

XXIV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Смоленск, 2017 г.

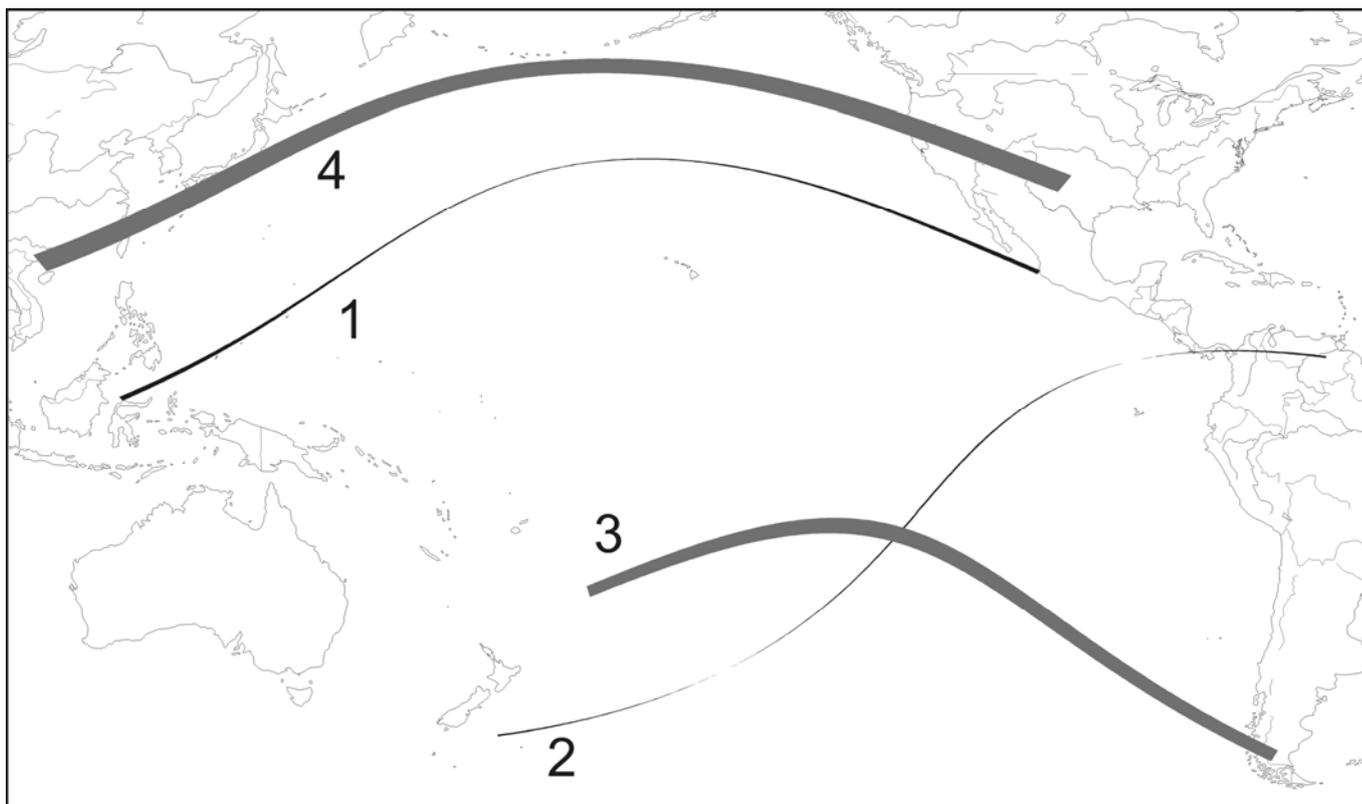
Блиц-тест

IX/X/XI.1 ЧЕТЫРЕ ПОЛОСЫ

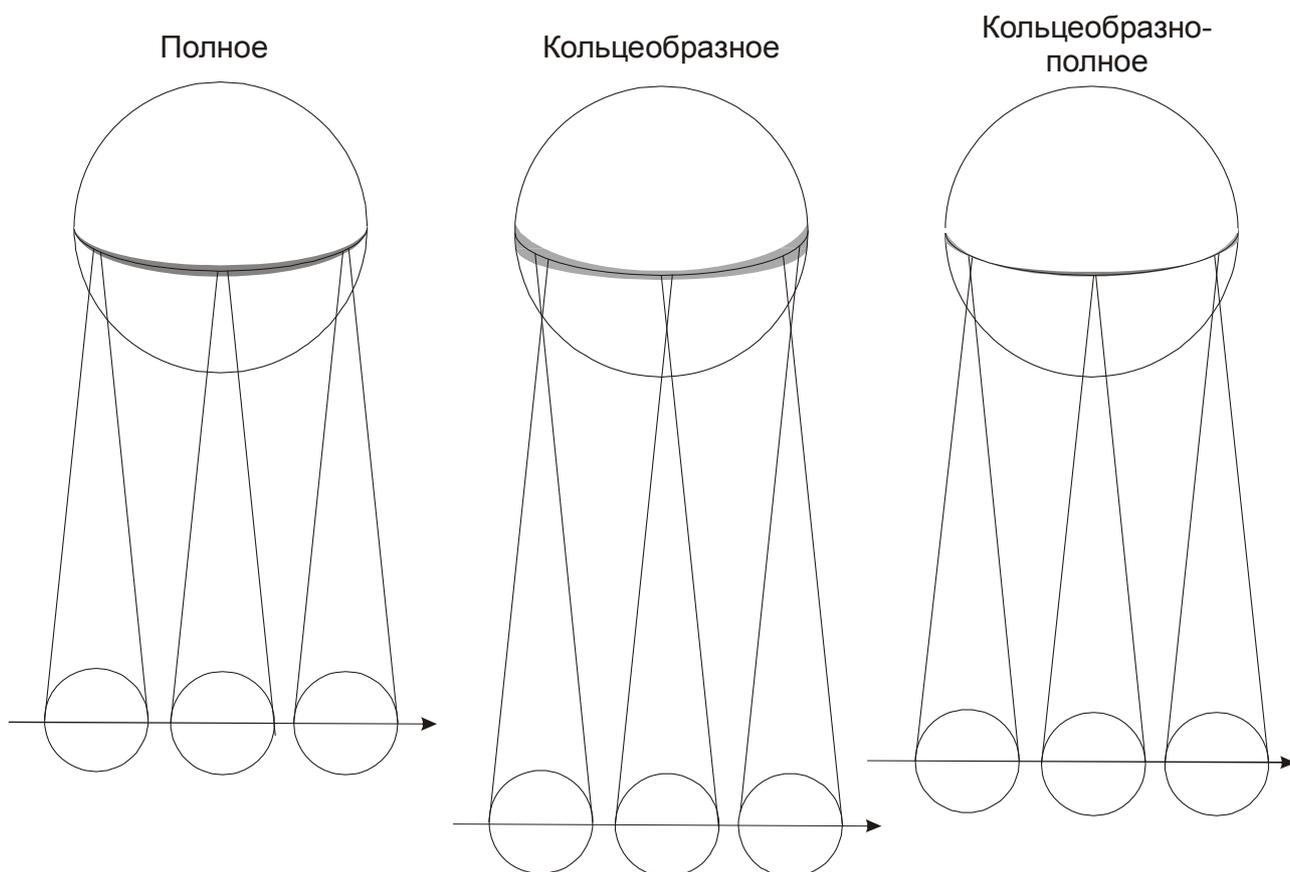
О.С. Угольников



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.

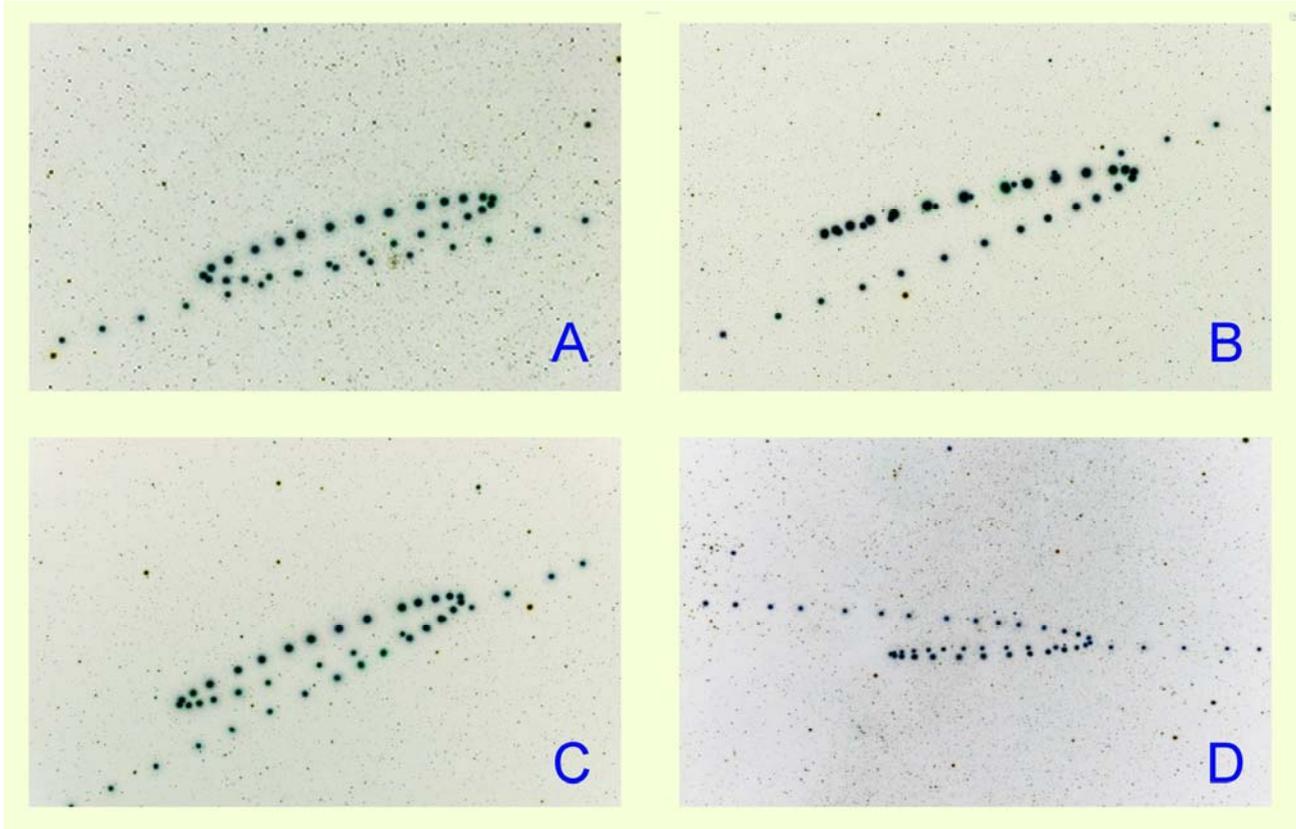
Затмение	Нет ответа	A	B	C
1	0	2	1	0
2	0	0	2	1
3	0	0	0	2
4	0	2	0	0

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.

IX/Х.3

ИСКУССТВО И РЕАЛЬНОСТЬ

О.С. Угольников



Условие. Перед Вами четыре картины знаменитого русского художника И.К. Айвазовского. Отметьте в таблице, какие из ситуаций, изображенных на картинах, *не могли* иметь место в реальности.

Решение. На всех четырех картинах присутствует растущая Луна (если предположить, что мы находимся в северном полушарии Земли), ее вид и положение определяют возможность наступления такой ситуации на реальном небе. На картинах А и D можно также отметить положение Солнца (как линия пересечения лучей на картине А и как световое пятно на картине D). На картине D рога серпа Луны не направлены от Солнца. Подобная картина не могла наблюдаться. Аналогичный эффект виден на картине А, хотя серп Луны там плохо заметен. Даже если не обратить на это внимание, ситуация на картине А все равно невозможна: Солнце находится практически за правым краем дома, и его тень должна была быть направлена в сторону наблюдателя. В реальности она отклонена на значительный угол в левую сторону.



На картине В Луна имеет значительную фазу (больше 0.5), что указывает на ее большое угловое расстояние от Солнца (больше 90°). При этом полуденная линия Луны образует большой угол с вертикалью, этот же угол составляет линия "Солнце-Луна" и горизонт. Следовательно, Солнце должно располагаться глубоко под горизонтом, и в пункте наблюдения должна быть темная ночь. На картине же изображена яркая заря. Подобная ситуация не могла случиться в реальности.

Наконец, на картине С изображен серп молодой Луны. По направлению его рогов можно судить о положении Солнца – оно находится у горизонта или неглубоко под ним в правой части картины. Но в этом случае большое кучевое облако должно быть темным, так как Солнце располагается за ним. Оно же изображено светлым, каким облака бывают утром и вечером с противоположной от Солнца стороны. Ситуация на картине 3 также нереальна. Итак, окончательный ответ:

A	V
B	V
C	V
D	V

Алгоритм оценивания. Оценка за задание определяется числом правильных ответов N:

N	Баллы
0	0
1	1
2	2
3	5
4	8

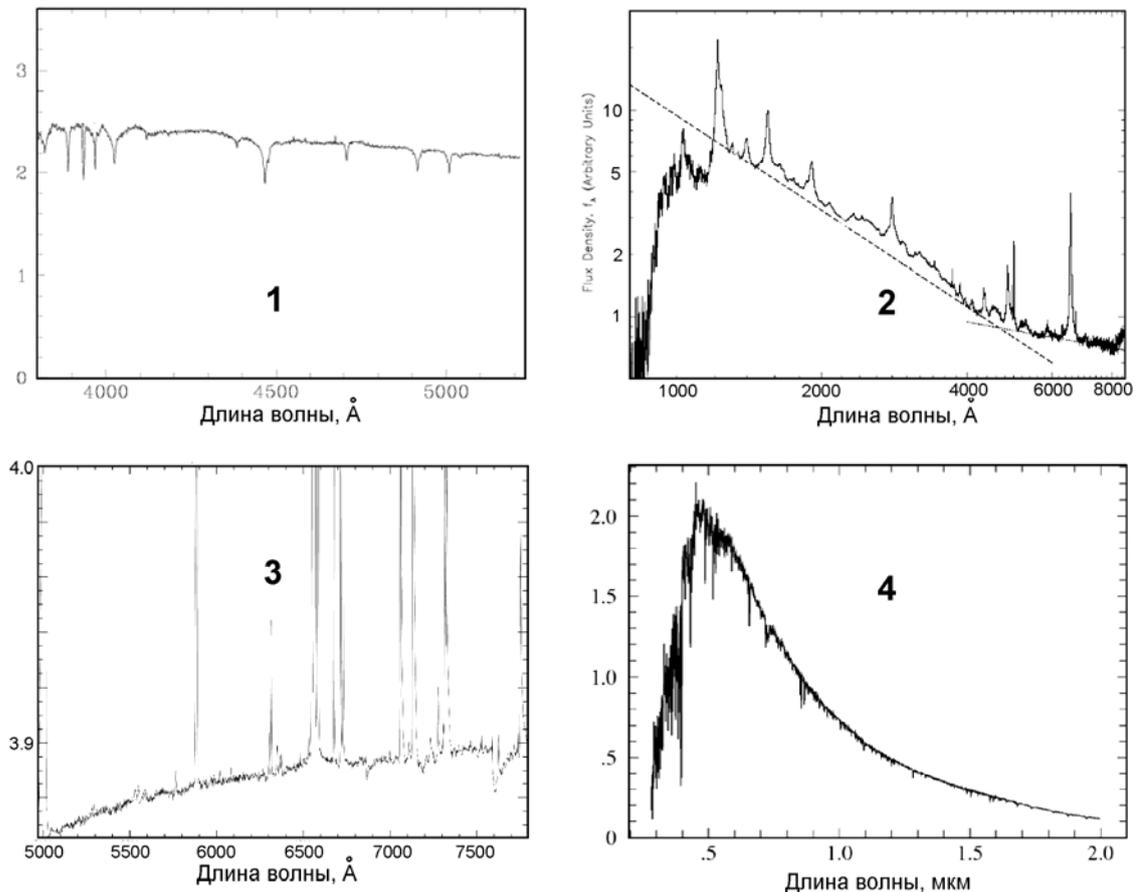
XI.3

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

IX.4

ОТ МАЛОГО К ВЕЛИКОМУ

М.И. Волобуева



Условие. Расположите объекты в порядке возрастания их линейных размеров, расставив под соответствующими буквами номера от 1 (самый маленький) до 16 (самый большой).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P

A	Белый карлик	I	Нейтронная звезда
B	Бетельгейзе	J	Нептун
C	Большое Магелланово Облако	K	Орбита Земли
D	Квазар	L	Плутон
E	Комета Чурюмова-Герасименко (ядро)	M	Скопление M13
F	Крабовидная туманность	N	Солнце
G	Луна	O	Туманность Андромеды
H	Местная группа галактик	P	Туманность Кольцо

Решение. Перечислим все объекты в порядке возрастания размера (в скобках - характерный радиус):

1. Комета Чурюмова-Герасименко (3-5 км)
2. Нейтронная звезда (10-20 км)
3. Плутон (1187 км)
4. Луна (1738 км)
5. Белый карлик (~ радиус Земли)
6. Нептун (25 тыс. км)
7. Солнце (695 тыс. км)
8. Орбита Земли (1 а.е.)
9. Бетельзейзе (красный сверхгигант, ~ 4.5 а.е.)
10. Квазар (~ размер Солнечной системы)

11. Туманность Кольцо (планетарная туманность, 0.75 св. лет)
12. Крабовидная туманность (остаток вспышки сверхновой, 5.5 св.лет)
13. Скопление М13 (шаровое скопление, 84 св.лет)
14. Большое Магелланово Облако (карликовая галактика, 7 тыс. св.лет)
15. Туманность Андромеды (галактика, 110 тыс. св.лет)
16. Местная группа (скопление галактик, ~ 1 Мпк)

Впишем ответы в таблицу:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
5	9	14	10	1	12	4	16	2	6	8	3	13	7	15	11

Алгоритм оценивания. Для оценивания решения определяется N – число правильных пар ответов, состоящих в нужной последовательности друг с другом (например, если ответ 1 в работе участника стоит раньше ответа 2, как и должно быть, число N увеличивается на единицу). Оценка равна целому частному (без округления вверх) от деления числа $(N-56)$ на 8. Оценка в 8 баллов может быть выставлена только при точном ответе ($N=120$). При числе правильных пар 56 и менее оценка составляет 0 баллов.

При наличии повторов в ответе участника они идут в зачет, но не более одного раза. Например, при первых четырех цифрах 5, 5, 9, 9 пара 5-9 является правильной, но число N увеличивается только на 1.

Пример. В ответе пропущено число 5, остальные числа написаны правильно. Общее число правильных пар составит $(15 \cdot 14 / 2) = 105$. Оценка за решение составляет $(105 - 56) \text{ Div } 8 = 6$ баллов.

X/XI.4

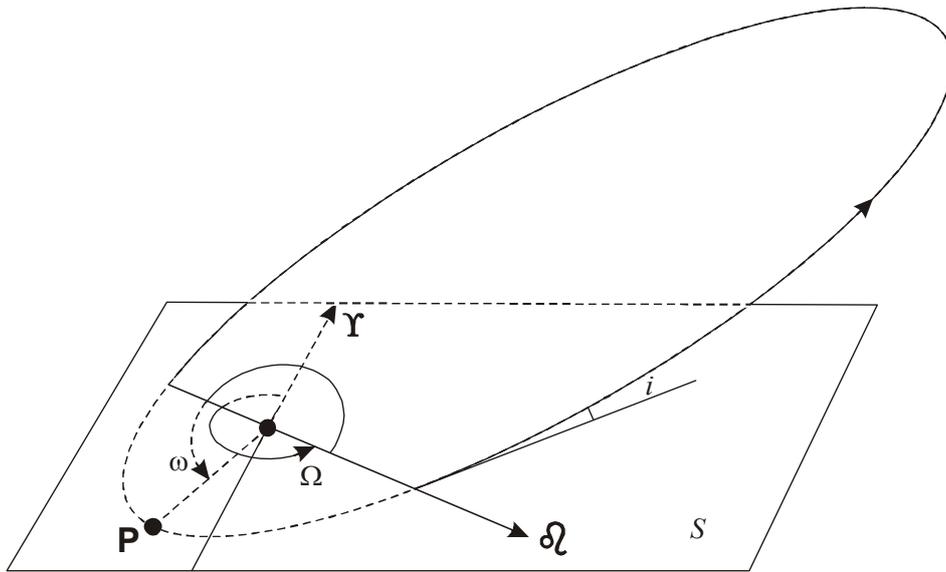
ПРОЛЕТ СКВОЗЬ СКОПЛЕНИЕ

О.С. Угольников

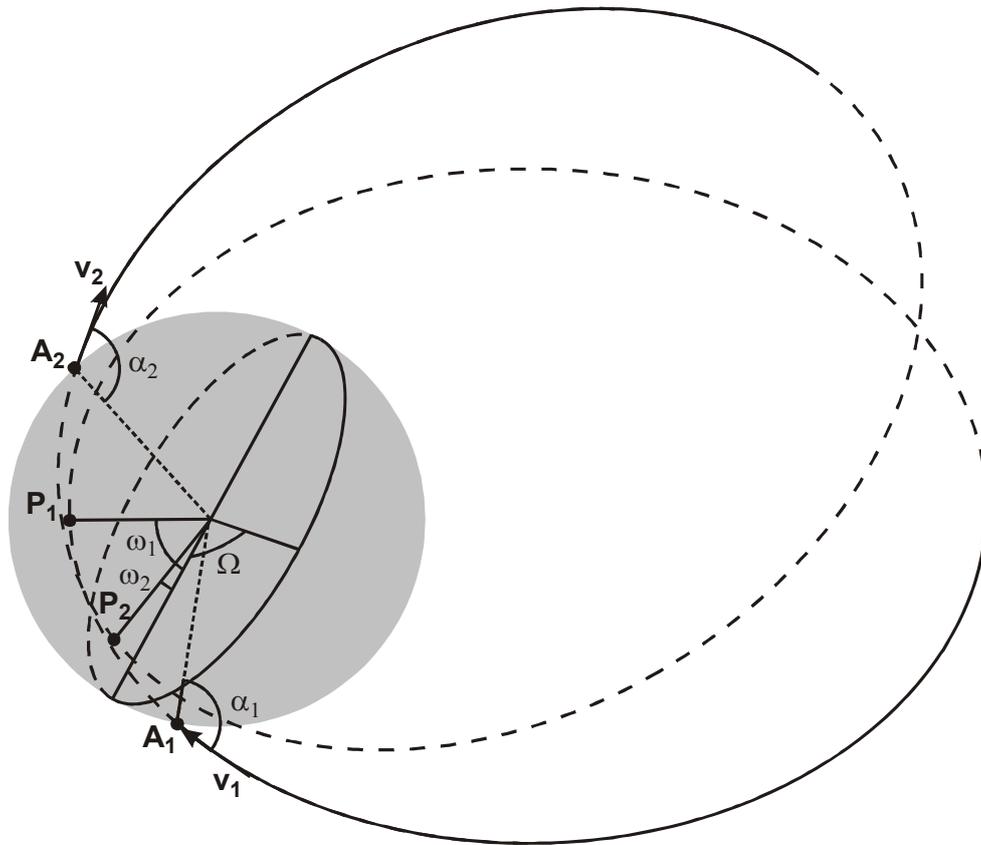


Условие. Звезда – спутник шарового звездного скопления сначала движется по эллиптической орбите вне скопления, а потом пролетает сквозь скопление, не испытывая тесных сближений с его отдельными звездами. Отметьте галочками, какие элементы орбиты звезды после вылета из скопления останутся такими же, какими они были до попадания в скопление. Элементы орбиты отсчитываются относительно некоторой фиксированной плоскости S , проходящей через центр скопления, и некоторого направления в этой плоскости Υ (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 Υ и направлением на восходящий узел $\delta\zeta$ в плоскости S)	Ω
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)	ω



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 Ω . 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 α 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 (ω_1 и ω_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 Ω 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 ω .

№	1	2	3	4	5
V	2	2	1	1	0
-	0	0	0	0	2