне зависимости от эксцентриситета орбиты.

Если орбита наклонена к лучу зрения, но при этом круговая (вариант 2), то затмения могут быть как полными, так и частными, но площадь затмившегося участка в обоих минимумах будет одинаковой. При равенстве температур это означает равную глубину минимума. И только в случае эллиптических орбит, наклоненных к лучу зрения (вариант 4), площади затмившихся частей дисков могут различаться. Итак, правильные ответы:

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ✓ | ✓ | ✓ |   |

**Алгоритм оценивания.** Каждый из четырех ответов оценивается в соответствии с таблицей:

| Ответ | V | - |
|-------|---|---|
| 1     | 1 | 0 |
| 2     | 2 | 0 |
| 3     | 2 | 0 |
| 4     | 0 | 3 |

## IX.4 ОБЪЕКТЫ ДАЛЕКОГО КОСМОСА

О.С. Угольников



**Условие.** Расположите дип-скай объекты 1, 2, 3, 4 на фотографиях в порядке увеличения расстояния от Земли.

№4

1 2 3 4

**Решение.** Мы можем сразу обратить внимание, что два из четырех объектов (3 и 4) принадлежат нашей Галактике, а два других (1 и 2) – далекие галактики. Очевидно, что

объекты 3 и 4 должны быть указаны первыми. Чтобы расставить их по порядку, заметим, что объект 3 – планетарная туманность – конечная стадия жизни одной звезды солнечного типа. Она не может быть хорошо видна с больших расстояний, сопоставимых с расстоянием до центра Галактики. Напротив, объект 4 – шаровое скопление, представляющее балдж или гало Галактики. Все шаровые скопления нашей Галактики удалены от нас на несколько килопарсек. Итак, первыми должны быть указаны объекты 3 (туманность M57, 700 пк) и 4 (шаровое скопление M13, 7.5 кпк).

Из двух галактик (1 и 2) одна – спиральная галактика Андромеды, самая близкая к Млечному Пути спиральная галактика (расстояние 700 кпк, галактика 2). Галактика 1 – эллиптическая галактика с активным ядром (на рисунке виден джет). В локальной группе галактик, к которой принадлежат наша Галактика и Туманность Андромеды, галактик с активными ядрами нет. Поэтому галактика 1 должна находиться гораздо дальше, чем галактика Андромеды. Галактика 1 – одна из самых больших известных эллиптических галактик с гигантской сверхмассивной черной дырой в центре (M87, расстояние 16 Мпк). Итак, объекты нужно расположить следующим образом: 3, 4, 2, 1.

**Алгоритм оценивания.** Общая оценка складывается из количества правильных пар в ответе участников. Всего возможных пар из четырех объектов шесть, в каждой из них объекты в ответе должны идти в правильном порядке. Например, для пары 1-2 правильным считается ответ, в котором цифра 2 стоит раньше цифры 1 (объект 2 ближе объекта 1). Каждая правильная пара оценивается в 1 балл, кроме пар 2-1 и 3-4, которые оцениваются по 2 балла. При появлении в решении двух или трех противоположных пар (например, ответ 1, 2, 1, 2 или 1, 2, 1, 3 с парами 1-2 и 2-1) все эти пары, в том числе правильные, не оцениваются. При дублировании одной пары без противоположной (например, ответ 3, 3, 4, 4) эта пара оценивается только один раз.

## X/XI.4 ОБЪЕКТЫ ДАЛЕКОГО КОСМОСА

О.С. Угольников



**Условие.** Для каждого из четырех дип-сай объектов на фотографиях определите, могут ли в них в будущем вспыхнуть сверхновые звезды, поставив буквы А (не могут), В (могут, только I типа), С (могут, только II типа), D (могут, обоих типов).

*То же фото, что и в задаче IX.4.*

**Решение.** Как известно, Сверхновыми звездами I типа могут стать достаточно старые звезды, в частности, белые карлики, если они входят в состав тесных двойных систем с перетеканием массы. Если по прошествии какого-то времени белый карлик, наращивая свою массу, превысит предел Чандрасекара, то возможен его коллапс в нейтронную звезду, сопровождающийся вспышкой. Это может произойти вдали от области звездообразования. Напротив, Сверхновые II типа – это молодые и очень массивные звезды, которые появляются в областях интенсивного звездообразования и достаточно быстро проходят свой эволюционный путь. Из всех объектов на фото такие области звездообразования есть только в спиральной галактике Андромеды (фото 2). Сверхновые звезды I типа, помимо этой галактики, вполне могут вспыхнуть в эллиптической галактике M87 (фото 1) и шаровом скоплении M13 в нашей Галактике (фото 4). На фото 3 изображена планетарная туманность M57 – конечный путь эволюции звезды меньшей массы. В ее центре находится белый карлик, рядом с ним нет никаких ярких массивных звезд. Вспышки Сверхновой звезды там произойти не может. Итак, правильный ответ:

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| B | D | A | B |

**Алгоритм оценивания.** Число баллов, соответствующее каждому возможному ответу по четырем объектам, приведено в таблице:

| Фото | Нет ответа | A | B | C | D |
|------|------------|---|---|---|---|
| 1    | 0          | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 2    | 0          | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 3    | 0          | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 4    | 0          | 0 | 2 | 0 | 0 |