

# XXIV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

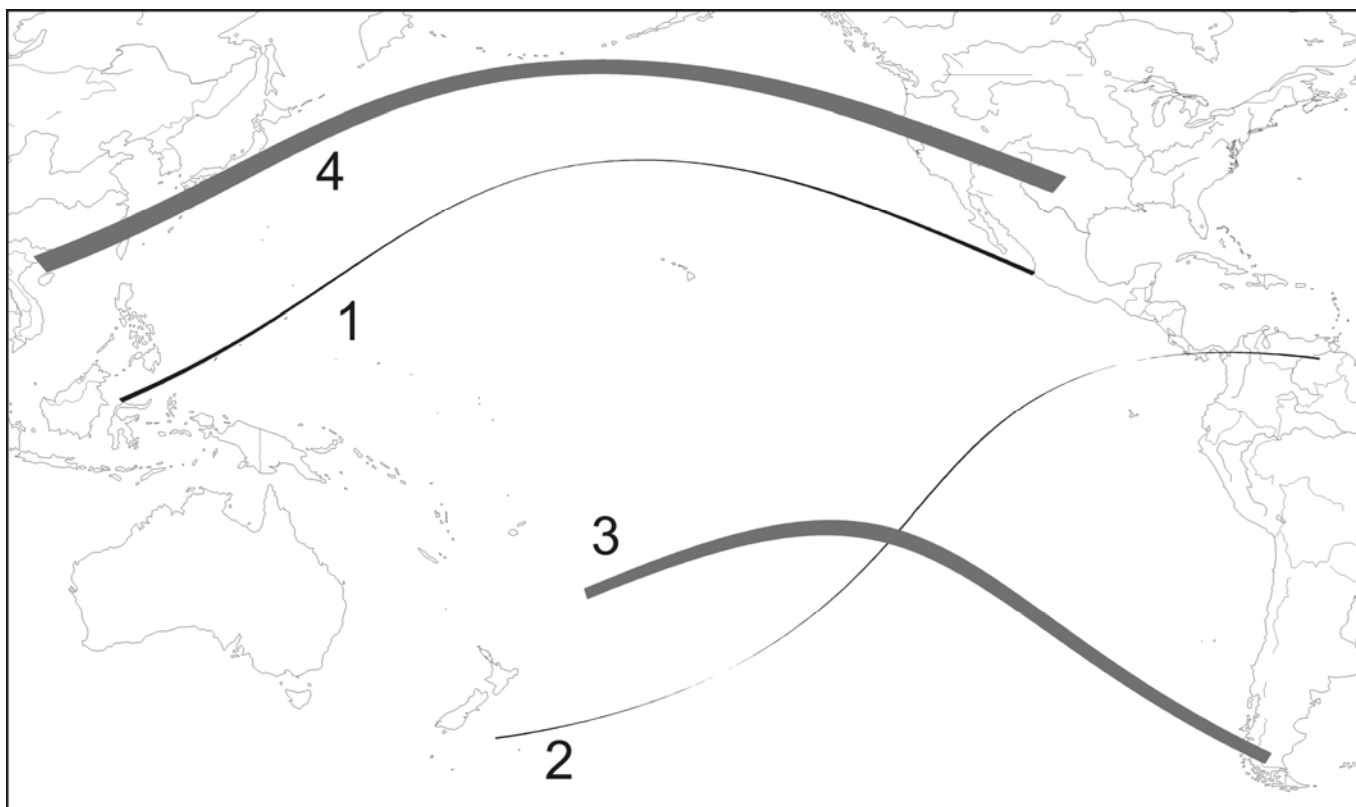
Смоленск, 2017 г.

## Блиц-тест

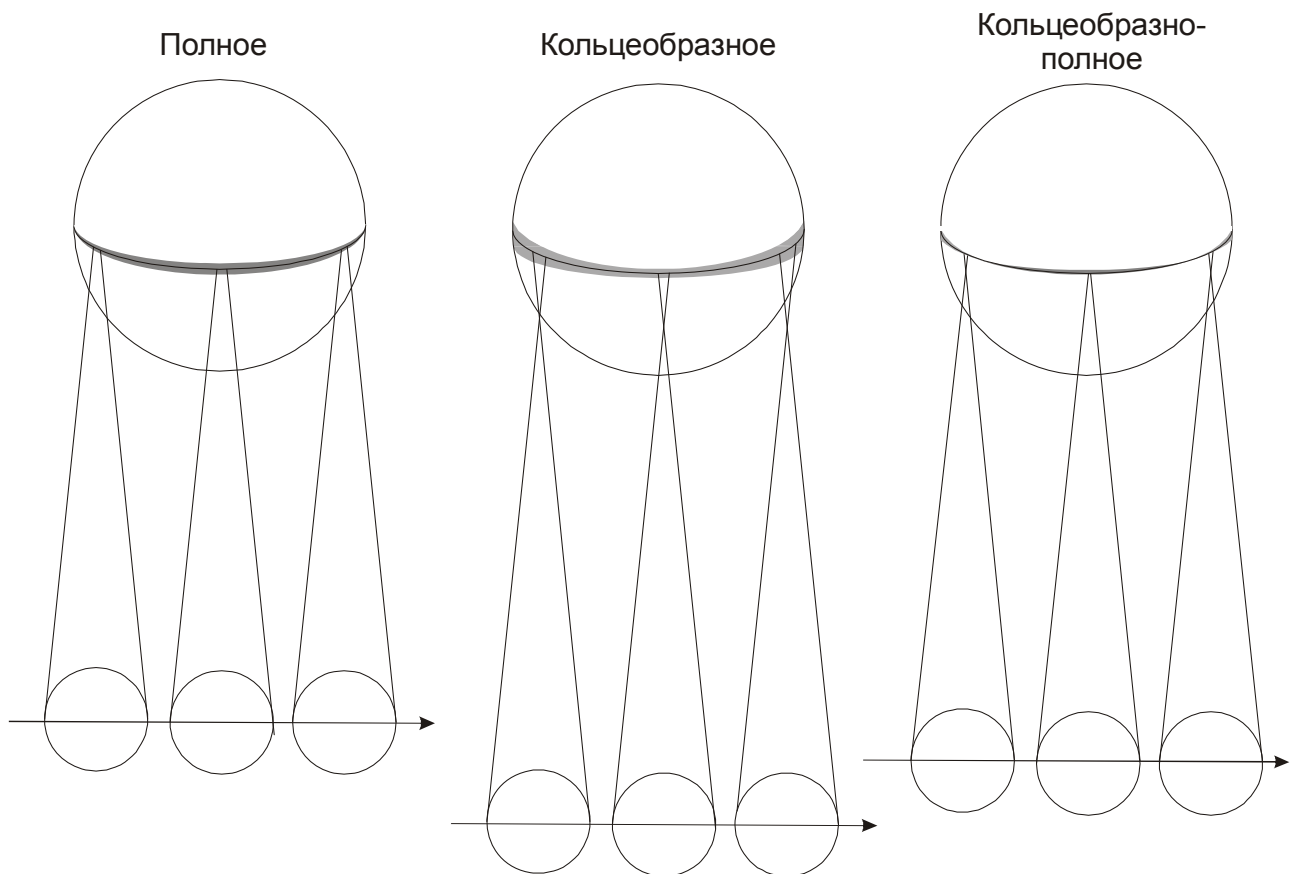
### IX/X/XI.1 ЧЕТЫРЕ ПОЛОСЫ

*О.С. Угольников*

**Условие.** Перед Вами карта части поверхности Земли, на которой нанесены области видимости полных и кольцеобразных фаз четырех солнечных затмений. Определите тип каждого затмения, вписав букву в соответствующую графу таблицы: А – кольцеобразное, В – кольцеобразно-полное, С – полное.



**Решение.** Обратим внимание, что полосы затмений несколько разные. Полосы 1 и 4 сужаются в середине, а полоса 3, наоборот, утолщается. Полоса 2 очень тонкая, а в двух местах она сужается настолько, что почти не видна на рисунке. Рассмотрим, как изменяется по ходу движения по поверхности Земли полоса видимости затмений всех трех типов (рисунок):



У полного затмения ширина полосы в середине увеличивается, так как эти точки поверхности Земли ближе к Луне, и ее тень там шире. У кольцеобразного затмения полоса в середине, наоборот, сужается. Кольцеобразно-полное затмение начинается на Земле как кольцеобразное с постепенно сужающейся полосой. Потом она превращается в точку, в которой видно центральное затмение с фазой, равной единице (диски Солнца и Луны совпадают). Далее идет полное затмение с постепенно расширяющейся полосой до ее середины, после чего все происходит в обратном порядке. Сравнивая этот рисунок с картой в условии, мы можем ответить на вопрос задачи. Для справки приводим и даты затмений, карты которых приведены в условии.

1	2	3	4
A	B	C	A
10.06.2002	08.04.2005	10.07.2010	21.05.2012

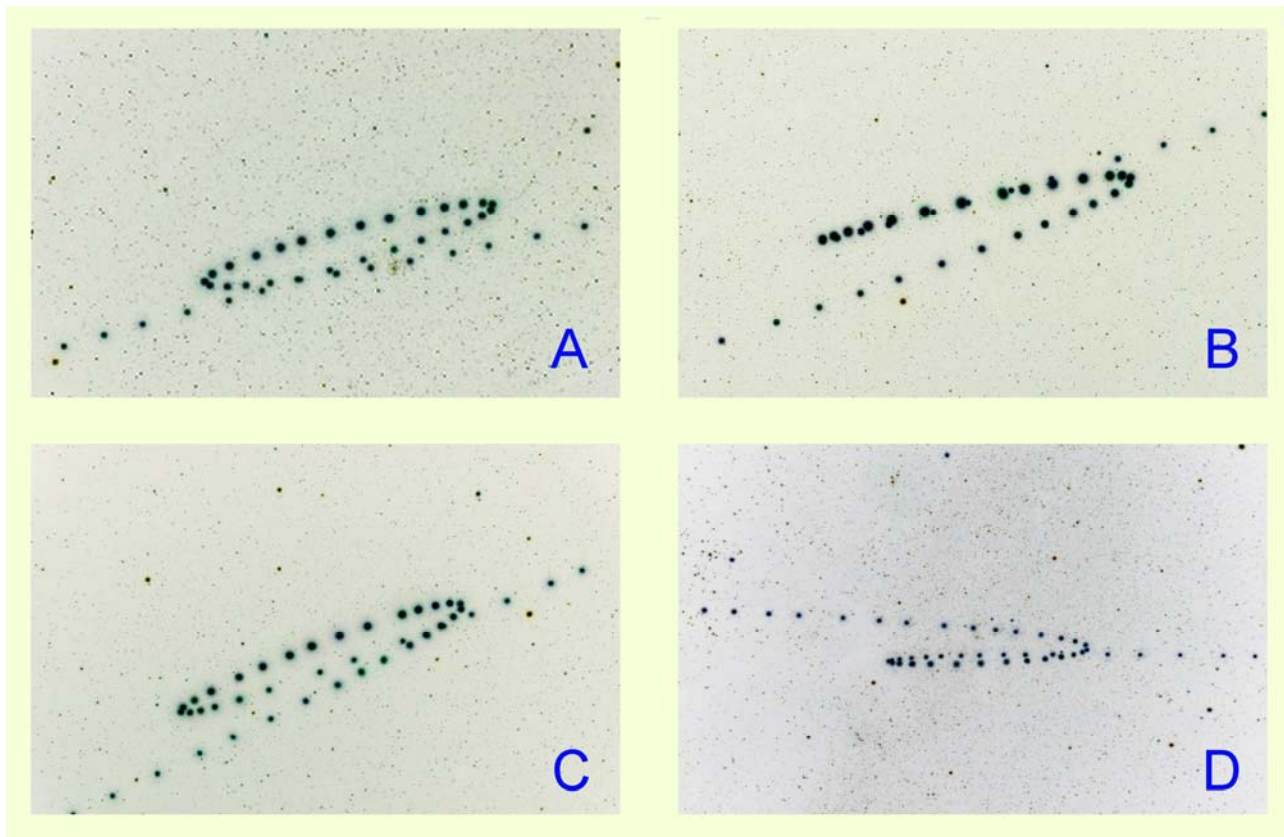
**Алгоритм оценивания.** Каждый правильный ответ оценивается в 2 балла. Некоторые неточные ответы (указание затмения 1 с тонкой полосой как кольцеобразно-полного и затмения 2 как полного) оцениваются 1 баллом.

Затмение	Нет ответа	A	B	C
1	0	2	1	0
2	0	0	2	1
3	0	0	0	2
4	0	2	0	0

# IX/X/XI.2 МАРСИАНСКИЕ ПЕТЛИ

Н.Е. Шатовская

**Условие.** На фото показаны треки Марса близи четырех последовательных противостояний (фото с сайта "Мир ночью" <http://www.twanight.org>, автор Тунк Тезель, негатив). Расположите фото в хронологической последовательности от самой ранней к самой поздней. Большая полуось орбиты Марса составляет 1.524 а.е.



**Решение.** Из большой полуоси орбиты Марса мы можем получить период его обращения вокруг Солнца (687 суток) и синодический период – промежуток времени между двумя последовательными противостояниями Марса (780 суток). Он чуть больше марсианского года и двух земных лет. Поэтому каждое следующее противостояние будет происходить несколько восточнее на небе вдоль эклиптики, чем предыдущее. Хронологический порядок можно восстановить, отождествив созвездия, по которым перемещается планета.

На фото А Марс перемещается по созвездию Рака: трек проходит по звёздному скоплению Ясли (M44), у правого края фото видны Близнецы - Кастор и Поллукс, у левого - голова Льва. На фото В несложно узнать созвездие Девы, на фото С - трапецию Льва. Таким образом, фото С сделано позже фото А и раньше фото В.

Чтобы отождествить созвездия на фото D, нужно догадаться, что оно перевернуто "вверх ногами". У верхнего края фото видны Бетельгейзе и Беллатрикс, в правом верхнем углу – Прочион, у правого края – Близнецы, у левого – голова Тельца, у нижнего – Капелла. Поскольку Телец – самое западное из упомянутых зодиакальных созвездий, фото D в хронологическом порядке должно быть первым. В таблице приведена правильная последовательность и годы, в которые были сделаны фотографии.

1	D	2007-2008
2	A	2009-2010
3	C	2012
4	B	2014

**Алгоритм оценивания.** Для оценивания решения определяется  $N$  – число правильных пар ответов, состоящих в нужной последовательности друг с другом (например, если ответ А в работе участника стоит раньше ответа В, как и должно быть, число  $N$  увеличивается на единицу). У точного ответа число  $N$  составляет 6. Оценка за задачу в зависимости от числа  $N$  определяется в соответствии с таблицей.

N	Оценка
0, 1, 2	0
3	2
4	4
5	6
6	8

При наличии повторов в ответе участника (например, дважды указана буква А) они идут в зачет, но не более одного раза. Например, при ответе D, D, A, A пара D-A является правильной, но засчитывается только один раз. Число  $N=1$ , оценка составляет 0 баллов.

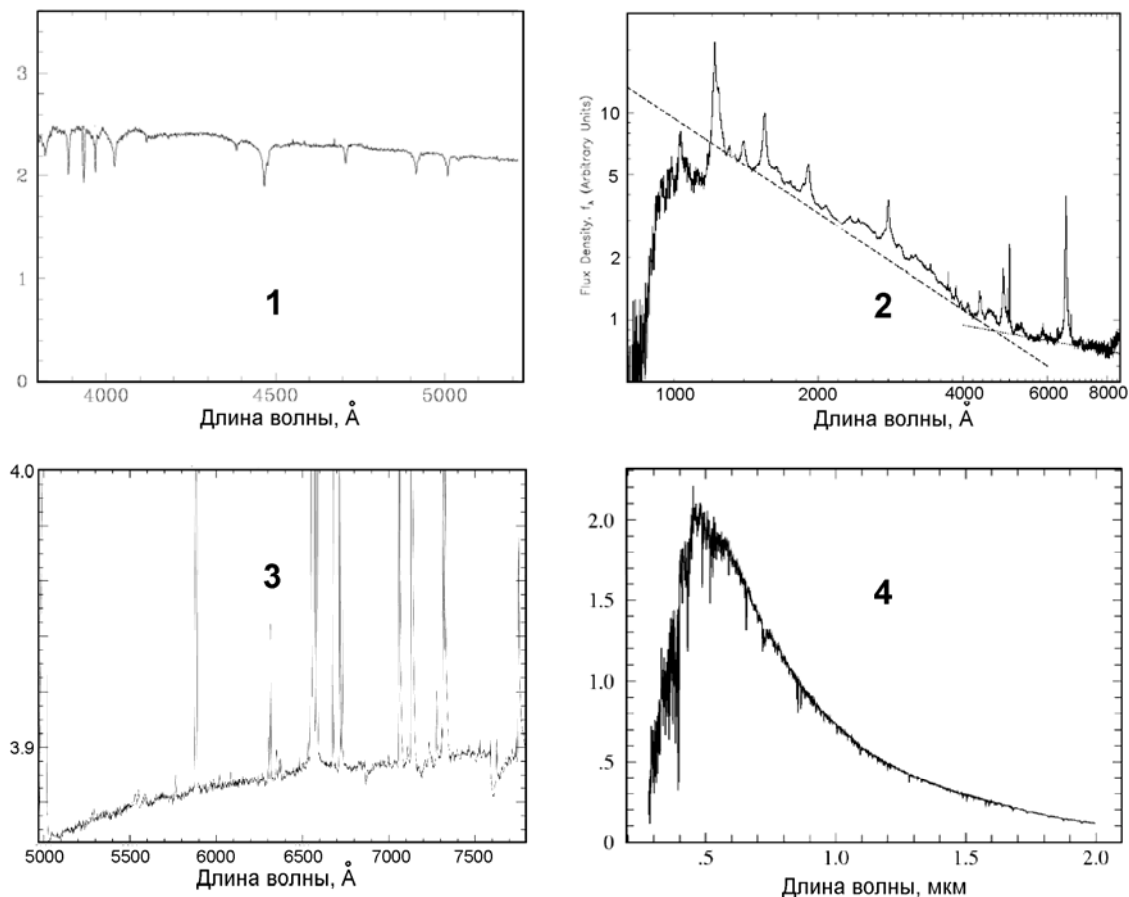
Пример. Правильный ответ – D, A, C, B, а участник теста дал ответ C, D, B, A. Ответ содержит три правильные пары (C-B, D-A, D-B). Оценка составляет 2 балла.

# XI.3

## СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

М.И. Волобуева

**Условие.** Перед вами спектры различных астрономических объектов: звезды главной последовательности (А), белого карлика (В), газовой туманности (С) и квазара (D). Расставьте соответствующие буквы в таблице.



**Решение.** Обратим внимание, что в двух предложенных спектрах (2 и 3) присутствуют линии излучения, а в двух других (1 и 4) – линии поглощения. Из этого можно сделать вывод, что спектры 1 и 4 принадлежат звездам. В спектре 4 видны линии бальмеровской серии водорода, а вот в спектре 1 их нет (по крайней мере, там нет линии  $H\beta$  с длиной волны 4861 ангстрем). Учитывая, что спектр 4 имеет максимум вблизи 5000 ангстрем, а его вид похож на планковский, можно сделать вывод, что спектр 4 относится к звезде главной последовательности (А), а спектр 1 – к белому карлику (В).

Спектры 2 и 3 заметно отличаются друг от друга. В спектре 3 континуум характеризуется небольшим наклоном зависимости от длины волны, а значительная доля энергии излучается в линиях, среди которых можно найти линии азота и кислорода. Спектр 2 имеет сильный континуум со степенной зависимостью яркости от длины волны. Спектр 2 принадлежит квазару (D), спектр 3 – планетарной туманности (С). Итак, ответы выглядят следующим образом:

Спектр	Ответ
1	В

2	D
3	C
4	A

**Алгоритм оценивания.** На первом этапе производится поиск совпадающих ответов (например, буква А стоит в двух или более клетках). Такие ответы, даже если среди них есть правильные, аннулируются. Далее за каждый правильный ответ выставляется 2 балла. Если участник путает спектры звезды главной последовательности (А) и белого карлика (В), или спектр газовой туманности (С) и спектр квазара (D) – это считается частичной ошибкой, за эти ответы ставится по 1 баллу. В итоге, таблица оценок выглядит следующим образом:

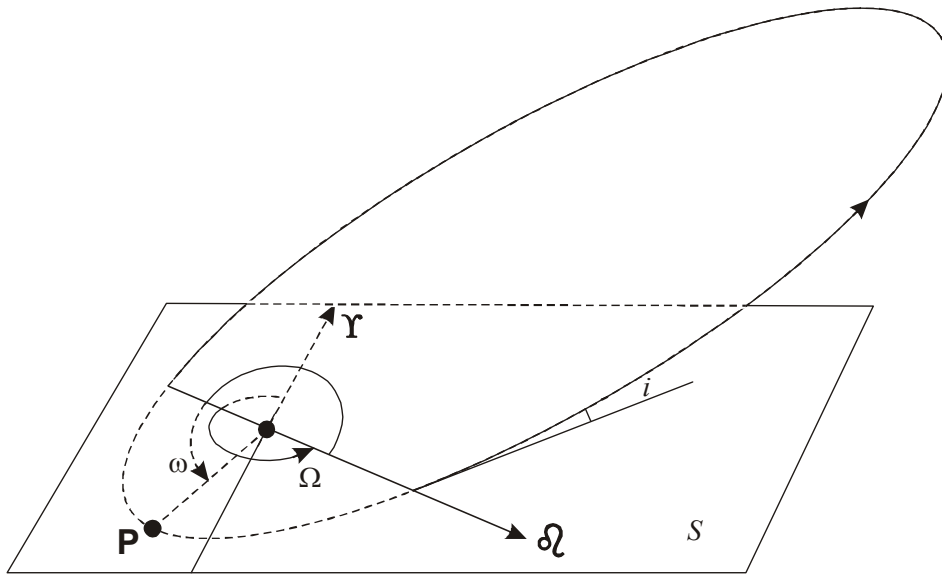
Спектр	Пропуск	Повтор	A	B	C	D
1	0	0	1	2	0	0
2	0	0	0	0	1	2
3	0	0	0	0	2	1
4	0	0	2	1	0	0

## X/XI.4 ПРОЛЕТ СКВОЗЬ СКОПЛЕНИЕ

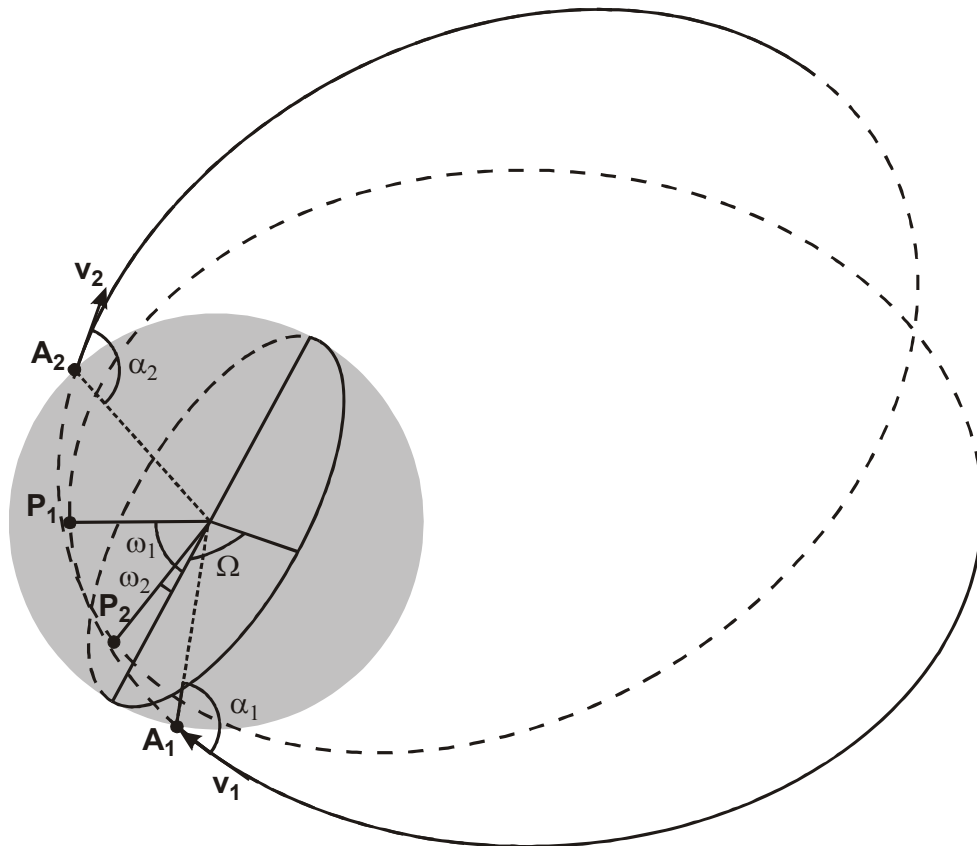
О.С. Угольников

**Условие.** Звезда – спутник шарового звездного скопления сначала движется по эллиптической орбите вне скопления, а потом пролетает сквозь скопление, не испытывая тесных сближений с его отдельными звездами. Отметьте галочками, какие элементы орбиты звезды после вылета из скопления останутся такими же, какими они были до попадания в скопление. Элементы орбиты отсчитываются относительно некоторой фиксированной плоскости  $S$ , проходящей через центр скопления, и некоторого направления в этой плоскости  $\Upsilon$  (для долготы восходящего узла), аналогично плоскости эклиптики и направлению на точку весеннего равноденствия для элементов орбит в Солнечной системе. Графическое объяснение элементов дано на рисунке. Распределение плотности внутри скопления сферически симметрично. Действие тел вне скопления на звезду не учитывать.

1	Большая полуось	$a$
2	Эксцентриситет	$e$
3	Долгота восходящего узла (угол между направлением $\Upsilon$ и направлением на восходящий узел $\delta\zeta$ в плоскости $S$ )	$\Omega$
4	Наклонение (угол между плоскостью $S$ и плоскостью орбиты)	$i$
5	Аргумент перицентра (угол между направлениями на восходящий узел $\delta\zeta$ и перицентр $P$ в плоскости орбиты)	$\omega$



**Решение.** По условию задачи, скопление сферически симметрично, и до вступления внутрь него звезда движется по эллиптической орбите в плоскости, проходящей через центр скопления. Сила притяжения всегда будет направлена к центру скопления, в этой же плоскости, и звезда останется в ней после пролета через скопление. Неизменность самой плоскости означает постоянство наклона  $i$  и долготы восходящего узла  $\Omega$ . Изобразим путь этой звезды в данной плоскости.



Обозначим точки влета звезды в скопление и ее вылета как  $A_1$  и  $A_2$ . Они находятся на одном расстоянии от центра скопления, равном ее радиусу. По закону сохранения энергии, величины скорости звезды в этот момент  $v_1$  и  $v_2$  одинаковы.

В любой момент времени, находится ли звезда снаружи или внутри скопления, она движется в сферически симметричном поле тяжести центрального тела. Это означает, что для нее справедлив II закон Кеплера, в соответствии с которым за любой малый промежуток времени радиус-вектор звезды будет описывать одинаковую малую площадь. Это относится и к моментам влета и вылета звезды из скопления. Следовательно, угол  $\alpha$  между радиусом-вектором и скоростью по модулю будет одинаков. Данный вывод можно получить и из закона сохранения момента импульса, а также еще из одного простого принципа: орбита должна оставаться симметричной относительно линии, соединяющей центр скопления и ближайшую к нему точку орбиты.

Равенство скоростей и углов между радиус-вектором и скоростью на равном расстоянии от центральной массы означает геометрическое равенство эллипсов орбиты до и после пролета звезды через скопление. Большая полуось  $a$  и эксцентриситет орбиты  $e$  не изменяются.

В результате пролета звезды сквозь скопление изменяется только ориентация эллипса в картинной плоскости или, что то же самое, угловое положение точки перигентра ( $P_1$  и  $P_2$ ). Это эквивалентно изменению аргумента перигентра ( $\omega_1$  и  $\omega_2$ ). Итак, окончательный ответ:

1	2	3	4	5
V	V	V	V	

**Алгоритм оценивания.** Наиболее простым выводом в решении является неизменность плоскости орбиты звезды, что означает неизменность параметров  $\Omega$  и  $i$ . Каждый из этих двух выводов оценивается по 1 баллу. Выводы о неизменности большой полуоси  $a$  и эксцентриситета  $e$  оцениваются по 2 балла. Наконец, 2 балла выставляется за указание на изменения аргумента перигентра  $\omega$ .

№	1	2	3	4	5
V	2	2	1	1	0
-	0	0	0	0	2