



## XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

г. Волгоград, 2018 г.

9 класс

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

#### IX. 1 ✦ ПРИПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА

В 0ч Всемирного времени 20 марта некоторый далекий объект оказывается на высоте  $89^\circ$  над горизонтом при наблюдении с Северного полюса и с точки с координатами  $89^\circ$  с.ш.,  $0^\circ$  д. Определите экваториальные координаты объекта. Уравнением времени пренебречь.

#### IX. 2 ✦ АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

22 мая 2016 года Марс прошел точку противостояния с Солнцем в созвездии Скорпиона. В этот момент он был примерно на середине своего пути через это созвездие. Считая, что Марс движется в плоскости эклиптики, оцените, когда наступит следующее противостояние Марса, при котором он вновь окажется в созвездии Скорпиона. Известно, что Солнце находится в Скорпионе 7 дней в году.

#### IX. 3 ✦ МЕТЕОРНЫЙ ПАТРУЛЬ

Два наблюдателя располагаются на одном меридиане Земли, в точках с широтами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . Оба запечатлели один и тот же метеор, причем в первом пункте в зенит попало его начало, во втором – конец. Длительность полета метеора составила  $t$ , радиант метеорного потока, к которому принадлежал метеор, находится на небесном экваторе. Запишите выражение для скорости метеора, если считать, что она была постоянной.

#### IX. 4 ✦ ПОИСКИ ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЫ

В настоящее время ведутся поиски возможной девятой планеты Солнечной системы, которая может иметь диаметр в 10 диаметров Земли и располагаться в 280 а.е. от Солнца. Астероид какого диаметра в главном поясе будет иметь такую же яркость на Земле в противостоянии, как и эта планета? Отражательную способность поверхности астероида считать аналогичной лунной, а планеты – аналогичной Нептуну. Оба тела располагаются в плоскости эклиптики.

#### IX. 5 ✦ ДВОЙНАЯ СИСТЕМА ЗА ЛУНОЙ

Двойная система из звезд солнечного типа имеет параллакс  $0.1''$ . При центральном покрытии Луной, видимом в зените с экватора Земли, звезды скрылись за лунным лимбом с интервалом 1 секунда. Найдите минимальный период обращения звезд в системе. Наклоном орбиты Луны к экватору и ее эксцентриситетом пренебречь.

#### IX. 6 ✦ ВНУТРИ ТУМАННОСТИ

Планетарная туманность «Кольцо» имеет видимый диаметр  $2'$  и блеск  $9^m$ . Оцените, насколько светло будет ночью на планете, обращающейся вокруг звезды – ядра этой туманности. Сравните по освещенности ночное небо на этой планете с земным ночным небом.



## XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

г. Волгоград, 2018 г.

10 класс

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

#### Х. 1 ✦ НАЗЕМНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

В фокальной плоскости телескопа с диаметром объектива 20 см изображение звезды выглядит в виде равномерно засвеченного пятна диаметром 20 мкм. Установленная в фокальной плоскости ПЗС-матрица фиксирует, что в пятне звезды регистрируется в 40 раз больше квантов света, чем в таком же по площади участке фона. Определить звездную величину звезды и относительное отверстие телескопа. Диаметр атмосферного диска дрожания точечного источника равен  $2''$ , а яркость фона неба составляет  $4.5^m$  с квадратного градуса.

#### Х. 2 ✦ КОРОТКИЙ ВИЗИТ

Аппарат совершил перелет с Земли к некоторой другой большой планете Солнечной системы по энергетически оптимальной траектории. Пролетев рядом с планетой, он сразу же отправился в обратный путь к Земле. В течение всей миссии аппарат, не включая двигателей, совершил один оборот вокруг Солнца и вернулся на нашу планету в точке старта миссии. Для какой ближайшей к Солнцу планеты такое возможно? Орбиту Земли считать круговой, действие планеты на аппарат не учитывать.

#### Х. 3 ✦ НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР

Оцените длину свободного пробега нейтрино малых энергий в галлии, если нейтринный детектор, содержащий 60 тонн галлия, позволит регистрировать одно низкоэнергетическое солнечное нейтрино в сутки. При превращении четырех протонов в атом гелия выделяется 26.8 МэВ энергии и два нейтрино энергией примерно 0.3 эВ каждое. Плотность галлия составляет  $6 \text{ г/см}^3$ .

#### Х. 4 ✦ ПОИСКИ ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЫ

В настоящее время ведутся поиски возможной девятой планеты Солнечной системы, которая может иметь диаметр в 10 диаметров Земли и располагаться в 280 а.е. от Солнца. Астероид какого диаметра в главном поясе будет иметь такую же яркость на Земле в противостоянии, как и эта планета? Отражательную способность поверхности астероида считать аналогичной лунной, а планеты – аналогичной Нептуну. Оба тела располагаются в плоскости эклиптики.

#### Х. 5 ✦ ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ

Шаровое звездное скопление радиусом 20 пк и массой 400 тысяч масс Солнца пролетает вблизи сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики с массой 4 миллиона масс Солнца. При каком максимальном расстоянии между центром скопления и черной дырой скопление может начать терять массу? Взаимодействие скопления с другими телами вблизи центра Галактики, кроме черной дыры, и эффекты тесных сближений звезд в скоплении не учитывать.

#### Х. 6 ✦ ДАЛЕКАЯ ЗЕМЛЯ

Считая, что светимость  $L$  и масса  $M$  желтых и красных карликов связаны как  $L \sim M^4$ , определите, у каких звезд можно найти планету с массой, альбедо и температурными условиями, аналогичными Земле, используя спектрограф с разрешением  $10^8$ .



## XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии г. Волгоград, 2018 г.

11 класс

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

#### XI. 1 ✦ НАЗЕМНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

В фокальной плоскости телескопа с диаметром объектива 20 см изображение звезды выглядит в виде равномерно засвеченного пятна диаметром 20 мкм. Установленная в фокальной плоскости ПЗС-матрица фиксирует, что в пятне звезды регистрируется в 40 раз больше квантов света, чем в таком же по площади участке фона. Определить звездную величину звезды и относительное отверстие телескопа. Диаметр атмосферного диска дрожания точечного источника равен  $2''$ , а яркость фона неба составляет  $4.5^m$  с квадратного градуса.

#### XI. 2 ✦ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ХОЛОД

В 1815 году на индонезийском острове Сумбава произошло извержение вулкана Тамбора, что привело к катастрофическим последствиям по всему земному шару. В 1816 году средняя температура Земли упала на  $0.7^\circ\text{C}$ , а в Европе и Северной Америке заморозки и снег наблюдались даже в июле (так называемый «год без лета»). Оцените, насколько изменилось сферическое альбедо Земли вследствие загрязнения атмосферы вулканическими выбросами, если известно, что сейчас оно составляет 0.306. Считайте, что вклад парникового эффекта в среднюю температуру Земли не изменился.

#### XI. 3 ✦ НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР

Оцените длину свободного пробега нейтрино малых энергий в галлии, если нейтринный детектор, содержащий 60 тонн галлия, позволит регистрировать одно низкоэнергетическое солнечное нейтрино в сутки. При превращении четырех протонов в атом гелия выделяется 26.8 МэВ энергии и два нейтрино энергией примерно 0.3 эВ каждое. Плотность галлия составляет  $6 \text{ г/см}^3$ .

#### XI. 4 ✦ КРАСНЫЙ СИРИУС

Предположим, что Сириус вскоре погрузится в плотное облако межзвездной пыли. На сколько упадет его блеск в полосе V, если он станет такого же цвета, как и Арктур? Удельное поглощение в пыли обратно пропорционально длине волны в степени 1.33. Длина волны середины диапазона V – 540 нм, диапазона B – 442 нм. Видимые звездные величины Сириуса и Арктура в полосе V составляют  $-1.46^m$  и  $-0.04^m$ , показатели цвета  $0.00^m$  и  $+1.23^m$  соответственно.

*Задания 5-6 приведены на листе 2.*



## XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии г. Волгоград, 2018 г.

11 класс

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

*Продолжение. Начало на листе 1.*

#### **XI. 5 ✦ ОПАСНОЕ СБЛИЖЕНИЕ**

Шаровое звездное скопление радиусом 20 пк и массой 400 тысяч масс Солнца пролетает вблизи сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики с массой 4 миллиона масс Солнца. При каком максимальном расстоянии между центром скопления и черной дырой скопление может начать терять массу? Взаимодействие скопления с другими телами вблизи центра Галактики, кроме черной дыры, и эффекты тесных сближений звезд в скоплении не учитывать.

#### **XI. 6 ✦ СРЕДИ МНОЖЕСТВА ПАР**

Предположим, что в нашей Галактике существует особый класс абсолютно одинаковых двойных систем с одинаковыми компонентами, подобными Солнцу, удаленными друг от друга на 1 а.е. и обращающимися по круговым орбитам. Концентрация таких систем в пространстве постоянна (в частности, не зависит от расстояния от плоскости диска Галактики) и равна  $0.001 \text{ пк}^{-3}$ . В Вашем распоряжении имеются обсерватории в северном и южном полушариях Земли. На каждой из них есть фотометр, которому доступны звезды до  $15^m$ , имеющий точность  $0.001^m$ , спектрограф с разрешением  $10^5$  и предельной величиной  $12^m$  и астрограф с угловым разрешением  $0.1''$  и предельной звездной величиной  $20^m$ . Сколько таких пар будет открыто как спектрально-двойные? оптические двойные? затменные переменные? Межзвездным поглощением света пренебречь.



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
*г. Волгоград, 2018 г.*

---

9 класс

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР**

**IX. 7 ✦ ОКОЛО ВЕГИ**

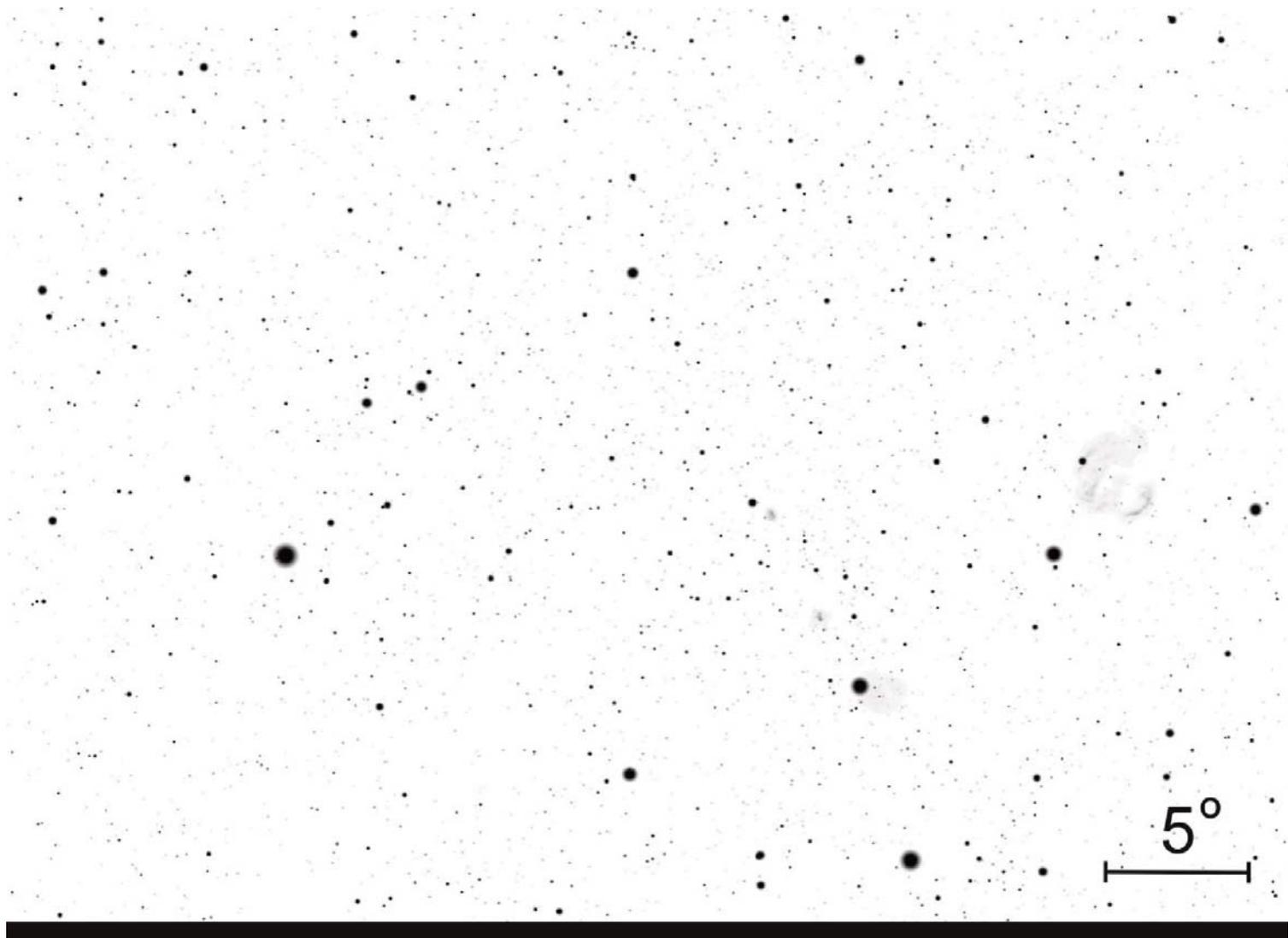
На рисунке представлена область неба с окрестностями звезды Вега ( $\alpha=18^{\text{ч}}38^{\text{м}}$ ,  $\delta=+38^{\circ}48'$ ) в момент ее верхней кульминации. Горизонт – тёмная полоса вдоль нижнего края рисунка. Подпишите названия известных вам созвездий и их главных звезд, укажите положение точек юга, севера, востока или запада на горизонте, если они попадают на рисунок. Определите широту места наблюдения.

**IX. 8 ✦ ПОСТОЯННАЯ ХАББЛА**

Некий любитель астрономии решил самостоятельно определить значение постоянной Хаббла  $H$ , связывающей скорость удаления далекой галактики  $v$  и расстояние до нее  $r$  ( $v=H \cdot r$ ). Для этого он по разным каталогам и критериям отобрал спиральные галактики, относящиеся к типу SBbc – тому же, что и Галактика Млечный Путь. Вам дана составленная им таблица с лучевыми скоростями галактик и их угловыми размерами. Оцените значение постоянной Хаббла по этим данным. Проанализируйте полученный результат.

**IX. 9 ✦ МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ**

Перед Вами фотографии, сделанные в некоторой точке Земли. Определите примерную дату и истинное солнечное время съемки. Считать, что все фото получены одновременно.

**IX.7***Сдайте этот лист вместе с решениями задач!***IX.8**

Название	V, км/сек	Диаметр большой оси, '	Диаметр малой оси, '
Млечный путь	---	---	---
Gal1	-20	15	7
Gal2	3290	1	0.4
Gal3	300	10	2
Gal4	1000	10	9
Gal5	50	22	15
Gal6	3200	4	4
Gal7	1620	7	6.5
Gal8	12300	0.4	0.2
Gal9	23400	0.3	0.3
Gal10	120	17	16
Gal11	10800	0.7	0.7
Gal12	17200	0.4	0.4
Gal13	1200	3	1
Gal14	21100	0.2	0.1
Gal15	18200	0.2	0.1



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
**г. Волгоград, 2018 г.**

---

10 класс

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР**

**Х. 7 ✦ ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ**

Вы видите карту видимого пути среди звезд объекта пояса Койпера вблизи его перигелия за несколько лет. Направление вверх соответствует направлению на северный полюс эклиптики, указан масштаб карты и даты начала и конца трека. Интервалы между соседними отметками на треке соответствуют 20 дням. Определите по этой карте:

- 1) Расстояние объекта от Солнца;
- 2) Его орбитальный период;
- 3) Созвездие, в котором находится объект.

**Х. 8 ✦ НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ**

Перед Вами спектр интересной сверхновой звезды SN 2009ip (сливающиеся черная и красная линии с подписями Vok 2012 и Lick 2012). Основная вспышка этой звезды состоялась в сентябре 2012 года, после нескольких предварительных вспышек. Сверхновая располагается в галактике NGC 7259 (расстояние 25 Мпк). Оцените угловой диаметр туманности – остатка вспышки Сверхновой при наблюдении с Земли в марте 2018 года. Считать, что туманность появилась только после основной вспышки.

**Х. 9 ✦ МЕЖДУ ЭКВАТОРОМ И ПОЛЮСОМ**

Перед Вами фотографии, сделанные в некоторой точке Земли. Определите примерную дату и истинное солнечное время съемки. Считать, что все фото получены одновременно.



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
**г. Волгоград, 2018 г.**

11 класс

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР**

**XI. 7 ✦ ДАЛЕКИЙ ОБЪЕКТ**

Вы видите карту видимого пути среди звезд объекта пояса Койпера вблизи его перигелия за несколько лет. Направление вверх соответствует направлению на северный полюс эклиптики, указан масштаб карты и даты начала и конца трека. Интервалы между соседними отметками на треке соответствуют 20 дням. Определите по этой карте:

- 1) Расстояние объекта от Солнца;
- 2) Его орбитальный период;
- 3) Созвездие, в котором находится объект.

**XI. 8 ✦ НЕОБЫЧНАЯ СВЕРХНОВАЯ**

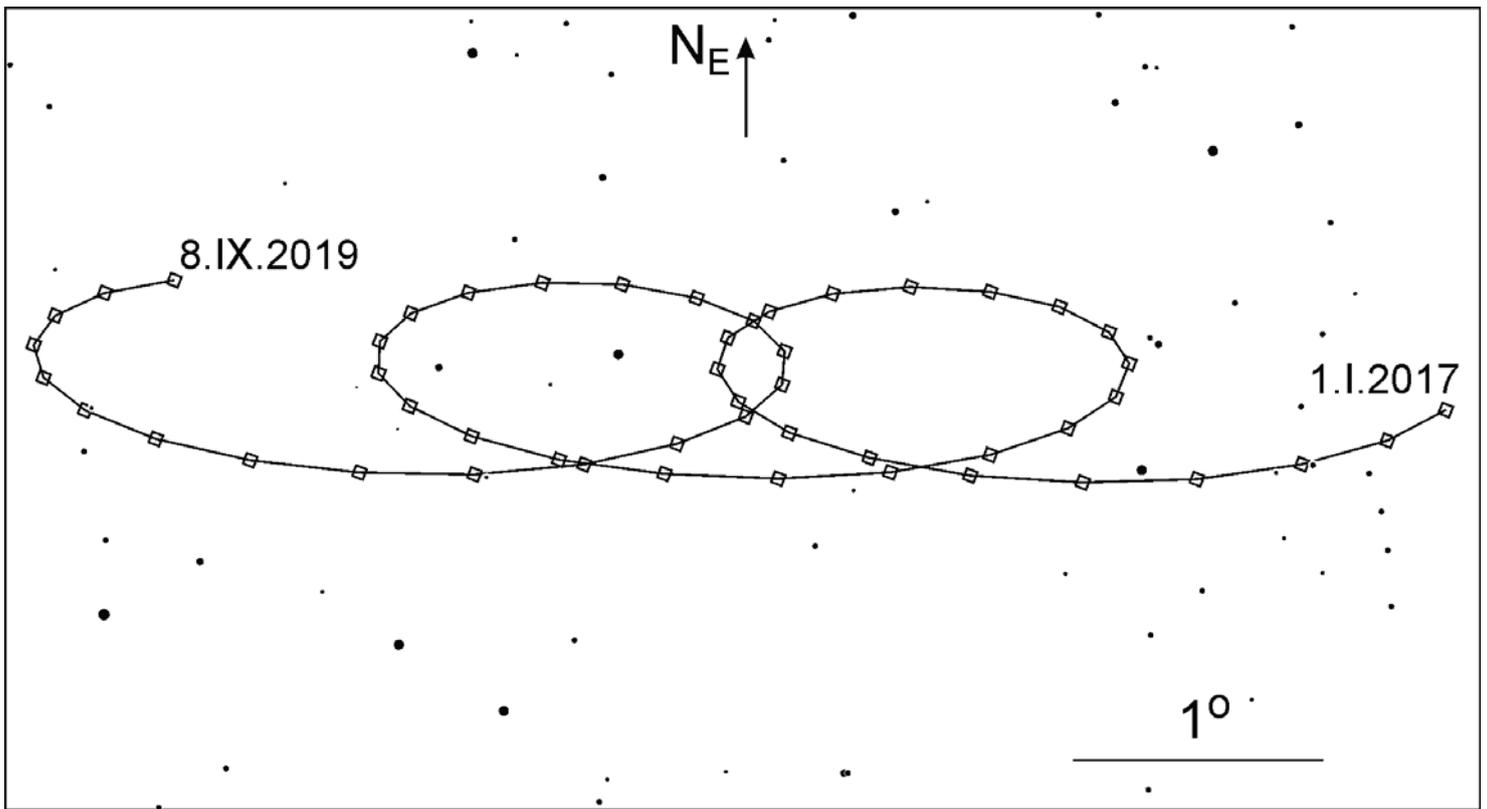
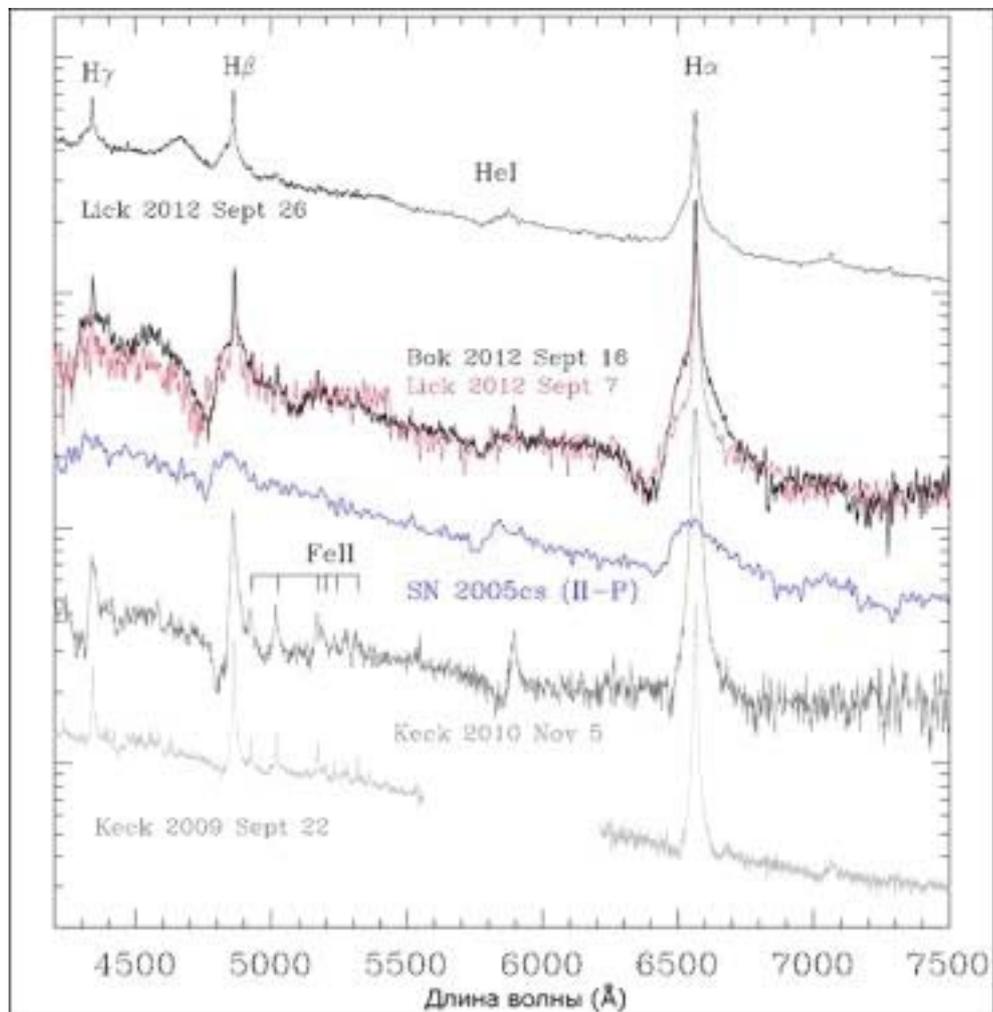
Перед Вами спектр интересной сверхновой звезды SN 2009ip (сливающиеся черная и красная линии с подписями Vok 2012 и Lick 2012). Основная вспышка этой звезды состоялась в сентябре 2012 года, после нескольких предварительных вспышек. Сверхновая располагается в галактике NGC 7259 (красное смещение  $z = 0.006$ ). Оцените угловой диаметр туманности – остатка вспышки Сверхновой при наблюдении с Земли в марте 2018 года. Считать, что туманность появилась только после основной вспышки.

**XI. 9 ✦ КАРЛИКИ В СКОПЛЕНИИ**

Перед Вами фото шарового звездного скопления M4 и его фрагмента, на котором Космическому телескопу им. Хаббла удалось запечатлеть белые карлики, обведенные на снимке кружками. Считая температуру поверхности белых карликов равной 12000 К, а размеры – аналогичными Земле, оцените начальную функцию масс скопления (распределение звезд по массам при их образовании). Найдите ее в виде  $n(M) \sim M^{-N}$ , где  $n(M)$  – число звезд с массой больше  $M$ . Возраст скопления – 13 млрд лет.

**X/XI.7**

Сдайте этот лист вместе с решениями задач!

**X/XI.8**

# IX/X.9



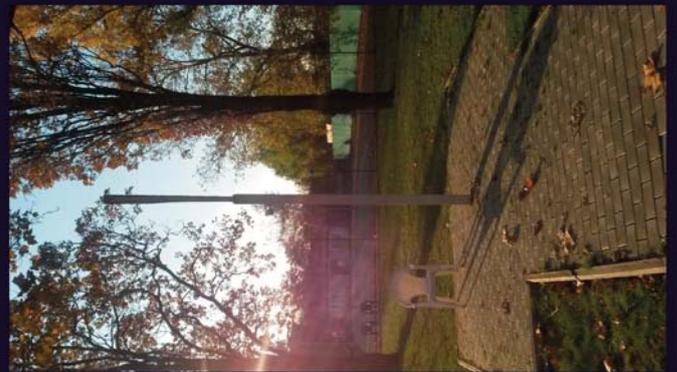
1



2

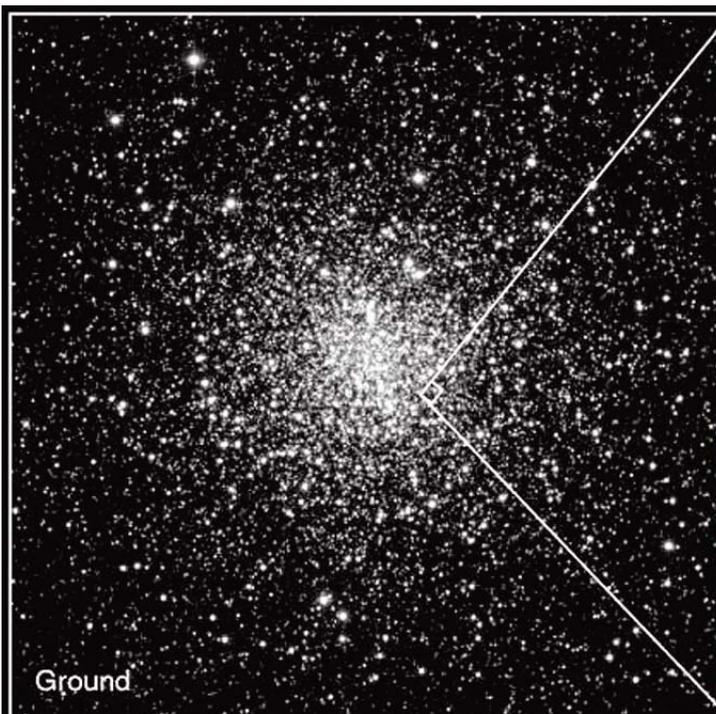


3

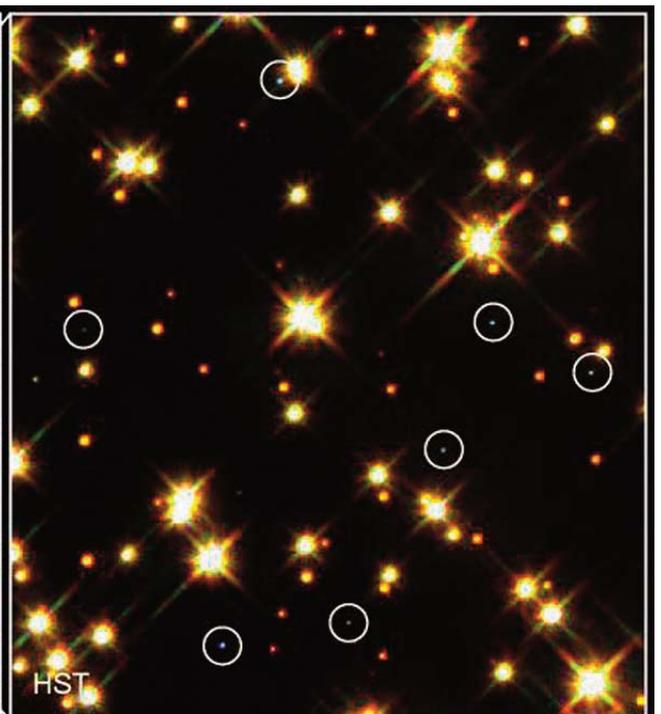


4

# XI.9



Ground



HST

## White Dwarf Stars in M4

PRC95-32 · ST ScI OPO · August 28, 1995 · H. Bond (ST ScI), NASA

HST · WFPC2



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
г. Волгоград, 2018 г.

9 класс

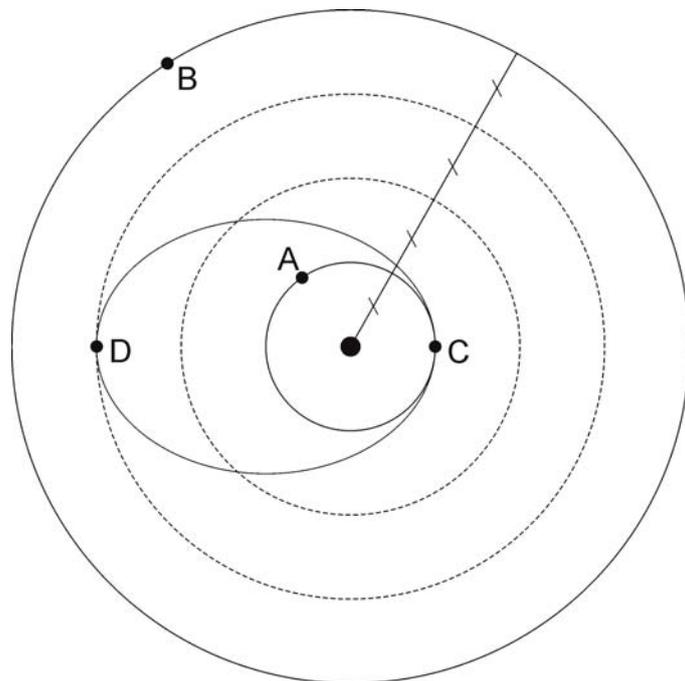
**БЛИЦ-ТЕСТ**

**IX. 1 ✦ СЕЗОН ЗА СЕЗОНОМ**

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

**IX. 2 ✦ ТЕЛА НА ОРБИТАХ**

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.



**IX. 3 ✦ ЗАТМЕННОЯ СИСТЕМА**

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 $i \neq 0$

**IX. 4 ✦ ОБЪЕКТЫ ДАЛЕКОГО КОСМОСА**

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



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
г. Волгоград, 2018 г.

10 класс

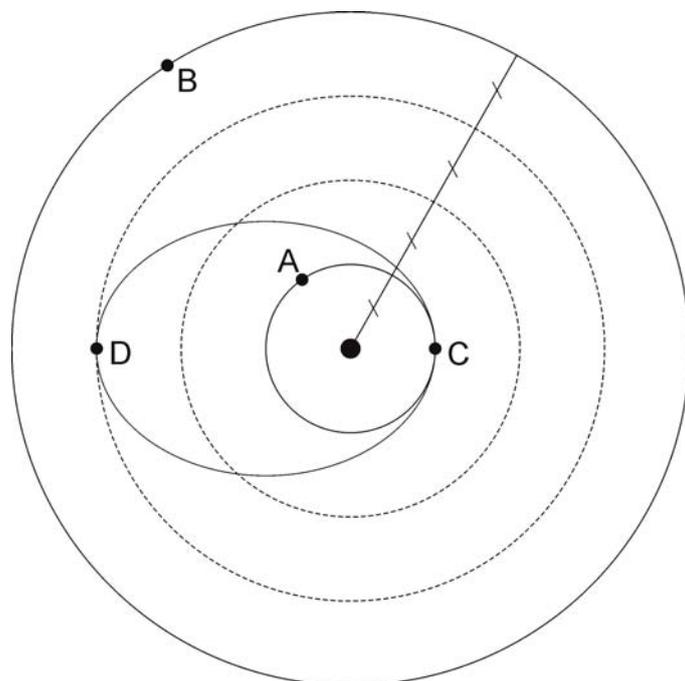
**БЛИЦ-ТЕСТ**

**Х. 1 ✦ СЕЗОН ЗА СЕЗОНОМ**

Расставьте фото **A**, **B**, **C**, **D** в хронологию съемки от начала до конца года (известные авторы фото – К. Грейсон, Т. Тезель)

**Х. 2 ✦ ТЕЛА НА ОРБИТАХ**

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



**Х. 3 ✦ ЗАТМЕННАЯ СИСТЕМА**

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 $i \neq 0$

**Х. 4 ✦ ОБЪЕКТЫ ДАЛЕКОГО КОСМОСА**

Для каждого из четырех дип-скай объектов на фотографиях определите, могут ли в них в будущем вспыхнуть сверхновые звезды, поставив буквы **A** (не могут), **B** (могут, только I типа), **C** (могут, только II типа), **D** (могут, обоих типов).



**XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
г. Волгоград, 2018 г.

11 класс

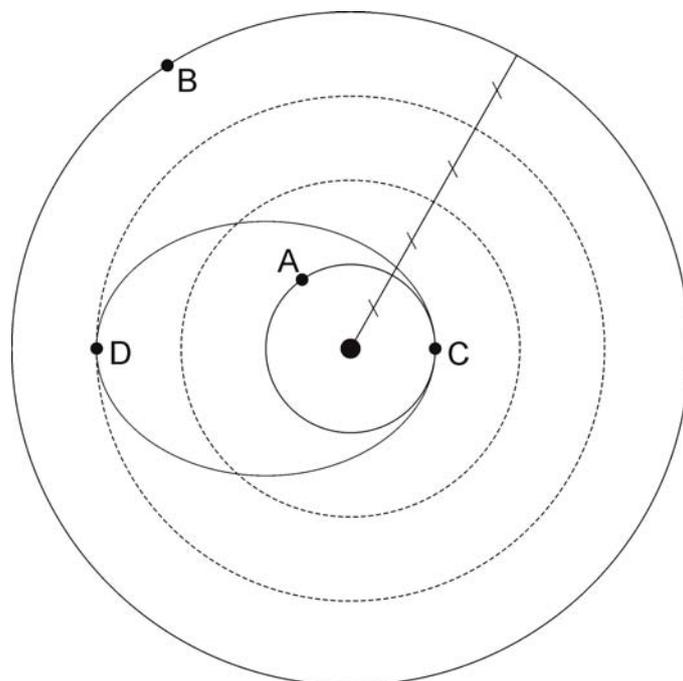
**БЛИЦ-ТЕСТ**

**XI. 1 ✦ СЕЗОН ЗА СЕЗОНОМ**

Расставьте фото **A**, **B**, **C**, **D** в хронологию съемки от начала до конца года (известные авторы фото – К. Грейсон, Т. Тезель)

**XI. 2 ✦ ТЕЛА НА ОРБИТАХ**

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



**XI. 3 ✦ ЗАТМЕННОЯ СИСТЕМА**

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 $i \neq 0$

**XI. 4 ✦ ОБЪЕКТЫ ДАЛЕКОГО КОСМОСА**

Для каждого из четырех дип-скай объектов на фотографиях определите, могут ли в них в будущем вспыхнуть сверхновые звезды, поставив буквы **A** (не могут), **B** (могут, только I типа), **C** (могут, только II типа), **D** (могут, обоих типов).

№1



A



B



C



D

№4



1



2



3



4

# XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

г. Волгоград, 2018 г.

Фамилия, Имя, Отчество \_\_\_\_\_

ШИФР

Образовательное учреждение \_\_\_\_\_

Регион РФ \_\_\_\_\_

*Линия отреза*

---

## БЛИЦ-ТЕСТ ЛИСТ ОТВЕТОВ

ШИФР

Ответы необходимо вводить печатными буквами и символами. Зачеркнутые, исправленные и неразборчивые ответы не засчитываются. *Дубликат листа ответов не выдается.*

**9 класс**

**IX. 1**

1	2	3	4

**IX. 2**

1	2	3	4

**IX. 3**

1	2	3	4

**IX. 4**

--	--	--	--

# XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

г. Волгоград, 2018 г.

Фамилия, Имя, Отчество \_\_\_\_\_

ШИФР

Образовательное учреждение \_\_\_\_\_

Регион РФ \_\_\_\_\_

*Линия отреза*

---

## БЛИЦ-ТЕСТ ЛИСТ ОТВЕТОВ

ШИФР

Ответы необходимо вводить печатными буквами и символами. Зачеркнутые, исправленные и неразборчивые ответы не засчитываются. *Дубликат листа ответов не выдается.*

**10 класс**

**X. 1**

1	2	3	4

**X. 2**

1	2	3	4

**X. 3**

1	2	3	4

**X. 4**

1	2	3	4

# XXV Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

г. Волгоград, 2018 г.

Фамилия, Имя, Отчество \_\_\_\_\_

ШИФР

Образовательное учреждение \_\_\_\_\_

Регион РФ \_\_\_\_\_

*Линия отреза*

---

## БЛИЦ-ТЕСТ ЛИСТ ОТВЕТОВ

ШИФР

Ответы необходимо вводить печатными буквами и символами. Зачеркнутые, исправленные и неразборчивые ответы не засчитываются. *Дубликат листа ответов не выдается.*

**11 класс**

**XI. 1**

1	2	3	4

**XI. 2**

1	2	3	4

**XI. 3**

1	2	3	4

**XI. 4**

1	2	3	4