

## Требования к проведению муниципального этапа ВсОШ по астрономии 2024-2025 учебный год

Дата проведения: 13 ноября 2024

Время начала олимпиады 9-00

Количество туров 1

<b>Возрастная группа (класс)</b>	7-8 класс	9 класс	10 класс	11 класс
<b>Продолжительность тура</b>	90 мин	180 мин	180 мин	180 мин

### Материально-техническое обеспечение

Для каждого участника параллели 10 и 11 классов требуется подвижная карта звёздного неба

Задания распечатываются на листах А4

Для решения рекомендуется предлагать участникам листы А4, разлинованные в обычную клеточку. Линии клеток не должны быть яркими, чтобы можно было разглядеть записи участника олимпиады. Каждый отдельный лист с записями участника должен быть пронумерован и зашифрован. Если нет возможности подготовить такие листы, то можно раздать обычные тетради в клетку. Каждая тетрадь должна быть зашифрована (после сдачи работы участника, чтобы он не мог знать своего шифра и не имел возможности сообщить его своему учителю, возможному члену жюри). В качестве черновиков рекомендуется использовать тетради в клетку. Допускается совмещение «чистовика» и «черновика» в одной тетради, но область с черновыми записями должна быть выделена отдельно (например, вторая половина тетради)

В каждой аудитории следует предусмотреть наличие линеек, которые можно будет выдавать участникам для проведения измерений

### Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады

Допускается использование участниками калькуляторов, аналогичных тем, которые допускаются к применению на ЕГЭ по физике. Разрешается использование линеек и циркулей

Использование мобильных телефонов, иных средств связи и электронной обработки информации, а также справочных материалов запрещается. Использование запрещенных средств связи и справочной информации **должно** быть поводом для исключения данного участника из числа участников олимпиады.

### Инструкция для участников

Для проведения измерений по фотографиям допускается использование участниками собственных циркулей и линеек. Оценка погрешности измерений не предусматривается и не оценивается.

Допускается использование участниками калькуляторов, аналогичных тем, которые допускаются к применению на ЕГЭ по физике.

Использование мобильных телефонов, иных средств связи и электронной обработки информации, а также справочных материалов запрещается. Использование запрещенных средств связи и справочной информации **должно быть** поводом для исключения данного участника из числа участников олимпиады.

Участникам следует помнить, что **записи в черновике не проверяются**, поэтому важно отразить ход своих мыслей именно на чистовике, в том числе в тех случаях, когда полностью решить задачу не удалось. Следует избегать ситуации, когда участники не успевают перенести свое решение из черновика в чистовик. Записи в чистовике, которые участник посчитал ошибочными или лишними, можно просто зачеркнуть и обвести линией, чтобы проверяющие не тратили время на проверку этих записей и не снижали из-за них оценку за работу.

Следует помнить, что баллы начисляются и за неполные решения, поэтому желательно представить версии решения всех задач. Следует учитывать, что, если участник предлагает две версии решения задачи, то баллы за решение такой задачи выставляются по худшей версии. Участник должен определиться сам, какую версию решения он в итоге выдвигает

### **Инструкция по комплектованию материалов и тиражированию и т.д**

В текстах условий будет фотографии небесных тел, астрономические карты. Поэтому важно сделать качественные копии заданий, на которых участники смогут разглядеть, то, что изображено на этих фотографиях.

Каждый участник должен выполнять работу за отдельным столом.

### **Инструкция для жюри по подведению итогов**

При проверке работ следует руководствоваться рекомендованными критериями оценки.

В случае оригинального решения **следует**, руководствуясь обобщёнными критериями, **записать свои критерии оценки**, чтобы с ними могли до апелляции ознакомиться участники олимпиады и чтобы по требованию региональной комиссии эти критерии можно было переслать вместе с копиями работ кандидатов на участие в региональном этапе олимпиады.

Нельзя снижать оценку за правильное, но длинное или нерациональное решение.

В некоторых заданиях участники тура могут наизусть помнить часто используемые в астрономии сведения (например, время движения света от Солнца до Земли, температуру Солнца и т.д.). В этом случае решение может отличаться от авторского. **Это не должно приводить к снижению баллов.** Оригинальное решение оценивается в зависимости от степени его правильности, в случае полного верного решения выставляется максимум баллов за задание.

В заданиях по фотографиям численный итоговый ответ зависит от точности первоначально произведённых измерений и округления, поэтому необходимо проверить итоговые расчёты по приведенным в работе исходным измерениям. Погрешность оценивать не требуется!

Олимпиадная работа не является контрольной работой участника, поэтому любые исправления в работе, в том числе зачеркивание ранее написанного текста, с последующим явным указанием на отмену зачёркнутого, не являются основанием для снятия баллов; недопустимо снятие баллов в работе за неаккуратность записи решений при ее выполнении;

**Записи в черновике не проверяются.**

Баллы не выставляются «за старание участника», в том числе за запись в работе большого по объему текста, не содержащего продвижений в решении задачи

### **Максимальные баллы**

Возрастная группа (класс)	7-8 класс	9 класс	10 класс	11 класс
Максимальный балл	48 (6 заданий*8 баллов)	48 (6 заданий*8 баллов)	48 (6 заданий*8 баллов)	48 (6 заданий*8 баллов)

### **Примерная схема оценивания решений по 8-балльной системе:**

**0 баллов:** решение отсутствует, либо абсолютно некорректно, либо в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

**1 балл:** правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

**1-2 балла:** попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

**2-3 балла:** правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

**3-6 баллов:** задание частично решено;

**6-7 баллов:** задание решено полностью с некоторыми недочетами;

**8 баллов:** задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

**Итоговая оценка** за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий

## **ТЕМАТИЧЕСКИЙ СПИСОК ВОПРОСОВ УРОВЕНЬ I**

(5-6 классы, школьный этап)

### **Раздел 1. Классическая астрономия (начальный цикл)**

1.1. Звездное небо Объекты, наблюдаемые на дневном и ночном небе: Солнце, Луна, звезды, планеты, искусственные спутники Земли, метеоры, кометы, Млечный путь, туманности, галактики. Созвездия, наиболее яркие звезды и характерные объекты неба Земли, характерные условия их видимости в России и других странах мира. Ориентирование по Полярной звезде. Некоторые яркие звезды и другие объекты, видимые из Северного и Южного полушария Земли. § 1.2. Земля, ее свойства и движение Три базовых факта о Земле: шарообразная форма, вращение вокруг своей оси

и вокруг Солнца. Форма и размеры Земли. Смена времен года, равноденствия и солнцестояния. Основные единицы времени: солнечные сутки и тропический год. Видимый путь Солнца по небу, зодиакальные созвездия. § 1.3. Луна, ее свойства и движение Движение Луны вокруг Земли и осевое вращение Луны. Смена фаз Луны. Синодический месяц. Основные типы солнечных и лунных затмений, условия их наступления. Раздел 2. Строение Вселенной (начальный цикл) § 2.1. Солнце и планеты Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира. Строение Солнечной системы: Солнце; планеты и их спутники; карликовые планеты; астероиды, кометы и другие малые тела. Астрономическая единица. Расстояние от Солнца, строение и (качественно) физические характеристики планет. Наблюдение планет, их видимое отличие от звезд. Крупнейшие спутники планет. Искусственные объекты космоса: спутники, зонды, автоматические межпланетные станции. Исследование ближнего космоса. § 2.2. Звезды и расстояния до них Характерные расстояния до ближайших звезд в сравнении с масштабами Солнечной системы, принципы измерения расстояния. Скорость света, световой год, его связь с астрономической единицей. Характеристики звезд: масса, радиус, температура. Представление о двойных звездах и экзопланетах. Звездные скопления, их основные свойства. § 2.3. Объекты далекого космоса Каталог Мессье, его самые известные объекты. Туманности. Галактики, их основные свойства и типы. Представление о расстояниях до галактик и масштабах Вселенной. **Смежные вопросы физики** Понятия массы и плотности. Объем и плотность шарообразного тела. Прямолинейное распространение света, понятие о преломлении света.

#### **УРОВЕНЬ II (7 класс, школьный этап)**

Раздел 3. Небесная сфера (начальный цикл, часть 1) § 3.1. Географические координаты Градусная и часовая мера угла. Широта и долгота на поверхности Земли. Полюса, экватор, параллели и меридианы. Географическое положение континентов и крупнейших стран мира (качественно). Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Длина окружности экватора, меридиана. § 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере Понятие небесной сферы. Основные точки на небесной сфере: зенит, надир, полюсы мира. Стороны горизонта, небесный меридиан. Изменение вида звездного неба в течение суток и в течение года. Подвижная карта звездного неба. Суточное движение небесных светил, восход, заход, кульминация. Высота и астрономический азимут светила. Полюс мира, его высота над горизонтом. Истинный и математический горизонт. Представление об атмосферной рефракции, ее величина у горизонта.

**Смежные вопросы математики** Градусная и часовая мера угла. Понятие сферы, большие и малые круги. Формула для длины окружности. Теорема о равенстве углов со взаимно перпендикулярными сторонами.

#### **УРОВЕНЬ III (7 класс, муниципальный этап; 8 класс, школьный этап)**

Раздел 4. Небесная сфера (начальный цикл, часть 2) § 4.1. Угловые измерения на небе Угловые расстояния между небесными объектами. Угловые размеры объекта, их связь с линейными размерами (при известном расстоянии, малые углы). § 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний Определение радиуса Земли из астрономических наблюдений. Зависимость расстояния до видимого горизонта и его положения от высоты наблюдения на Земле. Общее понятие параллакса. Геометрический метод определения расстояния до астрономических объектов. Горизонтальный и годичный параллакс. Парсек, его связь с астрономической единицей и световым годом. Характерные значения суточного параллакса близких объектов (Солнца, Луны, искусственных спутников Земли) и годичного параллакса ближайших звезд. Влияние суточного параллакса близких светил на их высоту над горизонтом. § 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере Большие и малые круги небесной сферы, принципы построения систем сферических координат. Склонение и часовой угол. Высоты светил в верхней и нижней кульминации для любой точки Земли, незаходящие и невосходящие светила. Угол между линиями

небесного экватора и горизонтом в точке их пересечения в зависимости от широты места. Выражения для углового расстояния между двумя точками неба для элементарных случаев (близкие точки, точки на горизонте или экваторе, на одном азимуте, меридиане или круге склонения). Стереографическая проекция. § 4.4. Экваториальные координаты и время Прямое восхождение светила и звездное время. Соотношение звездных и солнечных суток. Местное солнечное время. Всемирное время, поясное и декретное время. Часовые пояса и зоны, гражданское (административное) время, линия перемены дат. Сезонный перевод часов. Юлианские дни. § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты Эклиптика, ее положение в экваториальной системе координат. Полюса эклиптики, их положение на небе. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе. Тропики и полярные круги на Земле. Изменение склонения Солнца в течение года, полярный день, полярная ночь. Климатические и астрономические пояса Земли. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе. § 4.6. Основы летоисчисления и измерения времени Календарные год, месяц и сутки, их соотношение с тропическим годом, синодическим месяцем и солнечными сутками. Системы различных календарей. Високосный год, юлианский и григорианский календарь. Солнечные часы.

**Смежные вопросы математики** Радианная и часовая мера угла. Угловой размер тела. Прямоугольный треугольник. Теорема Пифагора. Элементы тригонометрии. Стандартная запись числа. Математические операции со степенями.

**Раздел 5. Кинематика Солнечной системы (начальный цикл)** § 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит) Упрощенная запись III закона Кеплера для круговой орбиты. Угловая и линейная скорость планеты относительно Солнца. Синодический и сидерический период планеты. Внутренние и внешние планеты. Конфигурации и условия видимости планет. § 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит) Движение карликовых и малых планет (в предположение круговой орбиты). Представление о движении комет и метеорных потоках. Внешние области Солнечной системы. Пояс Койпера, облако Оорта. § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит) Синодический и сидерический периоды Луны, их связь. Солнечные и лунные затмения. Величина фазы, продолжительность, стадии затмения. Характерные расстояния и периоды обращения спутников планет. Определение скорости света на основе анализа движения спутников планет.

**Смежные вопросы математики** Подобие треугольников. Возведение в степень, квадратные и кубические корни. **Смежные вопросы физики** Понятие периода движения по окружности, угловой скорости равномерного кругового движения. Прямолинейное распространение света.

## **УРОВЕНЬ V (9 класс, муниципальный этап; 10 класс, школьный этап)**

**Раздел 6. Небесная механика (начальный цикл)** § 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения и сила тяжести на различных небесных телах. Круговая (первая космическая) и угловая скорость. Вес и невесомость. Связь атмосферного давления на поверхности планеты и силы тяжести, оценка массы атмосферы. § 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит) Период обращения, выражение III закона Кеплера в обобщенной формулировке для круговых орбит. Линейная скорость планеты относительно Земли. Петлеобразное движение планет, геоцентрическая угловая скорость планеты на небе в момент основных конфигураций. § 6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет Приливы, их периодичность. Искусственные спутники Земли на низких орбитах, их видимое движение на небе. Торможение спутников в атмосферах планет. Геостационарные спутники. **Смежные вопросы математики** Сложение и вычитание векторов. **Смежные вопросы физики** Закон всемирного

тяготения, законы Ньютона. Сила тяжести, вес тела. Величина ускорения свободного падения, центростремительного ускорения. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Первая космическая (круговая) скорость.

**Раздел 7. Астрономическая оптика (начальный цикл) § 7.1.** Схемы и принципы работы телескопов Линзы и зеркала, простейшие оптические схемы телескопов - рефракторов и рефлекторов. Построение изображений, фокусное расстояние. Угловое увеличение, масштаб изображения, разрешающая способность телескопа. Выходной зрачок, равнозрачковое увеличение. Представление об ограничении разрешающей способности телескопа (качественно), атмосферное ограничение разрешающей способности. Вид различных небесных объектов в телескоп. Представление о приемниках излучения (глаз, ПЗС-матрица и т. д.). Некоторые виды монтировок (альт-азимутальная, экваториальная). Смежные вопросы физики Законы геометрической оптики. Отражение и преломление света на границе двух сред. Плоские и сферические зеркала, линзы. Построение изображений.

**УРОВЕНЬ VI (9 класс, региональный этап; 10 класс, муниципальный этап; 11 класс, школьный этап)**

**Раздел 8. Звездная астрономия (базовый цикл) § 8.1.** Энергия излучения Понятия мощности излучения (светимости), энергетического потока излучения, плотности потока излучения, освещенности, яркости. Убывание плотности потока излучения обратно пропорционально квадрату расстояния (без учета поглощения). § 8.2. Шкала звездных величин Видимая звездная величина. Формула Погсона. Видимые звездные величины наиболее ярких звезд и планет. Поверхностная яркость, ее независимость от расстояния, звездная величина фона ночного неба. § 8.3. Зависимость звездной величины от расстояния Зависимость звездной величины от расстояния до объекта в отсутствие поглощения. Модуль расстояния. Изменение видимой яркости планет при их движении вокруг Солнца (без учета фазы, случай круговых орбит). Абсолютная звездная величина звезды, абсолютная звездная величина тел Солнечной системы. § 8.4. Электромагнитные волны Длина волны, период и частота, скорость распространения в вакууме и в среде, показатель преломления. Диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и цвета. Прозрачность земной атмосферы для различных диапазонов электромагнитных волн. § 8.5. Излучение абсолютно черного тела Закон Стефана-Больцмана. Эффективная температура и радиус звезды. Светимость звезды и освещенность от нее, связь с абсолютной и видимой звездной величиной. § 8.6. Солнце Строение и химический состав. Поверхность Солнца, пятна, их температура и время жизни. Циклы солнечной активности. Вращение Солнца. Солнечная постоянная. § 8.7. Движение звезд Эффект Доплера. Лучевая и трансверсальная скорость звезды. Собственное движение и параллакс звезды. § 8.8. Двойные и затменные переменные звезды Движение двух тел сопоставимой массы для случая круговых орбит. Центр масс. Обобщенный III закон Кеплера для кругового движения. Затменные переменные звезды, главный и вторичный минимум, их глубина и длительность. § 8.9. Планеты и экзопланеты Сферическое и геометрическое альbedo. Зона обитаемости. Качественное понятие о парниковом эффекте. Движение экзопланет вокруг звезд для случая круговых орбит. Транзиты экзопланет, их временные и фотометрические свойства, условия наблюдения. § 8.10. Звездные скопления Характеристики и наблюдаемые свойства рассеянных и шаровых звездных скоплений и входящих в них звезд. Расположение скоплений на небе. Метод группового параллакса определения расстояний до скоплений. § 8.11. Основы галактической астрономии Представление о строении нашей Галактики. Движение Солнца в Галактике. Смежные вопросы математики Логарифмическое исчисление. Площадь поверхности сферы. Телесный угол. Приближенные вычисления. Правила округления, число значащих цифр. Степенная запись и приближенные вычисления с большими и

малыми числами. Анализ графиков. Смежные вопросы физики Общее понятие энергии, мощности, потока энергии, плотности потока энергии, яркости, освещенности. Понятие об электромагнитных волнах, длина волны, период и частота, скорость распространения, диапазоны электромагнитных волн. Понятие об абсолютно черном теле. Виды теплопередачи. Эффект Доплера. Понятие центра масс. **Раздел 9. Астрономическая оптика (базовый цикл)** § 9.1. Ограничение разрешающей способности телескопа. Понятие о дифракции. Дифракционное ограничение разрешающей способности телескопа. § 9.2. Светосила и проникающая способность телескопа Относительное отверстие телескопа, его проникающая способность. Видимый блеск точечных и протяженных источников при наблюдении в телескоп. Представление об ограничениях на проникающую способность телескопа (фон ночного неба). § 9.3. Основные приемники излучения Свойства и строение человеческого глаза. Дневное и ночное зрение. Равнозрачковое увеличение телескопа. Фотоаппараты. Диафрагма, время экспозиции. ПЗС-матрицы, строение и принципы работы. Отношение сигнал/шум. Аберрации оптики. Виньетирование, глубина резкости. **Смежные вопросы физики** Понятие об интерференции и дифракции. Пределы применимости геометрической оптики. Понятие о дифракции света. Свойства и строение человеческого глаза. Аберрации оптики.

**УРОВЕНЬ VII (9 класс, заключительный этап; 10 класс, региональный этап; 11 класс, муниципальный этап)**

**Раздел 10. Небесная механика (базовый цикл).** Законы Кеплера, движение по эллипсу Эллипс, его характеристики – большая и малая оси, эксцентриситет. Три закона Кеплера для случая большой центральной массы. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Импульс и момент импульса. Перицентр и апоцентр, скорость движения в этих точках. Параболическая (вторая космическая) скорость. Эксцентриситет и скорости в перицентре параболы и гиперболы. § 10.2. Небесная механика в Солнечной системе Характеристики орбит планет, карликовых планет и астероидов. Кометы, их движение в Солнечной системе. Геоцентрическая и гелиоцентрическая скорость. Метеорные потоки, радианты. Межпланетные перелеты по траектории Цандера-Гомана. Великие противостояния Марса. Фаза произвольного освещенного шара, равенство линейной и площадной фазы. Изменение видимой яркости планет и комет по ходу их движения для случая эллиптических орбит с учетом фазы. Движение спутников планет. Третья космическая скорость, гравитационная связанность системы. § 10.3. Система Солнце – Земля – Луна Характеристики орбиты Луны, перигей и апогей. Солнечные и лунные затмения для случая произвольных расстояний до Солнца и Луны. Кольцеобразно-полные затмения Солнца. Покрытия Луной звезд и планет, условия их наблюдений. Либрации Луны. § 10.4. Задача двух тел и звездная динамика Распространение законов Кеплера на случай произвольных масс. Обобщенный III закон Кеплера для эллиптического движения. Приведенная масса. Доплеровский метод открытия и анализа двойных систем и экзопланет. Элементы орбит двойных звезд и экзопланет (элементарные случаи). Восстановление характеристик орбит двойных звезд из наблюдений (элементарные случаи). Движение звезд в поле центрально-симметричных масс (звездных скоплений, центров галактик). Смежные вопросы математики Эллипс, связь различных характеристик эллипса. Площадь эллипса. Понятие о параболе и гиперболе. Теоремы синусов и косинусов. Сложение и вычитание векторов. Формулы приближенного вычисления для малых параметров. Смежные вопросы физики Импульс, момент инерции, момент импульса. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса для случая точечных масс. Космические скорости. **Раздел 11. Небесная сфера (базовый цикл)** § 11.1. Уравнение времени Истинное и среднее Солнце. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени, его характерные

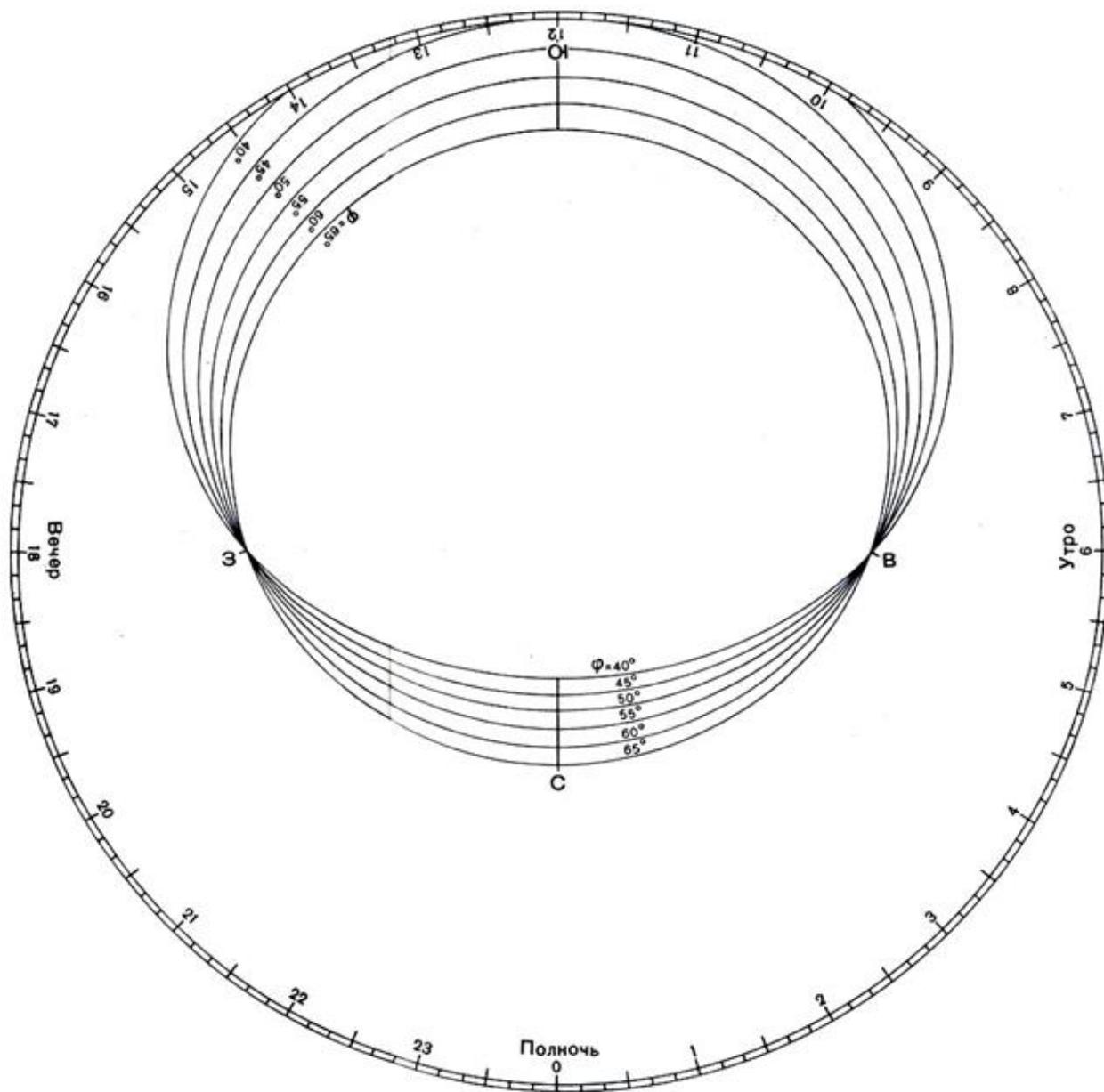
значения на протяжении года. Аналемма. § 11.2. Абберрация света и поправки к координатам светил Топоцентрические и геоцентрические координаты. Изменение видимых положений светил вследствие движения Земли. Параллактический и абберрационный эллипсы звезд на разных эклиптических широтах. Поправки к гелиоцентрическим координатам и лучевым скоростям звезд. § 11.3. Прецессия оси вращения Земли Предварение равноденствий, звездный (сидерический) и тропический год, их соотношение. Изменение экваториальных и эклиптических координат звезд вследствие прецессии. Нутация (качественно). **Смежные вопросы математики** Работа с графиками и таблицами. Линейная аппроксимация, определение коэффициентов линейной зависимости. Оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. Понятие о среднеквадратическом отклонении. **Смежные вопросы физики** Момент силы, момент импульса, импульс момента силы. Основное уравнение динамики вращательного движения.

**УРОВЕНЬ VIII** (10 класс, заключительный этап; 11 класс, региональный этап)

**Раздел 12. Элементы астрофизики (базовый уровень)** § 12.1. Квантовая природа света Квантово-механическая модель атома. Понятие об энергетических уровнях электронов. Квантовые и волновые свойства света. Фотоны, фотоэффект. Энергия и импульс квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Эффект Пойнтинга-Робертсона. § 12.2. Основы спектрального анализа Спектр излучения. Понятие спектральной линии излучения и поглощения, линейчатый и непрерывный спектр. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Виды задания спектра (как функции частоты или длины волны). § 12.3. Спектр излучения звезд Характерный вид спектра излучения абсолютно черного тела. Закон смещения Вина. Фотометрические системы UBVR<sub>I</sub>, показатели цвета. Цветовая температура. Болометрическая звездная величина, болометрическая поправка. Потемнение дисков звезд к краю. § 12.4. Классификация звезд Спектральные классы звезд, их связь с эффективной температурой. Классы светимости звезд (сверхгиганты, гиганты, карлики). Диаграммы «спектр-светимость» и «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела), главная последовательность. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности. § 12.5. Ядерная физика и механизмы энерговыделения звезд Динамическая, тепловая и ядерная шкалы, их характерные времена. Связь массы и энергии покоя. Дефект массы, энергия связи и зависимость удельной энергии связи от числа нуклонов. Синтез и распад, выделение энергии (качественно). Законы сохранения заряда и энергии в ядерных реакциях. Свойства элементарных частиц. Условия протекания термоядерных реакций в недрах звёзд, протон-протонный цикл. Нейтрино. § 12.6. Эволюция нормальных звезд Звездообразование, его области в Галактике. Масса Джинса. Типы звездного населения в галактиках. Стадия главной последовательности. Стадия красного гиганта, синтез тяжелых элементов в ядре. Равновесие и перенос энергии в звездах. Эволюционные треки маломассивных и массивных звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела, вид этой диаграммы для звездных скоплений, определение их возраста по положению «точки поворота». Звездные ассоциации. § 12.7. Пульсирующие переменные звезды Цефеиды, их характеристики. Зависимость «период-светимость», определение расстояний. Представление о полосе неустойчивости на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Звезды типа RR Лиры, долгопериодические переменные звезды. § 12.8. Поздние стадии эволюции звезд Белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Пределы Чандрасекара, Оппенгеймера-Волкова. Гравитационный радиус. Новые звезды. Сверхновые звезды, их классификация и основные свойства. Планетарные туманности и остатки вспышек сверхновых. Пульсары. § 12.9. Межзвездная среда Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Пылевые облака. Области H I и H II. Молекулярные облака. Линия 21 см. Газовые и диффузные туманности. § 12.10. Галактики и основы космологии Классификация и наблюдательные свойства галактик. Местная

группа галактик. Типы звездного населения. Сверхмассивные черные дыры в галактиках, активные ядра галактик, квазары. Закон Хаббла, красное смещение. **Смежные вопросы математики** Производная функции. Исследование функций на основе производной, геометрический смысл производной. **Смежные вопросы физики** Квантовые и волновые свойства света. Фотоны. Энергия и импульс фотонов. Внешний фотоэффект. Давление света. Квантово-механическая модель атома. Постулаты Бора. Стационарные состояния атома. Понятие об энергетических уровнях электронов в атоме. Виды спектров. Спектральный анализ. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Связь массы и энергии. Дефект массы, энергия связи и удельная энергия связи. Законы сохранения в ядерной физике. Синтез и распад ядер. Термоядерные реакции. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон, нейтрино). Свойства идеального газа. Температура, давление газа, концентрация частиц.

Накладной круг следует обрезать по контуру и внутри вырезать «окружность» по линии, соответствующей  $55^\circ$ . Подвижная карта и накладной круг прилагаются (см. далее).



- Звезды
- ◆ Двойные звезды
- ◆ Две близких звезды
- Переменные звезды
- ⊙ Звездные скопления

- ☉ Апенс Солнца
- ☁ Туманности
- ⊥ Точка весеннего равноденствия
- ⊥ Точка осеннего равноденствия
- Границы созвездий и их названия

