**Методические рекомендации по проведению муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии**

**в 2023/24 учебном году**

Настоящие рекомендации по организации и проведению муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников (далее –ВсОШ) по астрономии составлены в соответствии с Порядком проведения всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства просвещения РФ от 27 ноября 2020 г. № 678 «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников», с изменениями, внесенными приказами Министерства просвещения РФ от 16 августа 2021 г. №565 и от 14 февраля 2022 г. №73. Олимпиада по астрономии проводится в целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганды научных знаний.

Задачи олимпиады:

* выявление талантливых школьников в области астрономии и смежных наук;
* популяризация астрономических знаний среди школьников и молодежи, поднятие уровня астрономической грамотности.

Рабочим языком проведения олимпиады является русский язык.

Участие в олимпиаде индивидуальное, олимпиадные задания выполняются участником самостоятельно, без помощи посторонних лиц.

Сроки окончания муниципального этапа олимпиады – не позднее 25 декабря.

Муниципальный этап олимпиады проводится по заданиям, разработанным для 7-11 классов в один аудиторный тур. Участник муниципального этапа олимпиады выполняет олимпиадные задания, разработанные для класса, программу которого он осваивает, или для более старших классов. В случае прохождения участников, выполнивших задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, программы которых они осваивают, на муниципальном этапе олимпиады, указанные участники выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на школьном этапе олимпиады.

В **комплект олимпиадных заданий** муниципального этапа олимпиады по каждой возрастной группе (классу) входят:

бланк заданий;

бланк ответов;

критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий.

При составлении заданий, бланков ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий необходимо соблюдать единый стиль оформления. Рекомендуемые технические параметры оформления материалов:

размер бумаги (формат листа) – А4;

размер полей страниц: правое – 1 см, верхнее и нижнее – 2 мм, левое – 3 см;

размер колонтитулов – 1,25 см;

отступ первой строки абзаца – 1,25 см;

размер межстрочного интервала – 1,5;

размер шрифта – кегль не менее 12;

тип шрифта – Times New Roman;

выравнивание – по ширине;

нумерация страниц: страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в центре нижней части листа без точки с соблюдением сквозной нумерации ко всему документу;

титульный лист должен быть включен в общую нумерацию страниц бланка ответов, номер страницы на титульном листе не ставится;

рисунки и изображения должны быть хорошего разрешения (качества) и в цвете, если данное условие является принципиальным и необходимым для выполнения заданий;

таблицы и схемы должны быть четко обозначены, сгруппированы и рационально размещены относительно параметров страницы.

При разработке бланков ответов необходимо учитывать следующее:

первый лист бланка ответов – титульный. На титульном листе должна содержаться следующая информация: указание этапа олимпиады (школьный, муниципальный); текущий учебный год; поле, отведенное под код/шифр участника; строки для заполнения данных участником (Ф.И.О., класс, полное наименование образовательной организации);

второй и последующие листы содержат поле, отведенное под код/шифр участника; указание номера задания; поле для выполнения задания участником (разлинованный лист, таблица, схема, рисунок, и т.д.); максимальный балл, который может получить участник за его выполнение; поле для выставления фактически набранных баллов; поле для подписи членов жюри.

**Комплект заданий** должен содержать задания различной сложности. Примерно половина заданий муниципального этапа должны представлять категорию 1, другая половина заданий относятся к категории 2. Соотношение количества заданий категории 1 и 2 может изменяться в разных возрастных параллелях с учетом специфики конкретной ситуации и уровня подготовки участников. Уровень сложности заданий должен быть определен таким образом, чтобы участник смог выполнить их за время, отведенное организатором для данного этапа олимпиады. Рекомендованная длительность муниципального этапа составляет 1-1.5 часа для 7-8 классов и 2-3 часа для 9-11 классов.

Задания муниципального этапа олимпиады могут быть разработаны как отдельно для каждого класса (параллели), так и для возрастных групп, объединяющих несколько классов (параллелей), например:

а) первая возрастная группа – обучающиеся 7-8 классов общеобразовательных организаций;

в) вторая возрастная группа – обучающиеся 9 класса общеобразовательных организаций;

г) третья возрастная группа – обучающиеся 10 класса общеобразовательных организаций;

д) третья возрастная группа – обучающиеся 11 класса общеобразовательных организаций.

Муниципальный этап не предусматривает выполнение каких-либо практических и наблюдательных задач по астрономии, его проведение не требует специального оборудования (телескопов и других астрономических приборов), поэтому материальные требования для их проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима. Каждому участнику олимпиады должны быть предоставлены листы формата A4 для выполнения олимпиадных заданий. В случае проведения этапа с использованием информационно-коммуникационных технологий участникам должен быть предоставлен доступ к онлайн-платформе, на которой проводится этап.

Участники могут использовать свои письменные принадлежности (включая циркуль, транспортир, линейку и т. п.) и непрограммируемый̆ инженерный калькулятор. В частности, калькуляторы, допустимые для использования на ЕГЭ, разрешаются для использования на любых этапах олимпиады. Рекомендуется иметь в аудитории несколько запасных ручек черного цвета.

При выполнении заданий муниципального этапа олимпиады допускается использование только справочных материалов, предоставленных организаторами, предусмотренных в заданиях и критериях оценивания. Использование любых средств связи на олимпиаде категорически запрещается.

Для проверки решений участников формируется **жюри**, состоящее из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников образовательных организаций, аспирантов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии и физике, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в области астрономии и физики. Численность жюри муниципального этапа олимпиады составляет не менее 5 человек.

Для обеспечения объективной и единообразной проверки решение каждого задания должно проверяться одним и тем же членом жюри у всех участников в данной возрастной параллели, а при достаточном количестве членов жюри – независимо двумя членами жюри с последующей коррекцией существенного различия в их оценках одной и той же работы.

Решение каждого задания оценивается в соответствии с рекомендациями, разработанными предметно-методической комиссией. Альтернативные способы решения, не учтенные составителями заданий, также оцениваются в полной мере при условии их корректности. Во многих заданиях этапы решения можно выполнять в произвольном порядке; это не влияет на оценку за выполнение каждого этапа и за задание в целом.

При частичном выполнении задания оценка зависит от степени и правильности выполнения каждого этапа решения, при этом частичное выполнение этапа оценивается пропорциональной частью баллов за этот этап. При проверке решения необходимо отмечать степень выполнения его этапов и выставленные за каждый этап количества баллов.

Если тот или иной этап решения можно выполнить отдельно от остальных, он оценивается независимо. Если ошибка, сделанная на предыдущих этапах, не нарушает логику выполнения последующего и не приводит к абсурдным результатам, то последующий этап при условии правильного выполнения оценивается полностью.

Жюри не учитывает решения или части решений заданий, изложенные в черновике, даже при наличии ссылки на черновик в чистовом решении. Об этом необходимо отдельно предупредить участников перед началом олимпиады.

Жюри должно придерживаться принципа соразмерности: так, если в решении допущена грубая астрономическая или физическая ошибка с абсурдным выводом (например, скорость больше скорости света, масса звезды, существенно меньшая реальной массы Земли и т. д.), все решение оценивается в 0 баллов, тогда как незначительная математическая ошибка должна снижать итоговую оценку не более, чем на 2 балла.

Система и методика оценивания олимпиадных заданий должна позволять объективно выявить реальный уровень подготовки участников олимпиады.

С учетом этого, при разработке методики оценивания олимпиадных заданий предметно-методическим комиссиям рекомендуется:

по всем заданиям начисление баллов производить целыми, а не дробными числами;

размер максимальных баллов за задания установить одинаковым, либо меняющимся в зависимости от уровня сложности задания, за задания одного уровня сложности начислять одинаковый максимальный балл;

Ниже представлена 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;

5-7 баллов: задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

В тестовых заданиях, эффективных при проведении олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий, оценка определяется формально на основе ответа участника по алгоритму, задаваемому для каждого задания.

Оценка выполнения участником любого задания не может быть отрицательной. Минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания, – 0 баллов. Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий с последующим приведением к 100-балльной системе (максимальная оценка по итогам выполнения заданий 100 баллов, например, оценка за этап не более 50 баллов, тогда оценка умножается на 2, 50 × 2 = 100). В случае дробного итогового результата он округляется до сотых.

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ СПИСОК ВОПРОСОВ**

***УРОВЕНЬ III (7 класс, муниципальный 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. Пользование непрограммируемым инженерным калькулятором.

***УРОВЕНЬ IV (8 класс, муниципальный этап)***

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 (как эмпирический факт). 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)***

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 (10 класс, муниципальный 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 альбедо. 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 проницающая способность телескопа

Относительное отверстие телескопа, его проницающая способность. Видимый блеск точечных и протяженных источников при наблюдении в телескоп. Представление об ограничениях на проницающую 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 (11 класс, муниципальный этап)***

Раздел 10. Небесная механика (базовый цикл)

§ 10.1. 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. Движение в поле сферически-симметричной массы.

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. Аберрация света и поправки к координатам светил

Топоцентрические и геоцентрические координаты. Изменение видимых положений светил вследствие движения Земли. Параллактический и аберрационный 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.

Приложение 1

**Справочная информация, разрешенная к использованию на ВсОШ**

***Основные физические и астрономические постоянные***

Гравитационная постоянная *G* = 6.672∙10–11 м3∙кг–1∙с–2

Скорость света в вакууме *c* = 2.998∙108 м/с

Постоянная Больцмана *k* = 1.38∙10–23 м2∙кг∙с–2∙K–1

Универсальная газовая постоянная  = 8.31 м2∙кг∙с–2∙K–1∙моль–1

Постоянная Стефана-Больцмана  = 5.67∙10–8 кг∙с–3∙K–4

Постоянная Планка *h* = 6.626∙10–34 кг∙м2∙с–1

Масса протона *m*p = 1.67∙10–27 кг

Масса электрона *m*e = 9.11∙10–31 кг

Элементарный заряд *e* = 1.602∙10–19 Кл

Астрономическая единица 1 а.е. = 1.496∙1011 м

Парсек 1 пк = 206265 а.е. = 3.086∙1016 м

Постоянная Хаббла *H* = 72 (км/c)/Мпк

***Данные о Солнце***

Радиус 697 000 км

Масса 1.989∙1030 кг

Светимость 3.88∙1026 Вт

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина –26.78m

Абсолютная болометрическая звездная величина +4.72m

Показатель цвета (B–V) + 0.67m

Эффективная температура 5800K

Средний горизонтальный параллакс 8.794

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м2

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м2

***Данные о Земле***

Эксцентриситет орбиты 0.0167

Тропический год 365.24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: 23 26 21.45

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса 5.974∙1024 кг

Средняя плотность 5.52 г∙см–3

Объемный состав атмосферы: N2 (78%), O2 (21%), Ar (~1%)

***Данные о Луне***

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Средний эксцентриситет орбиты 0.055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике 509

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

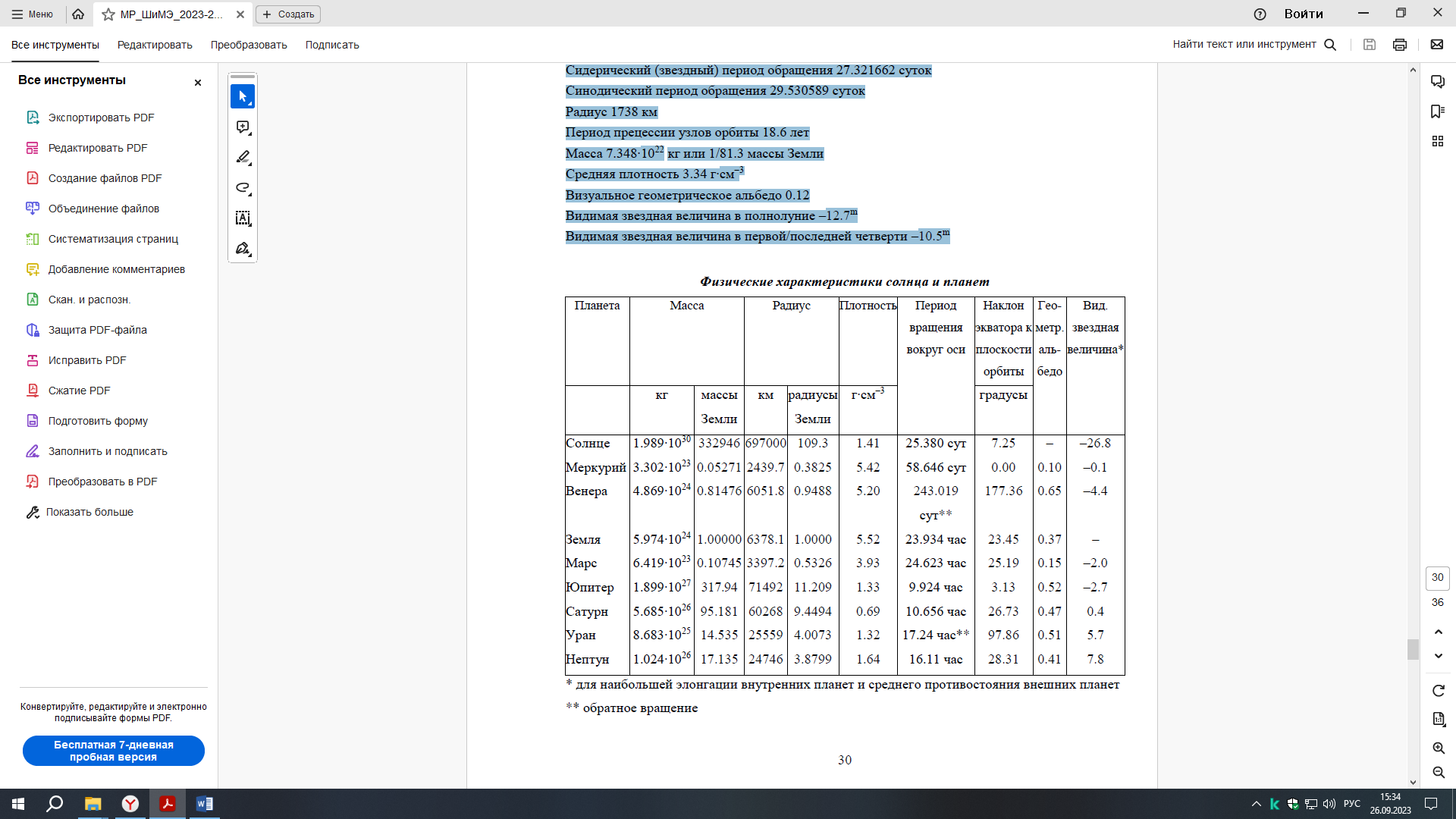
Период прецессии узлов орбиты 18.6 лет

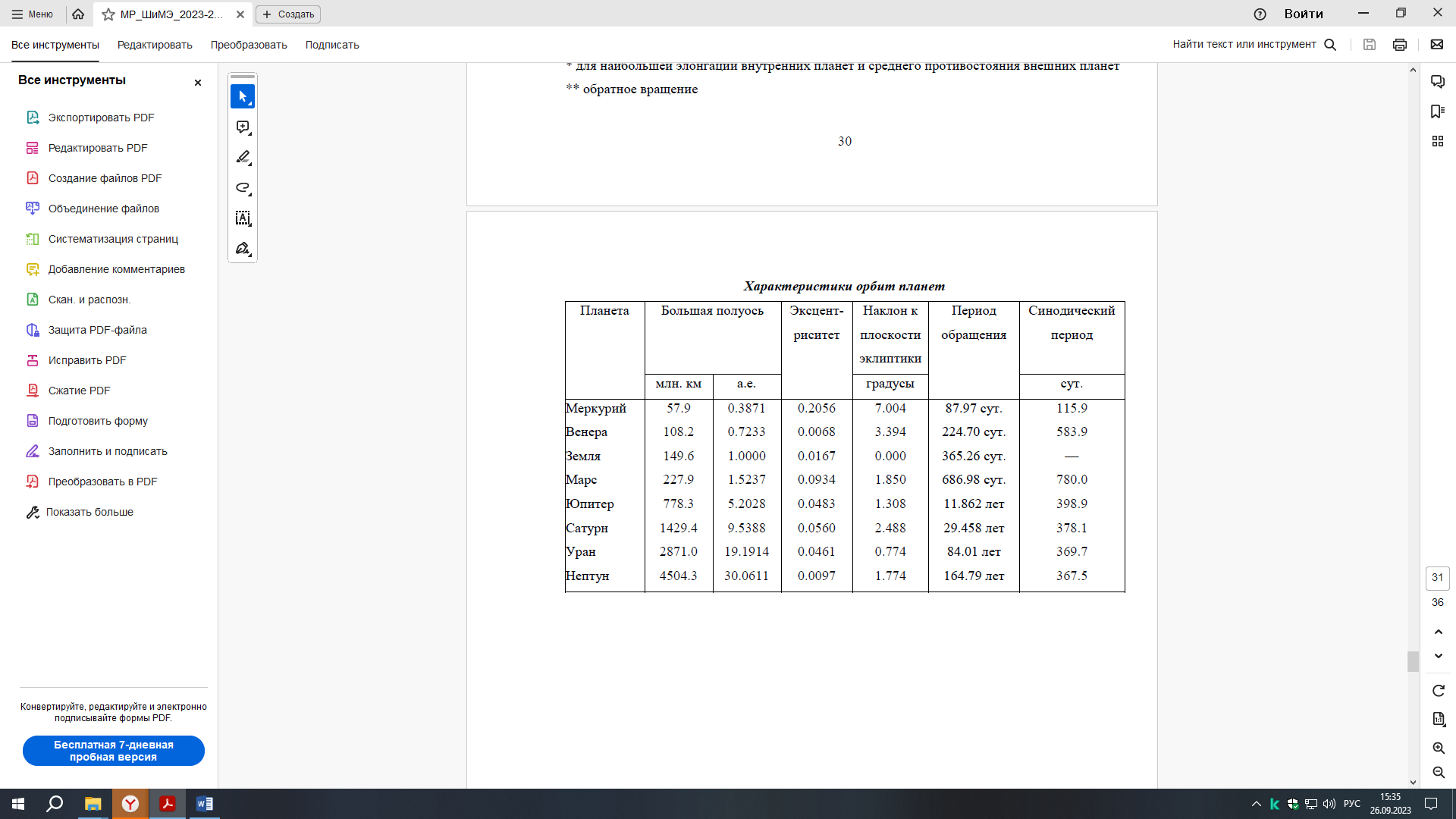
Масса 7.348∙1022 кг или 1/81.3 массы Земли

Средняя плотность 3.34 г∙см–3

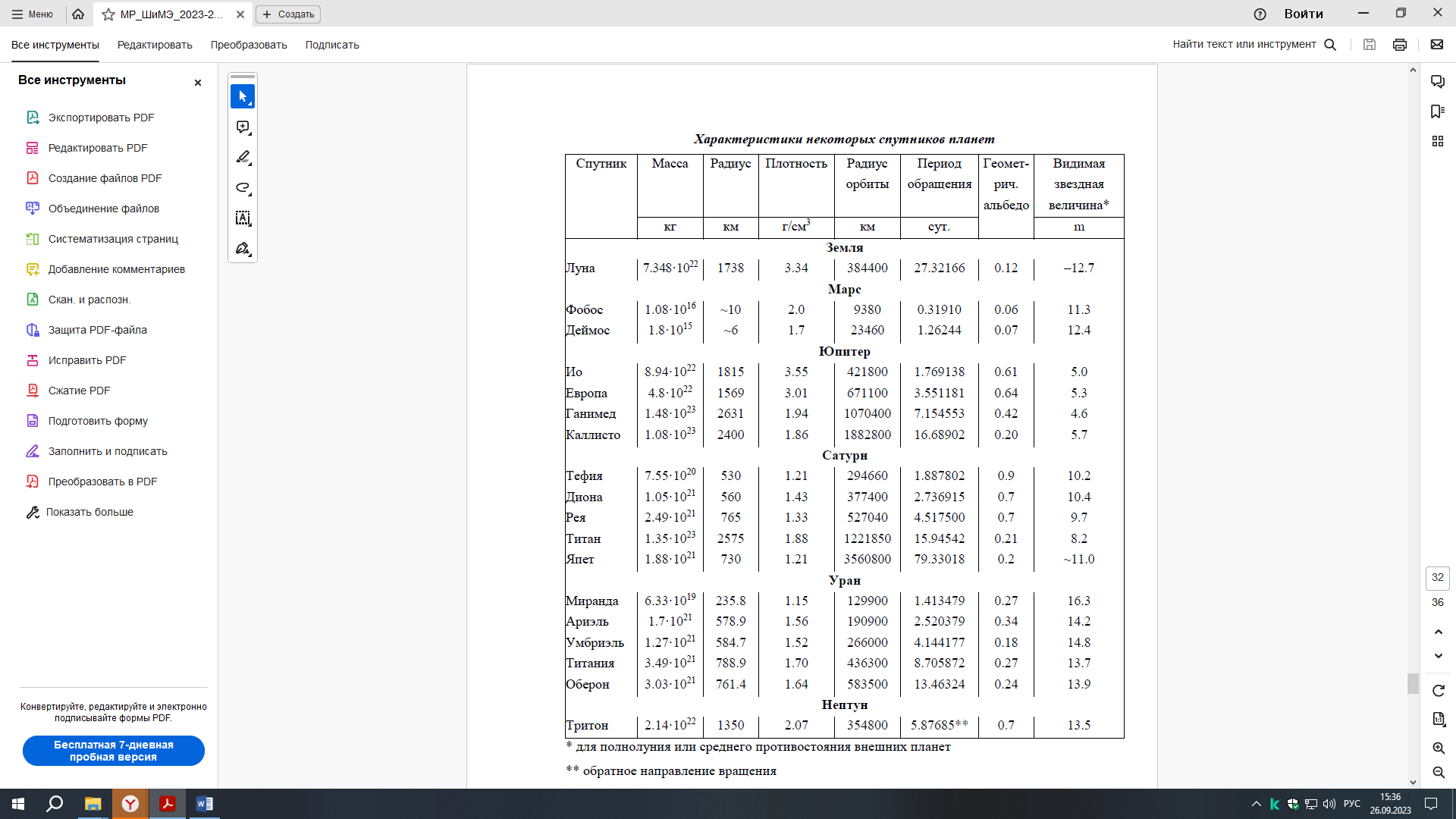
Визуальное геометрическое альбедо 0.12

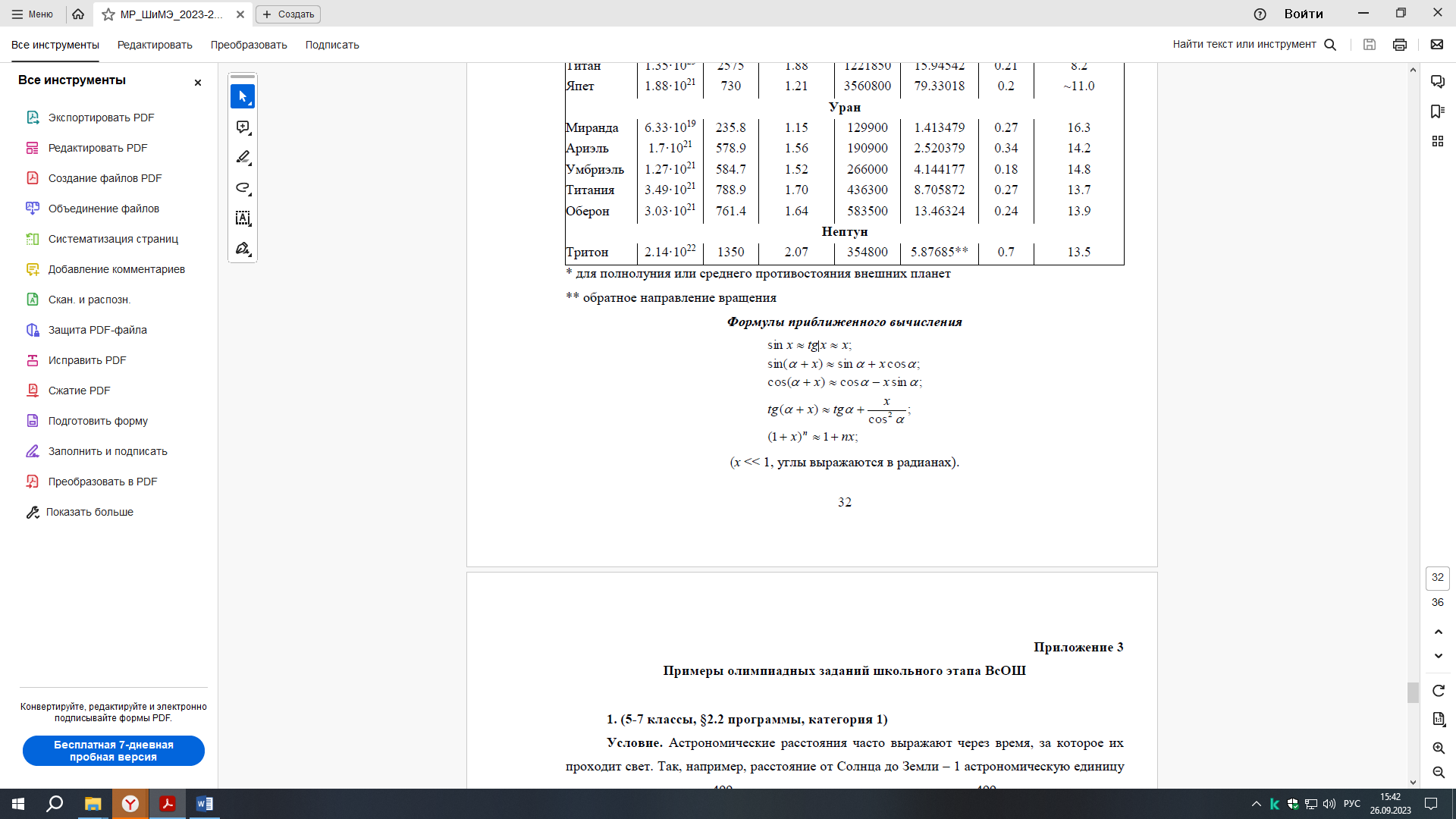
Видимая звездная величина в полнолуние –12.7m

Видимая звездная величина в первой/последней четверти –10.5m



***Формулы приближенного вычисления***





**Приложение 2**

**Примеры олимпиадных заданий муниципального этапа ВсОШ**

**1. (7-9 классы, §3.2. программы, категория 1)**

**Условие.** В некотором пункте звезда Вега (α = 18h 37m, δ = +38º47′) проходит точно через зенит. Какую звезду чаще можно видеть из этого пункта: Антарес (α = 16h 29m, δ = –26º26′) или Сириус (α = 6h 45m, δ = –6º43′)?

**Решение.** Широта этого пункта 38º47′ (северная). Поскольку Сириус на небесной сфере расположен севернее, чем Антарес (ближе к небесному экватору), то он проводит над горизонтом больше времени. Кроме того, Сириус – зимняя звезда, а Антарес – летняя, и наблюдать Сириус удаётся дольше ещё и потому, что зимой весь его суточный путь над горизонтом приходится на тёмное время суток.

**2. (9-10 классы, §7.1 программы, категория 2)**

**Условие.** Разрешение матрицы камеры мобильного телефона составляет 16 Мп (16 миллионов пикселей), размер светочувствительного сенсора – 5.5 × 4.1 мм. Фокусное расстояние камеры составляет 4 мм, диаметр объектива – 1.9 мм. Определите, сколько пикселей займёт изображение Луны на снимке мобильного телефона. Считайте, что светочувствительные элементы (пиксели) имеют квадратную форму и расположены вплотную друг к другу. Угловой диаметр Луны равен 0.5°.

**Решение.** Прежде всего, определим линейный размер изображения Луны на матрице телефона. Считаем, что матрица находится в фокальной плоскости камеры. Угловой размер Луны следует предварительно перевести из градусов в радианы, δ = 0.5° = 0.5 (π/180) ~ 8.73∙10−3 радиан. Диаметр изображения Луны равен d = f tanδ ~ 4 мм ∙ 8,73∙10−3 радиан ~ 0.035 мм. Соответственно, площадь изображения составит S = πd2/4 = 9.6 ∙ 10−4 мм2. Теперь определим площадь одного светочувствительного элемента матрицы (пикселя). Для этого разделим площадь камеры на общее число пикселей. s = 5.5 ∙ 4.1 / 16∙106 ~1.41 ∙ 10−6 мм2. Наконец, разделим площадь изображения Луны на площадь пикселя и получим ответ: *S*/*s* = 9.6∙10−4 мм2 / 1.41∙10−6 мм2 ~ 680 пикселей.

**3. (11 класс, §10.1 программы, категория 2)**

**Условие.** Орбита космического аппарата в перигелии касается орбиты Венеры, а в афелии – орбиты Марса. После сближения с одной из этих планет в результате активного гравитационного манёвра период обращения космического аппарата уменьшился в 2 раза. Определите: 1) Сближение с какой планетой привело к уменьшению периода? 2) Каким будет новый период обращения? 3) Будет ли космический аппарат, двигаясь по новой орбите, пересекать орбиту Земли? Радиус орбиты Венеры равен 0.72 а. е., Марса – 1.52 а. е.

**Решение.** Определим сначала новый период КА. Величина большой полуоси изначальной орбиты равна (0.72 + 1.52) / 2 = 1.12 а.е. Из III закона Кеплера получаем, что период обращения по такой орбите составляет 1.123/2 = 1.18 года. Тогда новый период КА равен 0.59 года. Большая полуось новой орбиты равна 0.592/3 = 0.70 а.е. Если КА затормозился около Марса, то его перигелийное расстояние уменьшилось. Минимально возможная орбита с афелием у Марса будет иметь большую полуось, равную 1.52 / 2 = 0.76 а.е. Это больше, чем большая полуось новой орбиты. Значит, КА затормозился у Венеры. Видно, что большая полуось новой орбиты меньше радиуса орбиты Венеры. Значит, перигелий старой орбиты стал афелием новой. Новая орбита целиком лежит внутри орбиты Венеры, то есть КА не будет пересекать земную орбиту.

**4. (10-11 классы, §8.1. программы, категория 2)**

**Условие.** Космический аппарат «Венера-Экспресс» был оснащён солнечными батареями площадью 5.7 м2. Эти батареи вырабатывали на орбите Венеры 1.1 кВт электроэнергии. Аппарат «Новые Горизонты», летевший к Плутону, имел на борту изотопный источник мощностью 200 Вт. Какую площадь должны были бы иметь солнечные батареи на «Новых Горизонтах», чтобы вырабатывать столько же электроэнергии вблизи Плутона, что и изотопный источник? Встреча с Плутоном произошла на расстоянии 32 а. е. 14 июля 2015 года. Радиус орбиты Венеры – 0.72 а.е.

**Решение.** Пусть L – светимость Солнца. Тогда на расстоянии r от Солнца на единицу поверхности за секунду попадает L / 4πr2 лучистой энергии. Пусть s – площадь солнечных батарей. Тогда полная вырабатываемая ими мощность будет P = LK / 4πr2 s, где K – КПД солнечных батарей. Плутон находится в 32 / 0.72 = 44 раза дальше Венеры. Значит, площадь батарей должна быть равна 5.7 (200 / 1100) 442 = 2000 м2. Это немногим более площади хоккейной площадки.