

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»

Институт профессионального образования

Кафедра теории и методики профессионального образования

Составитель А. А. Мальшин

АСТРОНОМИЯ

**Методические указания
к практическим занятиям и самостоятельной работе
для студентов первого курса всех специальностей СПО**

Рекомендовано цикловой методической комиссией
математических и естественнонаучных дисциплин
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты:

Кабачевская Е. В. – доцент, зав. кафедрой теории и методики профессионального образования

Ощепкова Е. А. – председатель цикловой методической комиссии математических и естественнонаучных дисциплин СПО

Мальшин Анатолий Александрович

Астрономия: методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе [Электронный ресурс] для студентов первого курса всех специальностей СПО / сост. А. А. Мальшин; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2018. – 56 с.

В методических указаниях приведено содержание практических работ по дисциплине «Астрономия», предложены темы для самостоятельной работы. Представлен материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

© КузГТУ, 2018
© Мальшин А. А.,
составление 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. РЕФЕРАТЫ	5
1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СТУДЕНТА ПРИ НАПИСАНИИ РЕФЕРАТА	5
1.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТОВ	6
1.3. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ	9
1.4. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ДЛЯ НАПИСАНИЯ РЕФЕРАТОВ	11
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	13
2.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	13
2.2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ КЕПЛЕРА.	13
2.2.1. ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА	14
2.2.2. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ КЕПЛЕРА	16
2.2.3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ	18
2.2.4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	20
2.3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ НА ПЛАНЕТАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.	20
2.3.1. ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ ЗАКОНА ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ	21
2.3.2. ЗАВИСИМОСТЬ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ И ДРУГИХ ПАРАМЕТРОВ. ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ	22
2.3.3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ	24
2.3.4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	27
2.4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕСКОПОВ.	29
2.4.1. ТИПЫ ТЕЛЕСКОПОВ	29
2.4.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕСКОПОВ	32
2.4.3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ	35
2.4.4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	36
2.5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА	37
2.5.1. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ	37
2.5.2. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ЧИСЛЕ ВОЛЬФА W	39
2.5.3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	40
ЛИТЕРАТУРА	54

ВВЕДЕНИЕ

Программа общеобразовательной учебной дисциплины «Астрономия» предназначена для изучения астрономии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», реализующем образовательную программу среднего общего образования в пределах освоения программы подготовки специалистов среднего звена на базе основного общего образования.

Программа разработана на основе требований ФГОС среднего общего образования, предъявляемых к содержанию и результатам освоения учебной дисциплины «Астрономия», в соответствии с Примерной основной образовательной программой среднего общего образования, одобренной решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 28 июня 2016 г. №2/16-з), с письмом Минобрнауки России №ТС-194/08 от 20.06.2017 «Об организации изучения учебного предмета «Астрономия».

Цель программы – освоение обучающимися содержания учебной дисциплины «Астрономия» и достижение результатов ее изучения в соответствии с требованиями ФГОС среднего общего образования.

Содержание программы направлено на решение следующих задач:

– сформировать основы целостной научной картины мира, представление о строении и эволюции Вселенной, отражающее современную астрономическую картину мира;

– обеспечить овладение знаниями о роли астрономии в познании фундаментальных законов природы,

физической природе небесных тел и систем, строении и эволюции Вселенной, пространственных и временных масштабах Вселенной, наиболее важных астрономических открытиях;

– совершенствовать умения объяснять видимое положение и движение небесных тел принципами определения местоположения и времени по астрономическим объектам, навыки практического использования компьютерных приложений для определения вида звездного неба в конкретном пункте для заданного времени;

– развить познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности в процессе приобретения знаний по астрономии с использованием различных источников информации и современных информационных технологий;

– сформировать навыки использования естественнонаучных знаний для объективного анализа устройства окружающего мира на примере достижений современной астрофизики, астрономии и космонавтики.

Предметные результаты:

- сформированность представлений о значении астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии;

- осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства и развитии международного сотрудничества в этой области;

- развитие познавательного интереса, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний по астрономии;

- сформированность целостной научной картины мира;

- владение основополагающими астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями, уверенное пользование астрономической терминологией и символикой;

- сформированность навыков использования естественнонаучных знаний для объективного анализа устройства окружающего мира на примере достижений современной астрофизики, астрономии и космонавтики;

- развитый познавательный интерес в процессе приобретения знаний по астрономии с использованием различных источников информации и современных информационных технологий.

В методических указаниях приведены темы рефератов и требования к их оформлению, содержание практических занятий и практические задания для выполнения, литература, необходимая для выполнения работ.

1. РЕФЕРАТЫ

1.1. Основные задачи студента при написании реферата

Написание реферата является одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов, целью которой является расширение научного кругозора студентов, ознакомление с методологией научного поиска.

Реферат – это краткий обзор максимального количества доступных публикаций по заданной теме, с элементами сопоставительного анализа данных материалов и с последующими выводами.

При проведении обзора должна проводиться и исследовательская работа, но объем ее ограничен, так как анализируются уже сделанные предыдущими исследователями выводы и в связи с небольшим объемом данной формы работы.

Целью написания рефератов является:

привитие студентам навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);

привитие студентам навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;

приобретение навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста;

выявление и развитие у студента интереса к определенной научной и практической проблематике с тем, чтобы исследование ее в дальнейшем продолжалось в подготовке и написании курсовых и дипломной работы и дальнейших научных трудах.

Основные задачи студента при написании реферата:

- с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции;
- верно (без искажения смысла) передать авторскую позицию в своей работе;

- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с тем или иным автором по данной проблеме.

Требования к содержанию:

- материал, использованный в реферате, должен относиться строго к выбранной теме;
- необходимо изложить основные аспекты проблемы не только грамотно, но и в соответствии с той или иной логикой (хронологической, тематической, событийной и др.);
- при изложении следует сгруппировать идеи разных авторов по общности точек зрения или по научным школам;
- реферат должен заканчиваться подведением итогов проведенной исследовательской работы: содержать краткий анализ-обоснование преимуществ той точки зрения по рассматриваемому вопросу, с которой Вы солидарны.

1.2. Требования к оформлению рефератов

1. Начинается реферат с *титульного листа*. Образец оформления титульного листа для реферата рис. 1.

2. За титульным листом следует *Оглавление*. Оглавление – это план реферата, в котором каждому разделу должен соответствовать номер страницы, на которой он находится.

3. *Текст* реферата. Он делится на три части: *введение, основная часть и заключение*.

а) *Введение* – раздел реферата, посвященный постановке проблемы, которая будет рассматриваться и обоснованию выбора темы.

б) *Основная часть* – это звено работы, в котором последовательно раскрывается выбранная тема. Основная часть может быть представлена как цельным текстом, так и разделена на параграфы. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст.

в) *Заключение* – данный раздел реферата должен быть представлен в виде выводов, которые готовятся на основе подготовленного текста. Выводы должны быть краткими и четкими. Также в заключении можно обозначить проблемы, которые "высветились" в ходе работы над рефератом, но не были раскрыты в работе.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Институт профессионального образования
Кафедра теории и методики профессионального образования

РЕФЕРАТ
по дисциплине «Астрономия»

(тема реферата)

Работу выполнил(а) студент(ка)

_____.
группа _____

Кемерово 20....

Рис. 1. Образец оформления титульного листа для реферата

4. *Список источников и литературы.* В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и все иные, изученные им в связи с его подготовкой. Работа, выполненная с использованием материала, содержащегося в одном научном источнике, является явным плагиатом и не принимается. Оформление Списка источников и литературы должно соответствовать требованиям библиографических стандартов.

Объем и технические требования, предъявляемые к выполнению реферата.

Объем работы должен быть, как правило, не менее 10 и не более 15 страниц. Работа должна выполняться через одинарный интервал 14 шрифтом, размеры оставляемых полей: левое – 20 мм, правое – 20 мм, нижнее – 20 мм, верхнее – 20 мм. Страницы должны быть пронумерованы (снизу, посередине).

Расстояние между названием части реферата или главы и последующим текстом должно быть равно двум интервалам. Фразы, начинающиеся с "красной" строки, печатаются с абзацным отступом от начала строки, равным 1,25 см.

При цитировании необходимо соблюдать следующие правила:

текст цитаты заключается в кавычки и приводится без изменений, без произвольного сокращения цитируемого фрагмента (пропуск слов, предложений или абзацев допускается, если не влечет искажения всего фрагмента, и обозначается многоточием, которое ставится на месте пропуска) и без искажения смысла;

каждая цитата должна сопровождаться ссылкой на источник, библиографическое описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов.

Оценивая реферат, преподаватель обращает внимание на:

- соответствие содержания выбранной теме;
- отсутствие в тексте отступлений от темы;
- соблюдение структуры работы, четка ли она и обоснована;
- умение работать с научной литературой – вычленять про-

блему из контекста;

- умение логически мыслить;
- культуру письменной речи;
- умение оформлять научный текст (правильное применение и оформление ссылок, составление библиографии);
- умение правильно понять позицию авторов, работы которых использовались при написании реферата;
- способность верно, без искажения передать используемый авторский материал;
- соблюдение объема работы;
- аккуратность и правильность оформления, а также технического выполнения работы.

Реферат должен быть сдан для проверки в установленный срок.

Критерии оценивания:

- 5 – при полном раскрытии темы реферата и правильном ответе на вопросы;
- 4 – при полном раскрытии темы реферата и неправильном ответе на вопросы;
- 3 – при неполном раскрытии темы реферата и неправильном ответе на вопросы.

1.3. Темы рефератов

- 1 Время и календарь.
- 2 Состав и масштабы Солнечной системы.
- 3 Конфигурации и условия видимости планет.
- 4 Международная космическая станция МКС.
- 5 Определение расстояний и размеров тел в Солнечной системе.
- 6 Движение небесных тел под действием сил тяготения. Космические скорости и форма орбит. Приливы. Определение масс небесных тел.
- 7 Движение Луны. Солнечные и лунные затмения.
- 8 Исследование Луны.
- 9 Описание влияния Луны на живые организмы.
- 10 Общие характеристики планет. Физическая обусловленность их природы.

- 11 Планеты земной группы: Меркурий, Венера, Марс.
- 12 Планеты-гиганты.
- 13 Теория возникновения Солнечной системы.
- 14 Исследования Марса.
- 15 Строение Земли.
- 16 Исследования Венеры.
- 17 Малые тела Солнечной системы (астероиды, болиды, метеориты, кометы, метеоры и метеорные потоки).
- 18 Солнце – ближайшая звезда.
- 19 Изучение взаимодействия Солнца и Земли.
- 20 Исследование взаимодействия солнечного ветра и кометной атмосферы.
- 21 Современные телескопы.
- 22 Двойные звезды. Массы звезд.
- 23 Размеры звезд. Плотность их вещества.
- 24 Важнейшие закономерности в мире звезд. Эволюция звезд.
- 25 Наша галактика.
- 26 Другие звездные системы – галактики.
- 27 Строение галактик.
- 28 Наша галактика – Млечный путь.
- 29 Красное смещение и закон Хаббла.
- 30 Скорость вращения галактик.
- 31 Анализ явления «черные дыры».
- 32 Доказательство развития Вселенной через описание явления «движение звезд».
- 33 Обоснование эффективности применения космических технологий в повседневной жизни человека.
- 34 Изучение характеристик магнитного поля Земли и его влияния на жизнь человечества.
- 35 Описание свойств метеоритов.
- 36 Периодизация научных исследований в космосе.
- 37 Анализ теорий и гипотез, доказывающих наличие жизни на других планетах.
- 38 Легенды и мифы на небе.
- 39 Звездные карты и координаты.
- 40 Спутники Сатурна.

1.4. Интернет-ресурсы для написания рефератов

1. Измиран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.izmiran.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Моя астрономия [Электронный ресурс] / Н. Е. Шатовская. – Режим доступа: <http://www.myastronomy.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Космический Мир [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cosmoworld.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Астрономическое общество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sai.msu.su/EAAS>
5. Гомулина Н. Н. Открытая астрономия / под ред. В. Г. Сурдина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.college.ru/astronomy/course/content/index.htm>
6. Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sai.msu.ru>
7. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.izmiran.ru>
8. Новости космоса, астрономии и космонавтики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronews.ru/>
9. Общероссийский астрономический портал. Астрономия РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80aqldeblhj0l.xn--p1ai/>
10. Российская астрономическая сеть. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru>
11. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Энциклопедия Кругосвет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krugosvet.ru>
12. Энциклопедия «Космонавтика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia>
<http://www.astro.websib.ru/>
<http://www.myastronomy.ru>
<http://class-fizika.narod.ru>
<https://sites.google.com/site/astronomlevitan/plakaty>
<http://earth-and-universe.narod.ru/index.html>
<http://catalog.prosv.ru/item/28633>
<http://www.planetarium-moscow.ru/>

<https://sites.google.com/site/auastro2/levitan>
<http://www.gomulina.orc.ru/>
<http://www.myastronomy.ru/>

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

2.1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Цель практических занятий состоит в проверке знаний, полученных на лекциях, и умений, освоенных в процессе самостоятельной работы.

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, лекционному материалу.

Для эффективного выполнения заданий необходимо знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических работ.

Условия и порядок выполнения работы:

1. Прочитать методические рекомендации по выполнению практической работы.

2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.

3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.

4. Работу выполнить в тетрадях для практических работ.

5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя.

6. Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка.

Работа считается выполненной, если она соответствует указанным критериям.

Каждое практическое занятие содержит цель, методическое руководство к выполнению, критерии оценки.

2.2. Практическое занятие 1.

Решение задач на применение законов Кеплера

Цель: формирование умений решать задачи на применение законов движения космических тел.

Продолжительность работы: 45 мин.

Литература: [1; III, §12, 13].

Материально-техническое оснащение: учебная аудитория, оборудованная учебно-наглядными устройствами (компьютер, проектор, доска).

2.2.1. Законы Кеплера

Первый закон Кеплера (закон эллипсов)

Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце (рис. 2).

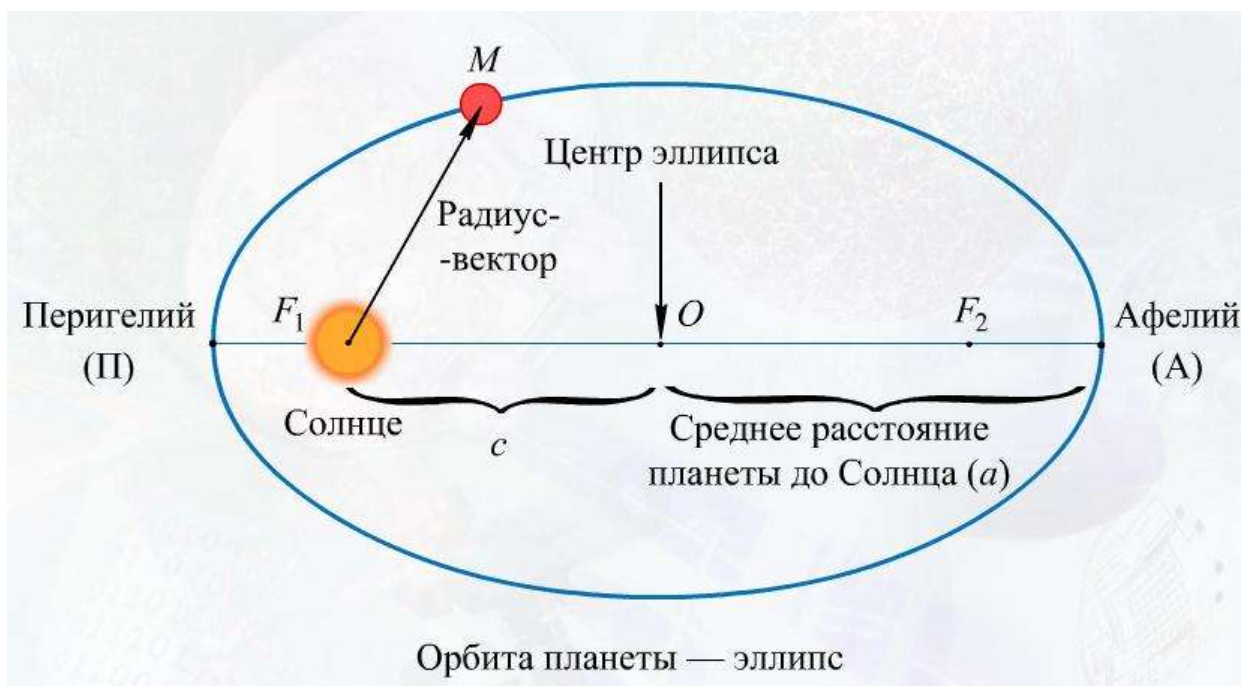


Рис. 2. Орбита Земли вокруг Солнца

Форма эллипса и степень его сходства с окружностью характеризуется соотношением

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

или

$$e = c/a,$$

где c – расстояние от центра эллипса до его фокуса (половина межфокусного расстояния), a – большая полуось, b – малая полуось. Величина e называется **эксцентриситетом** эллипса. При $c = 0$, и, следовательно, $e = 0$, эллипс превращается в окружность. В случае тонкого длинного эллипса e стремится к 1.

Второй закон Кеплера (закон площадей)

Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.

Из закона следует, что планета движется по орбите неравномерно, быстрее в перигелии (ближайшей к Солнцу точке) и медленнее в афелии (наиболее удаленной точке) рис. 3.

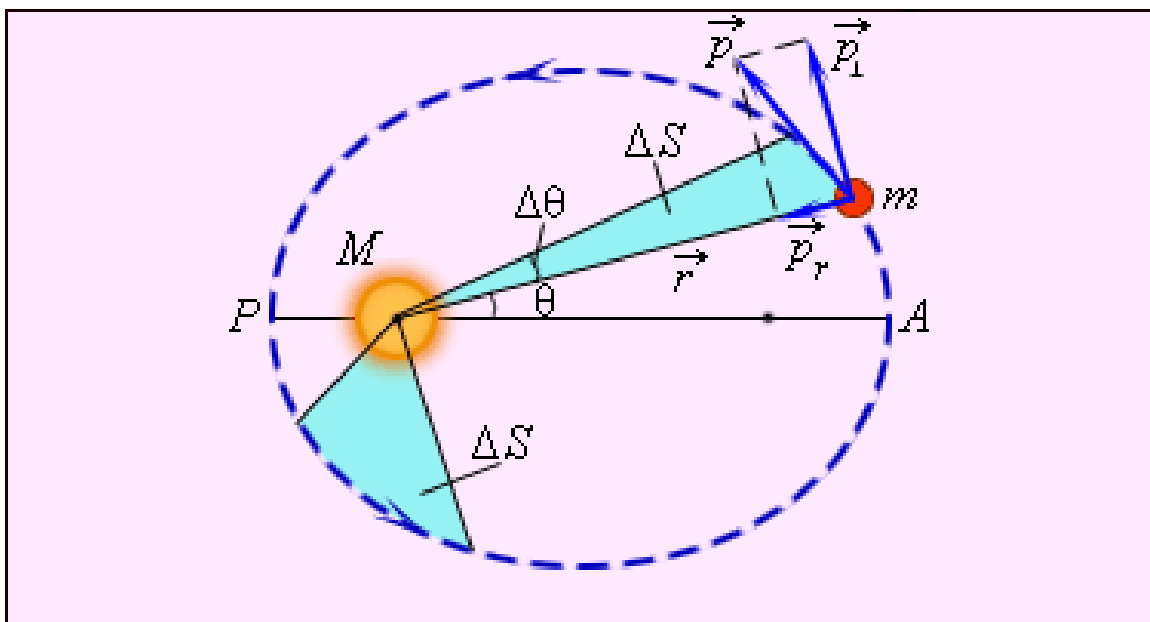


Рис. 3. Второй закон Кеплера

Третий закон Кеплера (гармонический закон)

Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит планет:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

В формулировке Ньютона в закон входят и массы звезды и планеты:

$$\frac{T_1^2(M + m_1)}{T_2^2(M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Этот закон позволяет определить массы планет и спутников из известных орбит l и периодов обращения T :

$$\frac{l^3}{T^2} = \text{const.}$$

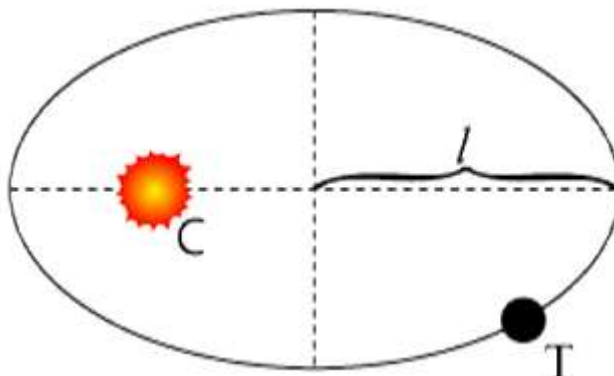


Рис. 3. К третьему закону Кеплера

2.2.2. Применение законов Кеплера

Пусть два тела с массами M и m находятся на расстоянии R друг от друга. Тогда энергия их взаимодействия (потенциальная энергия) равна

$$E_{\text{пот}} = -\frac{GMm}{R}.$$

Если тело находится в гравитационном поле и имеет некоторую скорость, то его полная энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергий

$$E_{\text{полн}} = \frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{R} = \text{const.}$$

Таким образом, в соответствии с законом сохранения энергии *полная энергия тела в гравитационном поле остается неизменной.*

Теорема вириала

В случае кругового движения кинетическая энергия в 2 раза меньше по модулю потенциальной энергии. Поэтому

$$2E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = 0.$$

Полная энергия может быть положительной и отрицательной, а также равняться нулю. Знак полной энергии определяет характер движения небесного тела.

При $E_{\text{полн}} < 0$ тело не может удалиться от центра притяжения на расстояние $r_0 < r_{\text{max}}$. В этом случае небесное тело движется по *эллиптической орбите* (планеты Солнечной системы, кометы) рис 4. Система с отрицательной полной энергией называется **гравитационно связанной**.

При $E_{\text{полн}} = 0$ тело движется по параболической траектории. Скорость тела на бесконечности равна нулю.

При $E_{\text{полн}} > 0$ движение происходит по гиперболической траектории. Тело удаляется на бесконечность, имея запас кинетической энергии.

Первая космическая скорость – это скорость движения по круговой траектории вблизи поверхности Земли

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}.$$

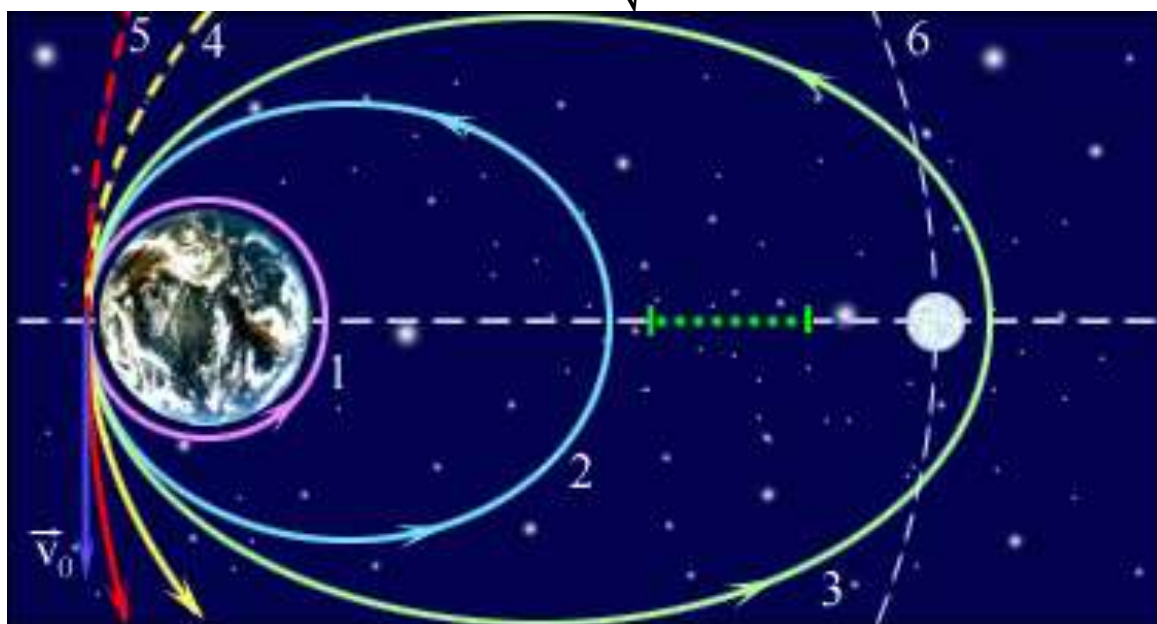


Рис. 4. Траектории тел в зависимости от энергии

Это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно преодолело притяжение Земли и стало спутником. Для Земли примерно 7,9 км/с.

Вторая космическая скорость – это скорость движения по параболической траектории

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Она равна минимальной скорости, которую нужно сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно, преодолев земное притяжение, стало искусственным спутником Солнца. Находится из условия равенства нулю полной энергии системы. Для Земли примерно 11,2 км/с.

Третья космическая скорость – это скорость, при которой тело преодолевает притяжение Солнца

$$v_3 = \sqrt{(\sqrt{2} - 1)^2 v^2 + v_2^2},$$

где $v = 30$ км/с – орбитальная скорость планеты, v_2 – вторая космическая скорость для планеты. Относительно Земли она примерно равна 16,6 км/с.

2.2.3. Примеры решения заданий

Задание 1. За какое время Марс, находящийся от Солнца примерно в полтора раза дальше, чем Земля, совершает полный оборот вокруг Солнца?

<p>Дано:</p> <p>$a_1 = 1,5$ а.е.</p> <p>$a_{Зем} = 1$ а.е.</p> <p>$T_{Зем} = 1$ год</p>	<p>Решение:</p> <p>Для решения используем третий закон Кеплера</p> $\frac{T_1^2}{T_{Зем}^2} = \frac{a_1^3}{a_{Зем}^3}$ <p>Получаем</p> $T_1 = \sqrt{\frac{T_{Зем}^2 a_1^3}{a_{Зем}^3}} = \frac{T_{Зем} a_1}{a_{Зем}} \sqrt{\frac{a_1}{a_{Зем}}} = \frac{1 \cdot 1,5}{1} \sqrt{\frac{1,5}{1}}$ $= 1,9 \text{ год.}$
<p>$T_1 - ?$</p>	<p>Марс совершает полный оборот вокруг Солнца примерно за 1,9 года.</p>

Задание 2. Вычислить массу Юпитера, зная, что его спутник Ио совершает оборот вокруг планеты за 1,77 суток, а большая полуось его орбиты – 422 тыс. км.

Дано:	Решение:
$a = 3,84 \cdot 10^5$ км	Для решения используем формулу
$a_I = 4,22 \cdot 10^5$ км	$\frac{T_1^2(M + m_1)}{T_2^2(M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$
$T = 27,32$ сут.	Производя замены, в соответствии с данными задачи получим
$T_1 = 1,77$ сут.	$\frac{T_1^2 M_{Ю}}{T^2 M_{Зем}} = \frac{a_1^3}{a^3}.$
$M_{Зем} = 1$	Выразим массу Юпитера $M_{Ю} = \frac{T^2 M_{Зем}}{T_1^2} \cdot \frac{a_1^3}{a^3}.$
$M_{Ю} - ?$	Вычислим $M_{Ю} = \frac{(27,32)^2 \cdot M_{Зем}}{(1,77)^2} \cdot \frac{(4,22)^3}{(3,84)^3} = 317 M_{Зем}.$
	Масса Юпитера равна 317 масс Земли.

Задание 3. Противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось её орбиты?

Дано:	Решение:
$S = 2$ года	Большую полуось орбиты можно определить из третьего закона Кеплера
$a_{Зем} = 1$ а.е.	$\frac{T^2}{T_{Зем}^2} = \frac{a^3}{a_{Зем}^3}$
$T_{Зем} = 1$ год	Отсюда находим $a^3 = a_{Зем}^3 \frac{T^2}{T_{Зем}^2}.$
	Звездный период T найдем из соотношения
	$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{Зем}} - \frac{1}{T},$
	$T = \frac{T_{Зем} S}{S - T_{Зем}} = 2 \text{ года.}$
$a - ?$	$a = a_{Зем} \sqrt[3]{\frac{T^2}{T_{Зем}^2}} = 1 \text{ а. е. } \sqrt[3]{\frac{2^2}{1^2}} = 1,59 \text{ а. е.}$

Задание 4. Определите массу планеты Уран (в массах Земли), если известно, что спутник Урана Титания обращается вокруг него с периодом 8,7 сут. на среднем расстоянии 438 тыс. км. Для Луны эти величины равны соответственно 27,3 сут. и 384 тыс. км.

Задание 4.
Дано:
$a = 438$ тыс. км
$T = 8,7$ сут.
$a_{\text{Л}} = 384$ тыс. км
$T_{\text{Л}} = 27,3$ сут.
$M_{\text{З}} = 1$
Найти: $M_{\text{У}} - ?$

Решение

$$\frac{T^2(M_{\text{У}} + m_{\text{Т}})}{T_{\text{Л}}^2(M_{\text{З}} + m_{\text{Л}})} = \frac{a^3}{a_{\text{Л}}^3}$$

Пренебрегая массами Титания и Луны $m_{\text{Т}}$ и $m_{\text{Л}}$ получим, что

$$M_{\text{У}} = \left(\frac{a}{a_{\text{Л}}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\text{Л}}}{T}\right)^2 \cdot M_{\text{З}} \quad M_{\text{У}} = \left(\frac{438}{384}\right)^3 \cdot \left(\frac{27,3}{8,7}\right)^2 \cdot 1 = 14,6$$

Ответ: 14.6 массы Земли.

2.2.4. Задания для практической работы

Задание 1. Марс дальше от Солнца, чем Земля, в 1,5 раза. Какова продолжительность года на Марсе? Орбиты планет считать круговыми.

Задание 2. Синодический период планеты 500 суток. Определите большую полуось её орбиты и звёздный (сидерический) период обращения.

Задание 3. Определить период обращения астероида Белоруссия, если большая полуось его орбиты $a = 2,4$ а.е.

Задание 4. Звёздный период обращения Юпитера вокруг Солнца $T = 12$ лет. Каково среднее расстояние от Юпитера до Солнца?

2.3. Практическое занятие 2.

Решение задач на определение ускорения свободного падения на планетах Солнечной системы

Цель: формирование умений решать задачи на определение ускорения свободного падения на планетах Солнечной системы.

Продолжительность работы: 45 мин.

Литература: [1; III, §14].

Материально-техническое оснащение: учебная аудитория, оборудованная учебно-наглядными устройствами (компьютер, проектор, доска).

2.3.1. Вывод формулы для ускорения свободного падения на основании закона всемирного тяготения

Почему именно такое значение $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ у этого ускорения, стало ясно только после открытия закона всемирного тяготения. Вспомним, что сила тяжести на Земле – это проявление действия закона всемирного тяготения для тел, которые находятся на поверхности Земли.

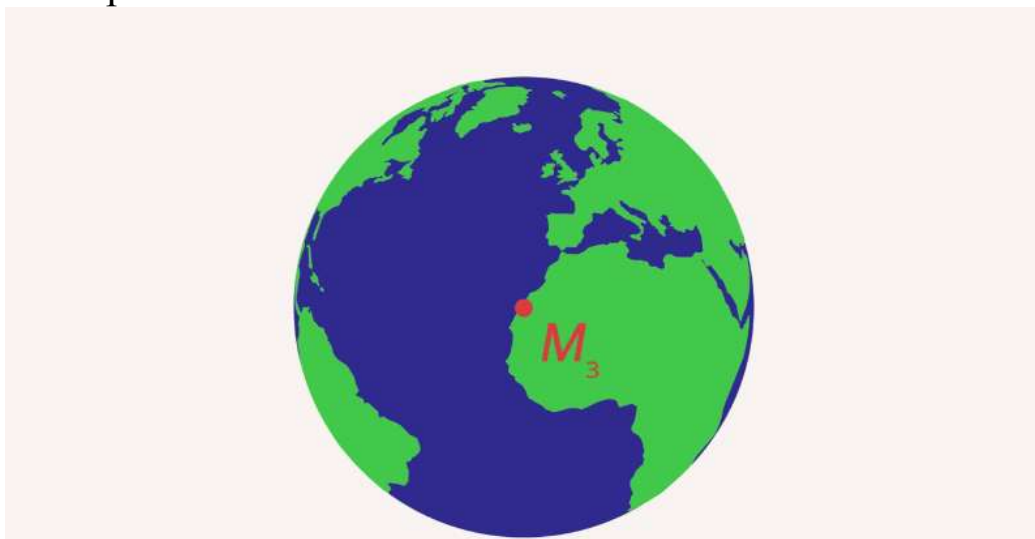


Рис. 5. Сила тяжести, действующая на тело на Земле

При этом вся масса Земли условно полагается сосредоточенной в ее центре. Радиус Земли – это расстояние между телами (рис. 5). Само тело, которое находится над поверхностью Земли, – то самое тело, которое притягивается. Запишем соответствующие формулы.

Сила тяжести на Земле:

$$F = m \cdot g$$

где m – масса тела, которое находится на поверхности Земли, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Закон всемирного тяготения в данном случае имеет вид:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}$$

Здесь M – масса Земли, m – масса тела, R – радиус Земли, G – гравитационная постоянная. Если сравнить выражение для силы тяжести и для гравитационной силы, получим для ускорения свободного падения:

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2}$$

Обратите внимание: ускорение свободного падения зависит от массы Земли и от радиуса Земли. Если они будут изменяться, значит, будет изменяться и ускорение свободного падения.

2.3.2. Зависимость ускорения свободного падения от географической широты и других параметров. Искусственные спутники Земли

Как известно, Земля по форме не идеальный шар, а тело, которое немного сплюснуто с полюсов, поэтому полярный радиус несколько меньше, чем экваториальный (рис. 6). В этом случае надо понимать, что ускорение свободного падения на полюсе будет больше, а на экваторе – меньше. В общем случае ускорение свободного падения зависит от широты местности.



Рис. 6. Разность экваториального и полярного радиусов

Необходимо отметить еще вот что. Земля вращается, и вращательное движение Земли тоже влияет на ускорение свободного падения. Ускорение свободного падения на экваторе будет отличаться еще и по этой причине. Изменение ускорения свободного падения по всем вышеуказанным причинам достаточно незначительное, поэтому мы считаем, что ускорение свободного падения на Земле – величина постоянная и составляет $g_3 = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Как видите, ускорение свободного падения зависит от радиуса Земли, значит, если увеличивать радиус, то ускорение сво-

бодного падения будет уменьшаться. Как такое может быть? Если мы поднимаем тело над поверхностью Земли (например, тот же спутник), то расстояние будет определяться суммой радиуса Земли и высоты над ее поверхностью (рис. 7).

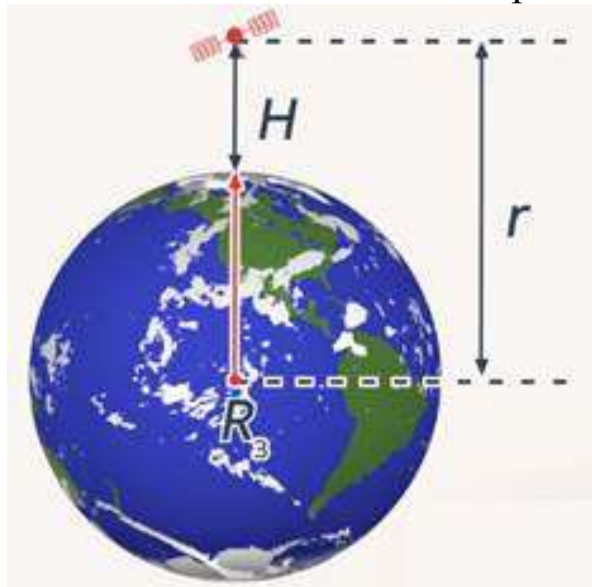


Рис. 7. Тело, поднятое над поверхностью Земли

В этом случае ускорение свободного падения тоже будет уменьшаться.

$$g = G \frac{M_3}{(R_3 + H)^2}.$$

Ускорение свободного падения обратно пропорционально квадрату расстояния. Поэтому если высота будет равна радиусу Земли, то расстояние будет в 2 раза больше от центра Земли, чем для тела на поверхности. В этом случае ускорение свободного падения уменьшится в 4 раза.

Следует заметить, что многие спутники летают на небольшом расстоянии, приблизительно 200–300 км от поверхности Земли. На этом расстоянии ускорение свободного падения изменяется, но незначительно, поэтому мы будем считать, что в этом случае ускорение все-таки величина постоянная.

Обратите внимание на тот факт, что сила тяжести, как и ускорение свободного падения, с высотой будет убывать (по мере удаления от Земли сила тяжести будет убывать).

2.3.3. Примеры решения заданий

Обратимся к уравнению, которое мы использовали для определения ускорения свободного падения на поверхности Земли:

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2}.$$

В этом уравнении вместо массы и радиуса Земли можно подставить массу и радиус любой другой планеты. Тогда мы получим ускорение свободного падения на любой из интересующих нас планет. В первую очередь нас интересует Луна. Ускорение свободного падения на Луне будет приблизительно равно: $g_{\text{л}} = 1,6 \text{ м/с}^2$.

Как видно, ускорение свободного падения на Луне сильно отличается от ускорения свободного падения на Земле. Значит, если вдруг мы окажемся на Луне, мы почувствуем себя гораздо легче, чем на родной Земле. Например, у первых лунных космонавтов скафандр был массой $m_c = 80 \text{ кг}$.

Сила тяжести, действующая на скафандр на Земле: $F = m_c \cdot g_z = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ (Н)}$

Сила тяжести, действующая на скафандр на Луне: $F = m_c \cdot g_{\text{л}} = 80 \cdot 1,6 = 128 \text{ (Н)}$

Такую силу тяжести, как на Луне, на Земле бы имел скафандр массой $m_c \approx 13 \text{ кг}$:

$$m_c = \frac{F}{g_z} = \frac{128}{9,8} \approx 13 \text{ кг}$$

g на разных небесных телах: сравнительная таблица 1.

Значение величины ускорения свободного падения равное $9,8 \text{ м/с}^2$ является самым комфортным для человека. Рассмотрим, какие значения принимает ускорение свободного падения на других небесных телах (Солнце, планеты, спутники).

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

Чем массивнее небесное тело, тем больше g .

Рассмотрим таблицу для ускорения свободного падения для различных небесных тел.

Таблица 1

Ускорение свободного падения для различных небесных тел

Небесное тело	$g, \text{ м/с}^2$
Луна	1,62
Солнце	273,1
Меркурий	3,72
Земля	9,81
Уран	8,86
Венера	8,88
Сатурн	10,44

Как видно, g на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле. Передвигаться на Луне гораздо легче, чем на Земле. На Солнце g в 30 раз больше, чем на Земле. Даже не учитывая больших температур, передвигаться на Солнце с учетом перегрузки в 30 раз невозможно. У Урана, Венеры и Сатурна более близкие значения g с Землей. На Уране и Сатурне достаточно холодно. А вот на Венере возможно существование каких-то форм жизни или возможно путешествие человека и организация базы для временного пребывания.

Зная ускорение свободного падения на небесных телах, можно посчитать и их среднюю плотность. Зная среднюю плотность, можно предсказывать то, из чего состоят небесные тела, и определять их строение.

Расчет массы Земли

При помощи полученной формулы мы можем определить массу тех планет и небесных объектов, которые нас интересуют. Посмотрим на формулу, которая позволяет это сделать. Рассмотрим это на примере Земли. Из формулы для ускорения свободного падения несложно получить: $M_3 = \frac{g \cdot R_3^2}{G}$.

Эта формула позволяет определить массу Земли. Обычно всегда спрашивают, как удалось взвесить Землю?

Никто ее не взвешивал, а, воспользовавшись законом всемирного тяготения и, зная ускорение свободного падения на поверхности Земли, можно легко массу Земли вычислить.

$$M_3 = \frac{g \cdot R_3^2}{G} = 5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Масса Земли все время уточняется. Все понимают, что эта величина является очень важной. Когда мы знаем массу Земли, то, пользуясь т. н. законами Кеплера, несложно определить массу других небесных тел. Если мы знаем расстояние между Землей и другой планетой, знаем, как они взаимодействуют друг с другом, мы можем легко определить массу других тел.

Поэтому в астрономии очень часто за единицу измерения принимают массу Земли, говорят, что масса Земли равна 1 единице, и все другие массы планет определяют уже в массах Земли.

Определение средней плотности Земли

Знание ускорения свободного падения на поверхности Земли и радиуса Земли дают возможность определить среднюю плотность вещества Земли.

Вспомним формулу для ускорения свободного падения:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

Массу можно вычислить через плотность и объем тела:

$$M = \rho \cdot V$$

Земля имеет форму шара, поэтому ее объем можно вычислить по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3$$

Из приведенных выше формул можно получить зависимость g от плотности:

$$g = G \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot R$$

Выразим из данной формулы плотность и подставим все известные величины:

$$\rho = \frac{3 \cdot g}{4\pi \cdot G \cdot R} = 5500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 5,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

То есть кубик усредненного земного вещества размерами 1 см×1 см×1 см будет весить 5,5 грамм. Если взять вещество с поверхности Земли, то его плотность будет меньше усредненной ($1000 - 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$). Значит, внутри Земли (рис. 8) сосредоточено что-то тяжелое. Например, тяжелые металлы. У них высокая плотность.



Рис. 8. Строение Земли

По современным представлениям, в центре Земли находится раскаленное железное ядро. Считается, что Земля могла образоваться из метеоритов. Они сталкивались, постепенно образовывалось земное вещество, гравитационные силы стягивали наиболее тяжелые фракции к центру. В результате образовалось ядро. Более легкие фракции оказались на периферии.

2.3.4. Задания для практической работы

1 Где на Земле ускорение свободного падения выше: на полюсах или на экваторе? Ответ обоснуйте.

2 В чем заключались опыты Галилея по определению ускорения свободного падения?

3 Определите, на какой высоте над Землей ускорение свободного падения в три раза меньше его значения на поверхности Земли.

4 Известно, что Земля имеет определенную массу, но как удалось взвесить планету?

5 Вычислить среднюю скорость движения Луны по орбите вокруг Земли. Период обращения Луны вокруг Земли 27 сут 7 ч 43 мин, среднее расстояние от Луны до Земли $3,844 \cdot 10^8$ м.

6 На какой высоте над поверхностью Земли ускорение свободного падения равно 1 м/с^2 ?

7 Вычислить первую космическую скорость для Меркурия, если его масса $3,3 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус планеты 2440 км.

8 Вычислить первую космическую скорость для Венеры, если масса Венеры $4,9 \cdot 10^{24}$ кг, а радиус планеты 6100 км.

9 Радиус малой планеты равен 250 км, средняя плотность 3 г/см^3 . Определить ускорение свободного падения на поверхности планеты

10 Радиус Меркурия 2440 км, средняя плотность $5,43 \text{ г/см}^3$. Определить ускорение свободного падения на поверхности планеты.

11 Определить ускорение свободного падения на Марсе. Радиус планеты Марс равен $3,4 \cdot 10^6$ м, ее масса $6,4 \cdot 10^{23}$ кг.

12 Вычислить первую космическую скорость для Марса, если радиус планеты 3380 км, а ускорение свободного падения $3,86 \text{ м/с}^2$

2.4. Практическое занятие 3. Решение задач по определению оптических характеристик телескопов

Цель: знакомство с астрономическими приборами, определение главных характеристик телескопов.

Продолжительность работы: 45 мин.

Литература: [1; I, §2].

Материально-техническое оснащение: учебная аудитория, оборудованная учебно-наглядными устройствами (компьютер, проектор, доска).

2.4.1. Типы телескопов

Наблюдения – основной источник информации о небесных телах, процессах и явлениях, происходящих во Вселенной. Наибольшая часть сведений получена благодаря исследованию света звезд. Свет, излучаемый звездами, распространяется в форме волны. Световая волна представляет собой электромагнитное колебание, которое переносит энергию от звезд к сетчатке нашего глаза. Для проведения наблюдений созданы астрономические обсерватории, которые оснащены крупными оптическими телескопами, представляющими собой сложные и в значительной степени автоматизированные инструменты.

Рефрактор (refracto – преломляю) – используется преломление света в линзе (преломляющий). «Зрительная труба» сделана в Голландии [Х. Липперсгей]. По приблизительному описанию ее изготовил в 1609 г. Галилео Галилей и впервые направил в ноябре 1609 г. на небо (рис. 9), а в январе 1610 г. открыл 4 спутника Юпитера.

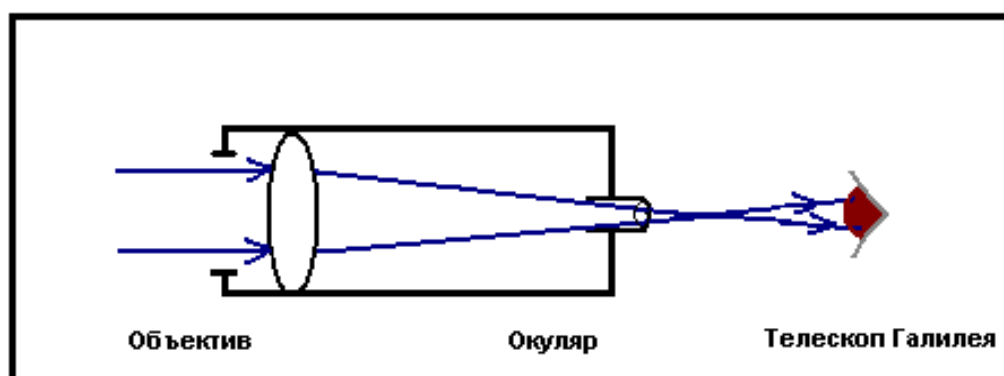


Рис. 9. Телескоп Галилея

Самый большой в мире рефрактор изготовлен Альваном Кларк (оптиком из США) 102 см (40 дюймов) и установлен в 1897 г. в Йерской обсерватории (близь Чикаго). Им же был изготовлен 30-дюймовый и установлен в 1885 г. в Пулковской обсерватории (разрушен в годы Великой Отечественной войны).

Рефлектор (reflecto – отражаю) – используется вогнутое зеркало, фокусирующее лучи. В 1667 г. первый зеркальный телескоп изобрел И. Ньютон (1643–1727, Англия) диаметр зеркала 2,5 см при 41× увеличении (рис. 10). В те времена зеркала делались из сплавов металла, быстро тускнели.

Самый Большой в мире телескоп им. У. Кека установлен в 1996 г., диаметр зеркала 10 м (первый из двух, но зеркало не монолитное, а состоит из 36 зеркал шестиугольной формы) в обсерватории Маун-Кеа (Калифорния, США).

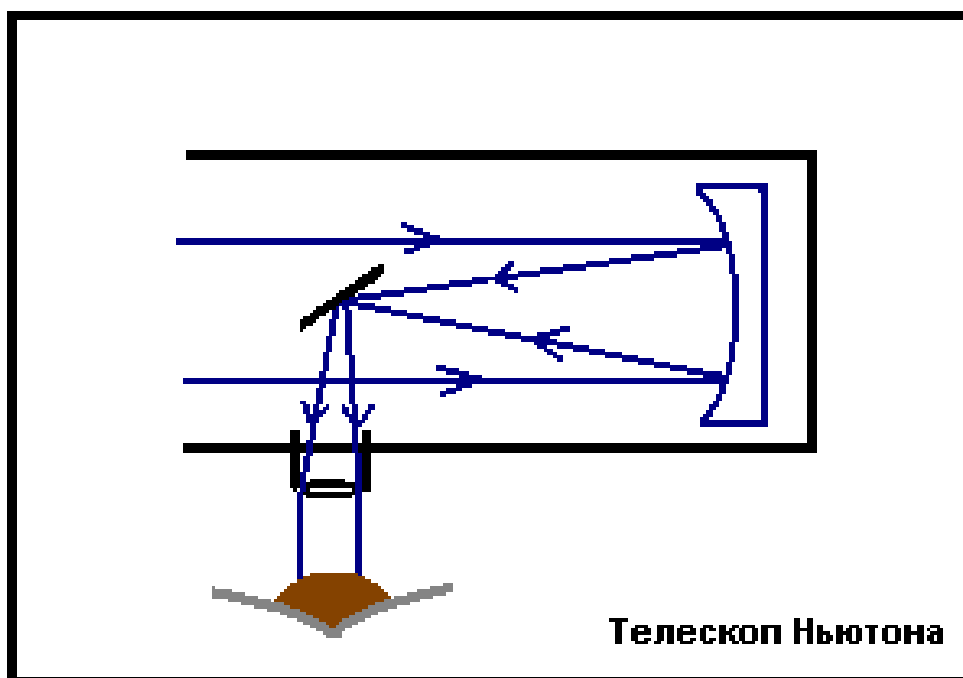


Рис. 10. Телескоп Ньютона

В 1995 г. введен первый из четырех телескопов (диаметр зеркала 8 м) (обсерватория ESO, Чили). До этого самый крупный был в СССР, диаметр зеркала 6 м, установлен в Ставропольском крае (гора Пастухова, $h = 2070$ м) в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (монолитное зеркало 42 т, 600 т телескоп, можно видеть звезды 24 м).

Зеркально-линзовый. Б. В. Шмидт (1879–1935, Эстония) построил в 1930 г. (камера Шмидта) с диаметром объектива 44 см. Большой светосилы, свободный от комы и большим полем зрения, поставив перед сферическим зеркалом корректирующую стеклянную пластину.

В 1941 году Д. Д. Максудов (СССР) сделал менисковый, выгоден короткой трубой (рис. 11). Применяется любителями – астрономами.

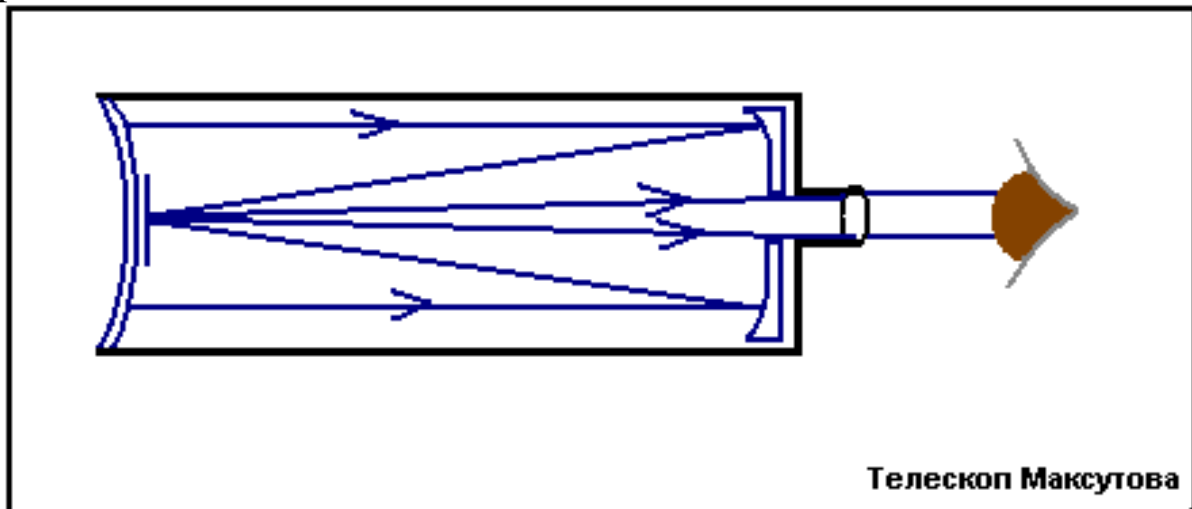


Рис. 11. Телескоп Максудова

В 1995 г. для оптического интерферометра введен в строй первый телескоп с 8 м зеркалом (из 4-х) с базой 100 м (пустыне АТАКАМА, Чили; ESO).

В 1996 г. первый телескоп диаметром 10 м (из двух с базой 85 м) им. У. Кека введен в обсерватории Маун-Кеа (Калифорния, Гавайские острова, США).

Фотографические наблюдения (перед визуальными) имеет преимущества:

1. Документальность – способность фиксировать происходящее явление и процессы и долгое время сохранять полученную информацию.
2. Моментальность – способность регистрировать кратковременные события.
3. Панорамность – способность запечатлеть одновременно несколько объектов.
4. Интегральность – способность накапливать свет от слабых источников.

Одна из основных задач астрономии – узнать расстояние для того или иного небесного тела, Какие же системы и меры расчета используются в астрономии? Астрономическая единица (а. е). Данная единица используется для измерения расстояний внутри нашей Солнечной системы или внутри иных планетных систем. Такая единица равняется радиусу орбиты Земли вокруг Солнца. Или же среднему расстоянию от нашей планеты до Солнца. Таким образом, одна астрономическая единица получается равная примерно 150 000 000 км. В пользу использования астрономической единицы, в частности, говорит возможность сравнивать измеряемые расстояния с удаленностью Земли от Солнца. Измерения таких больших чисел в километрах неудобно и затруднительно. Толчком к появлению астрономической единицы послужило открытие того, что Земля обращается вокруг Солнца, и разработка Кеплером законов небесной механики. С помощью расчетов удалось установить точное расстояние от Земли до Солнца и до планет Солнечной системы.

При сильном увеличении $>500^x$ видны колебания воздуха, поэтому телескоп необходимо располагать как можно выше в горах и где небо часто безоблачно, а еще лучше за пределами атмосферы (в космосе).

Радиоастрономия получила развитие после войны. Наибольшие сейчас радиотелескопы – это неподвижные РАТАН-600, Россия (вступил в строй в 1967 г. в 40 км от оптического телескопа, состоит из 895 отдельных зеркал размером $2,1 \times 7,4$ м и имеет замкнутое кольцо диаметром 588 м), Аресибо (Пуэрто-Рико, 305-метровая забетонированная чаша потухшего вулкана, введен в 1963 г).

Преимущества радиотелескопов: в любую погоду и время суток можно вести наблюдения объектов, недоступные для оптических.

2.4.2. Характеристики телескопов

Оптический телескоп:

- *увеличивает угол зрения*, под которым видны небесные тела;
- *собирает во много раз больше света*, приходящего от небесного светила, чем глаз наблюдателя.

Благодаря этому телескоп дает возможность изучить мелкие детали наблюдаемого объекта и увидеть множество слабых звезд.

В астрономии расстояние между объектами на небе измеряют углом, образованным лучами, идущими из точки наблюдения к объектам. Такое расстояние называется *угловым*, и выражается оно в градусах и долях градуса. В крупные телескопы удается наблюдать отдельно звезды, угловое расстояние между которыми составляет сотые или даже тысячные доли секунды.

Существует несколько типов оптических телескопов. В *телескопах-рефракторах* лучи от небесных светил собирает линза или система линз, и используется преломление света. В *телескопах-рефлекторах* – вогнутое зеркало, способное фокусировать отраженные лучи. В *зеркально-линзовых телескопах* – комбинация зеркал и линз.

С помощью телескопов производятся не только визуальные и фотографические наблюдения, но преимущественно высокоточные фотоэлектрические и спектральные наблюдения. Из спектральных наблюдений получают сведения о температуре, химическом составе, магнитных полях небесных тел, а также об их движении.

Способность телескопа показывать (или регистрировать с помощью приборов) слабые звезды называется *проницающей силой*, а способность различать мелкие детали – *разрешающей силой*.

Разрешающая сила телескопа характеризуется предельным угловым расстоянием между двумя звездами, которые видны в этот телескоп, не вполне сливаясь одна с другой. Разрешающая сила характеризуется величиной

$$S = 11",6 / D,$$

где D – диаметр объектива в сантиметрах.

Проницающая сила телескопа характеризуется предельной величиной звезд, еще видимых в данный телескоп в совершенно ясную темную ночь: она приближенно выражается формулой

$$m = 7,5 + 5 \lg D.$$

Рассмотрим, от чего зависят эти характеристики телескопа.

Показателем качества объектива является *размер изображения* светящейся точки: чем он меньше, тем лучше. Астрономы

характеризуют размер изображения величиной угла, под которым оно видно из центра объектива.

Можно теоретически оценить минимальный размер изображения светящейся точки, которое строит объектив. Выраженный в секундах дуги, он равен

$$a = \frac{206265\lambda}{D}$$

где λ – длина волны света, выраженная в метрах, D – диаметр объектива, выраженная в метрах.

Эта величина и служит мерой разрешающей способности телескопа.

Кроме проникающей и разрешающей силы есть и другие важные характеристики телескопа: *фокусное расстояние, увеличение, поле зрения и светосила телескопа.*

Телескоп состоит из объектива и окуляра. Объектив телескопа действительное изображение небесных светил, рассматриваемое в окуляр.

Угловой размер изображения в телескопе больше углового размера объекта на небе. Отношение этих углов называется увеличением телескопа. Оно равно

$$K = F / f$$

где F – фокусное расстояние объектива, f – фокусное расстояние окуляра.

Окуляр использовать не обязательно. Можно поставить в фокусе объектива приемник света, например, фотопластинку. И в этом случае, чем больше фокусное расстояние объектива, тем крупнее будет изображение. Взяв два объектива с одинаковыми диаметрами, но с разными фокусными расстояниями, мы получим два изображения небесного тела разных размеров. Но количество света, попавшего в каждое из них, одинаково, так что освещенность большего изображения окажется меньше.

Объектив телескопа или астрографа (для фотографирования светил) характеризуется его диаметром D . Отношение диаметра к фокусному расстоянию называет относительным отверстием или *светосилой* объектива

$$A = D / F$$

Если светосилы двух объективов одинаковы, то одинаковы и освещенности изображений небесных тел.

Очень важной характеристикой телескопа является величина его поля зрения. Одна фотография на телескопе с большим полем зрения показывает много небесных тел. Но надо позаботиться о том, чтобы и в центре поля зрения, и на его краю изображения звезд были резкими. Для этого строят специальные телескопы, объектив которых состоит из линзы и зеркала. Такими телескопами являются телескопы Шмидта и Максудова.

2.4.3. Примеры решения заданий

Задача 1. Какова была разрешающая и проникающая сила телескопа с объективом в 75 см, находившегося в Пулковской обсерватории до ее разрушения фашистами?

Дано:	Решение:	
$D = 75 \text{ см}$ $h = 1000 \text{ м}$	$S = 11'',6 / D$ $m = 7,5 + 5lgD$	$S = 11'',6 / 75 = 0,15''$ $m = 7,5 + 5lg75 = 16,88$
Найти: $S = ?$ $m = ?$		

Ответ: разрешающая сила объектива равна $0,15''$; проникающая сила $16,88$ звездной величины.

Задача 2. Если окуляр при фокусном расстоянии объектива в 160 см дает увеличение в 200 раз, то какое увеличение он даст при фокусном расстоянии объектива в 12 м?

Дано:	Решение:	
$K_1 = 200$ $F_1 = 160 \text{ см}$ $F_2 = 12 \text{ м}$	$K = F / f$ $f = F / K$	$f = 160 \text{ см} / 200 = 0,8 \text{ см};$ $K_2 = 1200 \text{ см} / 0,8 \text{ см} = 1500$
Найти: $K_2 = ?$		

Ответ: Окуляр дает увеличение в 1500 раз при фокусном расстоянии объектива 12 м.

Задача 3. Угловой диаметр Венеры вблизи её наибольшей элонгации равен $25''$. Какой нужно применить окуляр, чтобы при наблюдениях в телескоп с фокусным расстоянием объектива 10,8 м Венера была видна размерами с Луну, угловой диаметр которой равен $32'$, и какой будет диаметр изображения планеты на

негативе, полученном в фокусе телескопа? Найти также масштабы негатива, зная, что диаметр Венеры равен 12100 км.

Дано: $F = 10,8 \text{ м} = 1080 \text{ см}$; Венера, $\rho = 25''$, $R = 12100 \text{ км}$; $\beta = 32' = 1920''$.

Решение: По формулам (2), (9), (11) и (12) получим:

$$\text{увеличение } W = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{1920}{25} = 77^\times;$$

$$\text{окуляр с фокусным расстоянием } f = \frac{F}{W} = \frac{1080}{77}; \quad f = 14,0 \text{ см},$$

$$f = 140 \text{ мм};$$

диаметр изображения планеты на фотонегативе

$$d = F \frac{\rho''}{206265''} = 1080 \cdot \frac{25''}{206265''} = 0,13 \text{ см} = 1,3 \text{ мм};$$

угловой масштаб негатива

$$\xi'' = \frac{\rho''}{d} = \frac{25''}{1,3} = 19'', 2 \text{ мм}^{-1};$$

линейный масштаб

$$\xi = \frac{R}{d} = \frac{12100}{1,3} = 9300 \text{ км/мм}.$$

2.4.4. Задания для практической работы

Задача 1. а) Полную Луну фотографируют обычным бытовым фотоаппаратом. Каков будет диаметр её изображения на плёнке, если фокусное расстояние объектива фотоаппарата равно 8 см?

Задача 2. Найдите увеличение телескопа, который имеет объектив с фокусным расстоянием 1600 мм и 10-кратный окуляр.

Задача 3. Найдите увеличение телескопа-рефлектора, зеркало которого имеет радиус кривизны 2 м, а фокусное расстояние окуляра равно 20 мм.

Задача 4. Рефрактор системы Галилея, настроенный для глаза с расслабленными мышцами, имеет длину 33 см. Какое увеличение он даёт, если фокусное расстояние объектива равно 36 см?

Задача 5. 50-кратный рефрактор системы Кеплера настроен для глаза с расслабленными мышцами; при этом расстояние между объективом и окуляром равно 84 см. Каково фокусное расстояние каждой линзы?

Задача 6. Диаметр объектива телескопа $D = 20$ см, а фокусное расстояние $F = 3$ м. Каково теоретическое разрешение для визуальных наблюдений? Какое увеличение получится при работе с окуляром, фокусное расстояние которого $f = 10$ мм?

Задача 7. Диаметр объектива телескопа 14 см, его разрешение при данных метеоусловиях равно $3''$, диаметр зрачка наблюдателя 7 мм, а разрешение глаза $2'$. В каких пределах целесообразно выбирать увеличение телескопа?

Задача 8. С каким разрешением работает радиотелескоп РАТАН-600 при наблюдении на волне 30 см?

2.5. Практическое занятие 4.

Решение задач по определению активности Солнца

Цель: Изучение солнечной активности по фотоснимкам.

Продолжительность работы: 45 мин.

Литература: [1; V, §21].

Материально-техническое оснащение: учебная аудитория, оборудованная учебно-наглядными устройствами (компьютер, проектор, доска).

2.5.1. Солнечная активность

Солнечная активность характеризуется различными факторами. Прежде всего, это количество солнечных пятен – областей с сильным магнитным полем и более низкой температурой. Сильное магнитное поле пятна подавляет конвективные течения, приносящие энергию из недр Солнца, и поэтому газ в центре пятна остывает, температура пятна на Солнце 40000–5000 К. Но полный поток энергии сохраняется, поэтому около пятна образуется яркий ореол с более высокой температурой, чем 6000 К. Солнечная активность характеризуется также **солнечными вспышками, протуберанцами, корональными дырами.**

Sunspots drawn by Galileo, June 1612



Рис. 12. Рисунки Галилея, 1612 г.

Статистика солнечных пятен сводится к подсчету числа групп пятен g и числа всех пятен f , включая в группы и одиночные пятна. По результатам подсчета вычисляется число Вольфа: $W = 10g + f$.

Например, если число групп пятен $g = 10$ и число пятен $N = 90$, то число Вольфа $W = 10g + N = 190$.

Если среднее число Вольфа превышает 200 единиц, а среднее количество солнечных групп было больше десяти, то такие параметры соответствуют эпохе **максимума пятнообразовательной деятельности Солнца и максимальной солнечной активности.**

В июле 2000 г. среднемесячный показатель числа Вольфа достиг аномальных величин, превысив 300 единиц. Последствием такой солнечной активности явилось даже наблюдения полярного сияния в Москве и Подмосковье в ночь с 15 на 16 июля 2000 г. (широта 56° , рис. 13).

Полярные сияния могут возникать как следствие сильной магнитной бури, являющейся последствием солнечной активности.



Рис. 13. Полярное сияние под Москвой, март 2015 г.

Если угловой размер солнечного пятна составляет 17", то его линейные размеры около 12363 км, примерно равны диаметру Земли.

Это же можно оценивать и проще. Если угловой размер Солнца около 30 минут = 1800, то угловой размер пятна, которое в сто раз меньше, имеет примерно размеры в сто раз меньше размеров Солнца. А это примерно размеры нашей Земли.

2.5.2. Справочные данные о солнечной активности и числе Вольфа W

2000 г. На Солнце было очень много солнечных пятен.

Визуальные среднемесячные индексы солнечной активности												Среднее	
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	по дням
W	94.56	144.93	207.41	201.83	155.05	188.33	304.23	210.75	207.60	155.00	140.50	83.25	194.67

В течение месяца солнечная активность также меняется.

Июль 2000 года

Дата	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Среднее
w	199	227	172	152	249	279	285	319	367	419	345	380	365	328	380	403	449	450	436	419	329	383	352	335	248	179	184	176	184	134	304.23

2001 г пик солнечной активности пришелся на сентябрь

Визуальные среднемесячные индексы солнечной активности												Среднее	
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	по дням
W	165.00	146.11	183.00	177.54	140.59	197.28	106.44	149.47	224.94	143.67	149.67	158.08	161.82

2002

Визуальные индексы солнечной активности													Среднее
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	по дням
W	132.17	148.33	104.10	156.00	171.94	73.43	101.21	102.68	149.00	87.50	98.00	99.83	120.68

2003

Визуальные индексы солнечной активности													Среднее
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	по дням
W	91.75	65.44	81.50	83.48	65.08	102.59	127.28	104.95	81.74	91.64	81.50	54.00	90.05

2004

Визуальные среднемесячные индексы солнечной активности													Среднее по	
месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	14.00	61.13	59.44	43.48	59.58	66.88	106.27	78.48	44.86	68.22	61.00	20.71	63.60	57.00

2005

Визуальные среднемесячные индексы солнечной активности													Среднее по	
месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	134.83	35.06	29.38	28.24	74.31	37.00	48.75	56.96	35.58	11.90	27.83	53	39.69	40.29.

2006

Визуальные среднемесячные индексы солнечной активности													Среднее по	
месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	32	5	8	45	31	21	19	14	14	10	37	6	21,76	21,24

2007

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	27.52	16.39	9.35	8.06	18.94	18.89	14.94	10.06	4.98	2.65	2.66	17.03	12.64	12.62

2008

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	2.40	0.76	8.00	6.08	2.77	3.55	0.00	0.00	2.80	5.40	5.86	0.00	2.89	3.13

2009

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	1.57	2,4	2,3	0	1,5	6,0	2,29	0	4,93	4,53	4,5	25	4,3	4,59

2010

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	16,8	37,5	21,92	11,4	15,45	13,68	19,76	34,06	43,9	44,29	35,0	16,25	23,25	25,83

2011

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	24,73	49,47	80,5	105,55	79,94	56,84	68,06	67,07	122,62	158,33	141,2	108,25	78,89	88,55

2012

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	90,15	59,5	114,3	122,54	117,18	119,75	129,93	99,23	109,7	78,2	79,00	58,08	99	98,1

2013

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	107,29	67,14	72,75	94,71	115,18	93,19	99,79	110	63	137	106,5	144,2	97,71	100

2014

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	131,75	161,11	158,22	162,73	121,71	99,8	159,27	114,5	145,29	120	128,00	92,00	135,28	134,03

2015

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	дням	месяцам
W	105	65	71,25	65,1	77,92	69,73	93,29	69,6	71	65	64,33			

2.5.3. Задания для практической работы

Задание 1. Подсчитать число Вольфа W по фотографиям Солнца. Сравнить с табличными данными о числе Вольфа за 2001 и 2002 годы. Сделать вывод о проявлениях солнечной активности

за наблюдаемый 23 цикл солнечной активности и за 24 цикл солнечной активности.

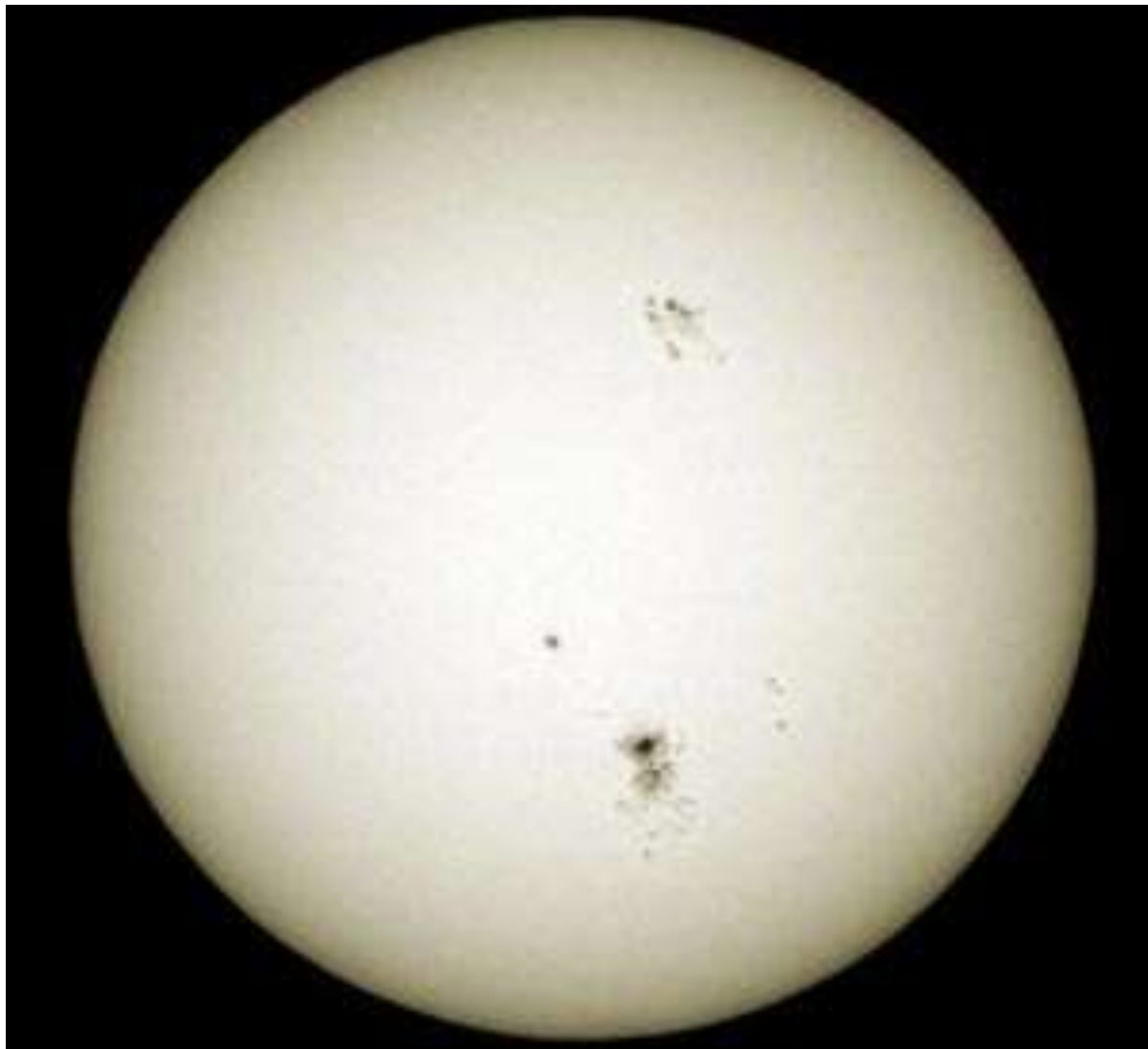


Рис. 14. Фотография активной области AR 9169. Сентябрь 2000 года. Диаметр пятна в AR 9169 больше чем в два раза превышает диаметры обычных солнечных пятен, но все же в полтора раза меньше диаметра пятна, которое наблюдалось на Солнце в 1947 году.

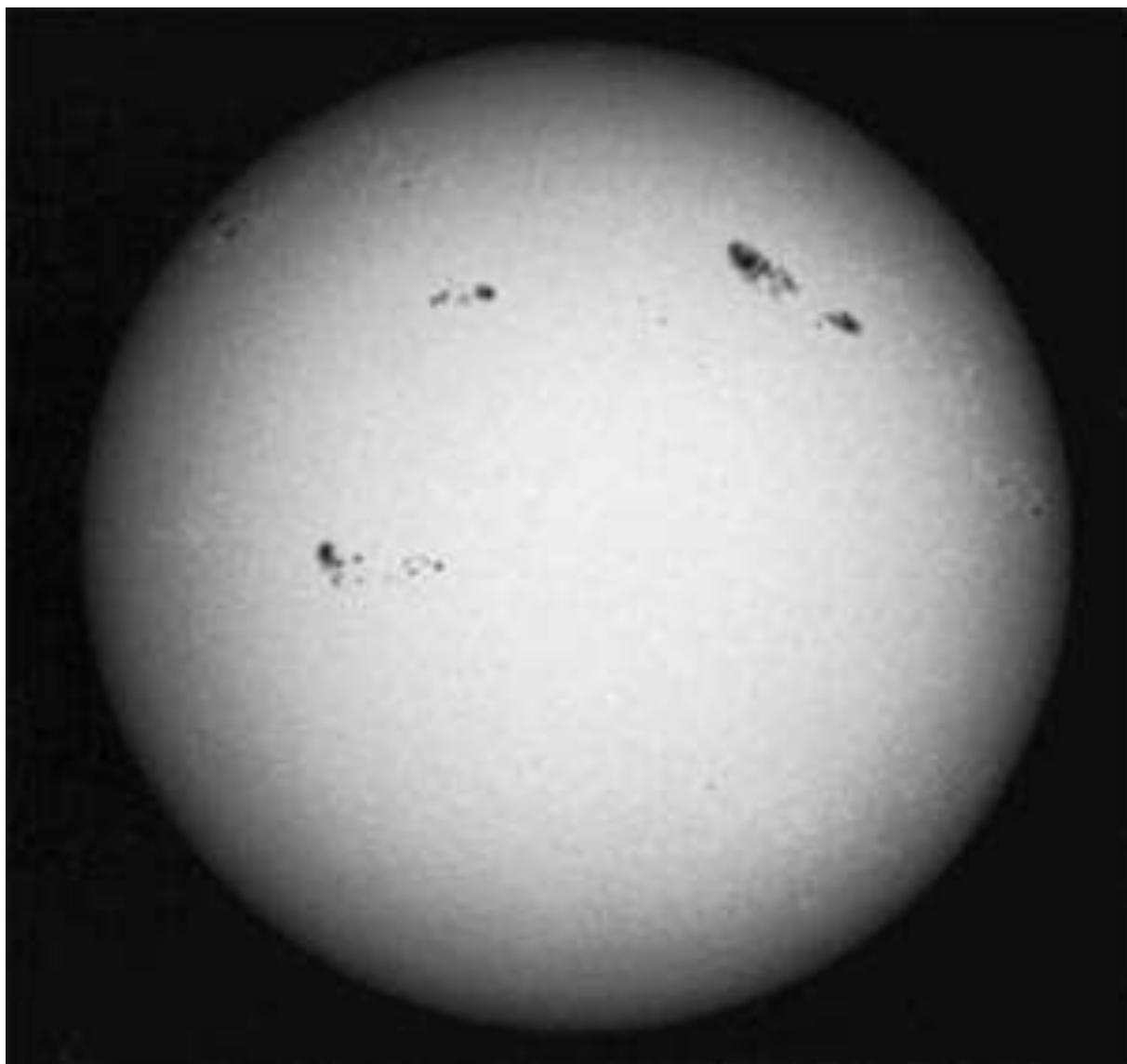


Рис. 15. Пятна на Солнце в 2002 году.

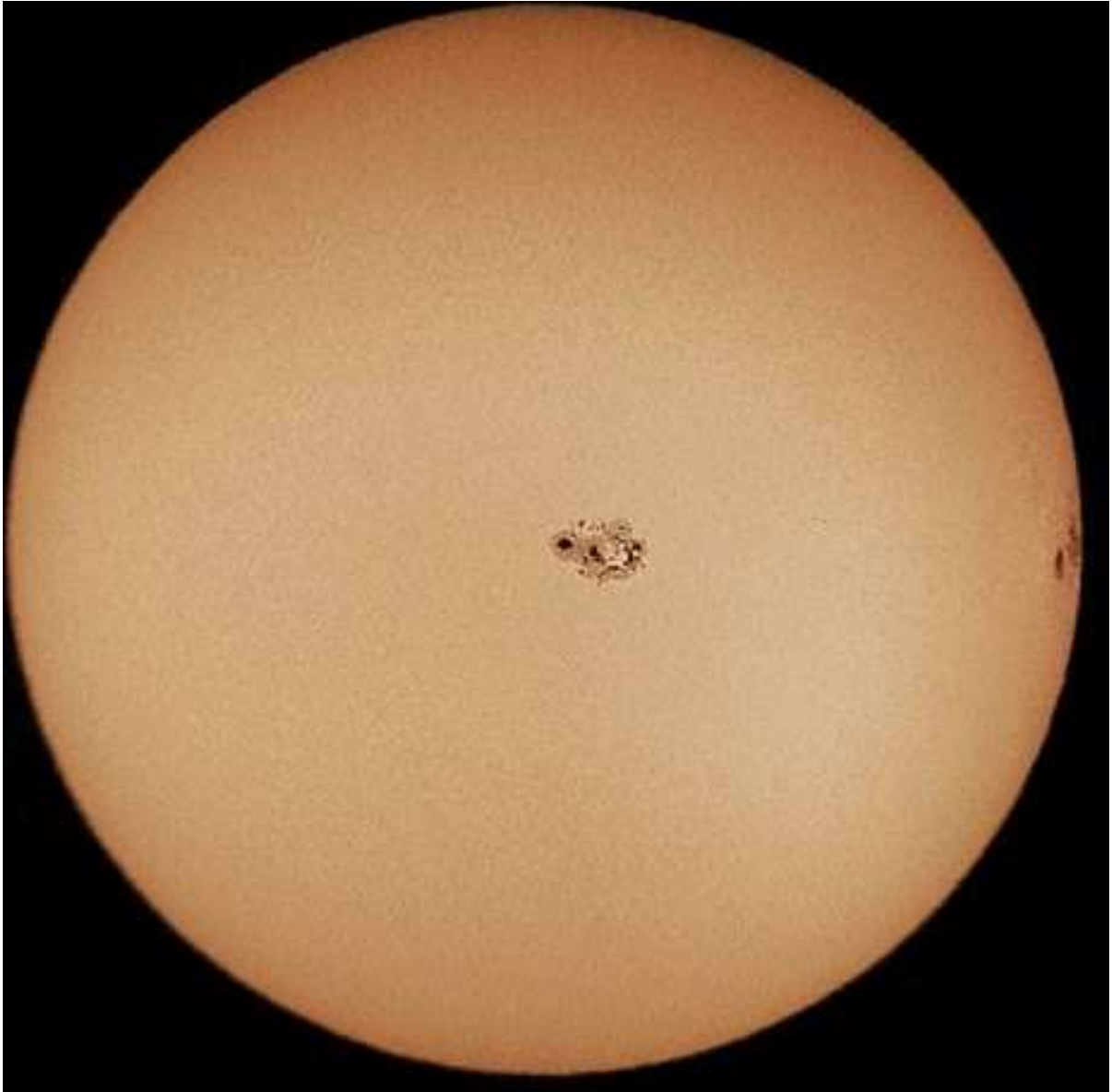


Рис. 16. 23 октября 2003 года

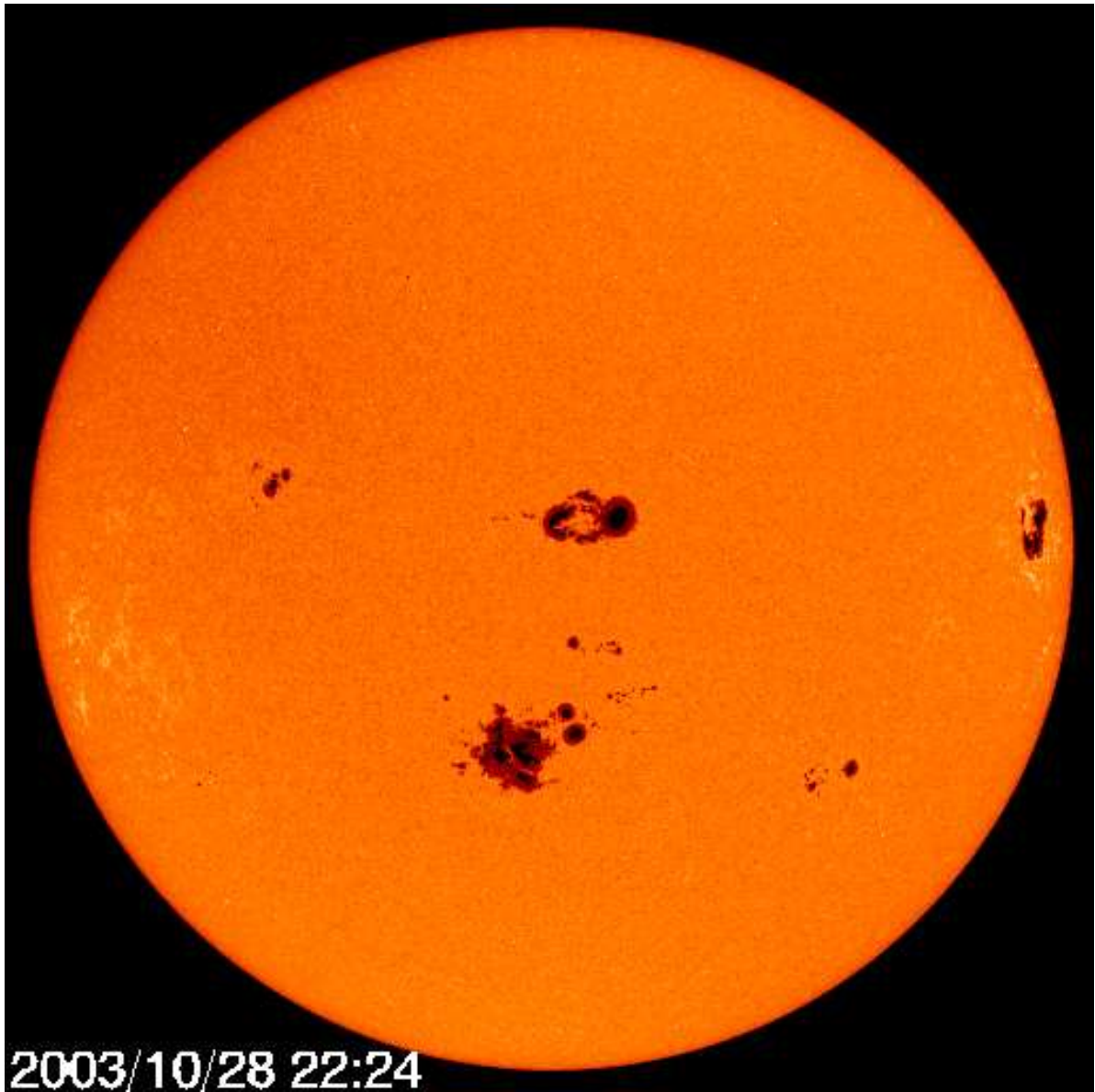


Рис. 17. Пятна на Солнце 28 октября 2003 года.

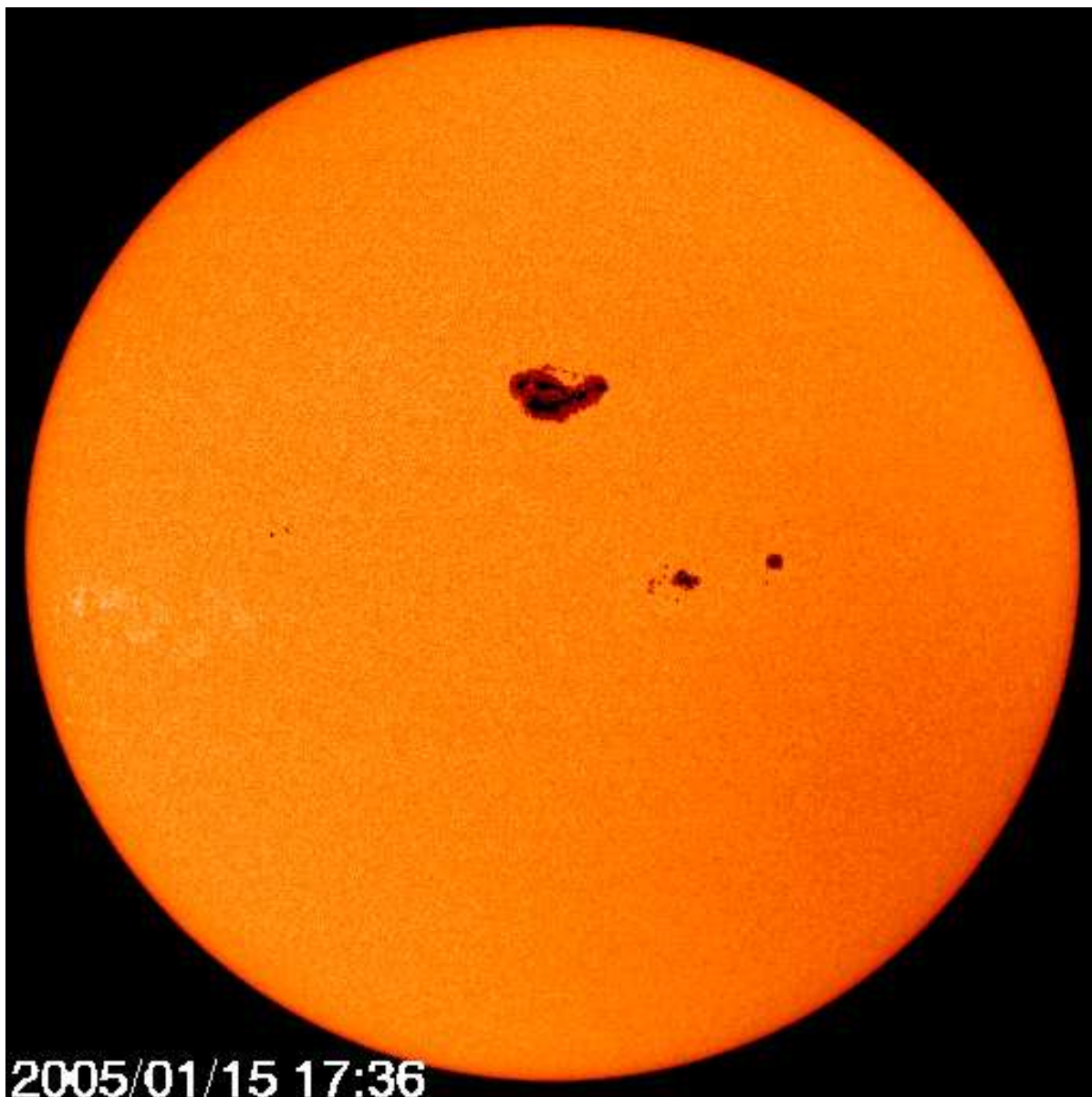


Рис. 18. Пятна на Солнце 15 января 2005 года.



*Рис.19. Пятна на Солнце 4 сентября 2009 года.
Пятна практически отсутствуют и число Вольфа $W=0.5$*

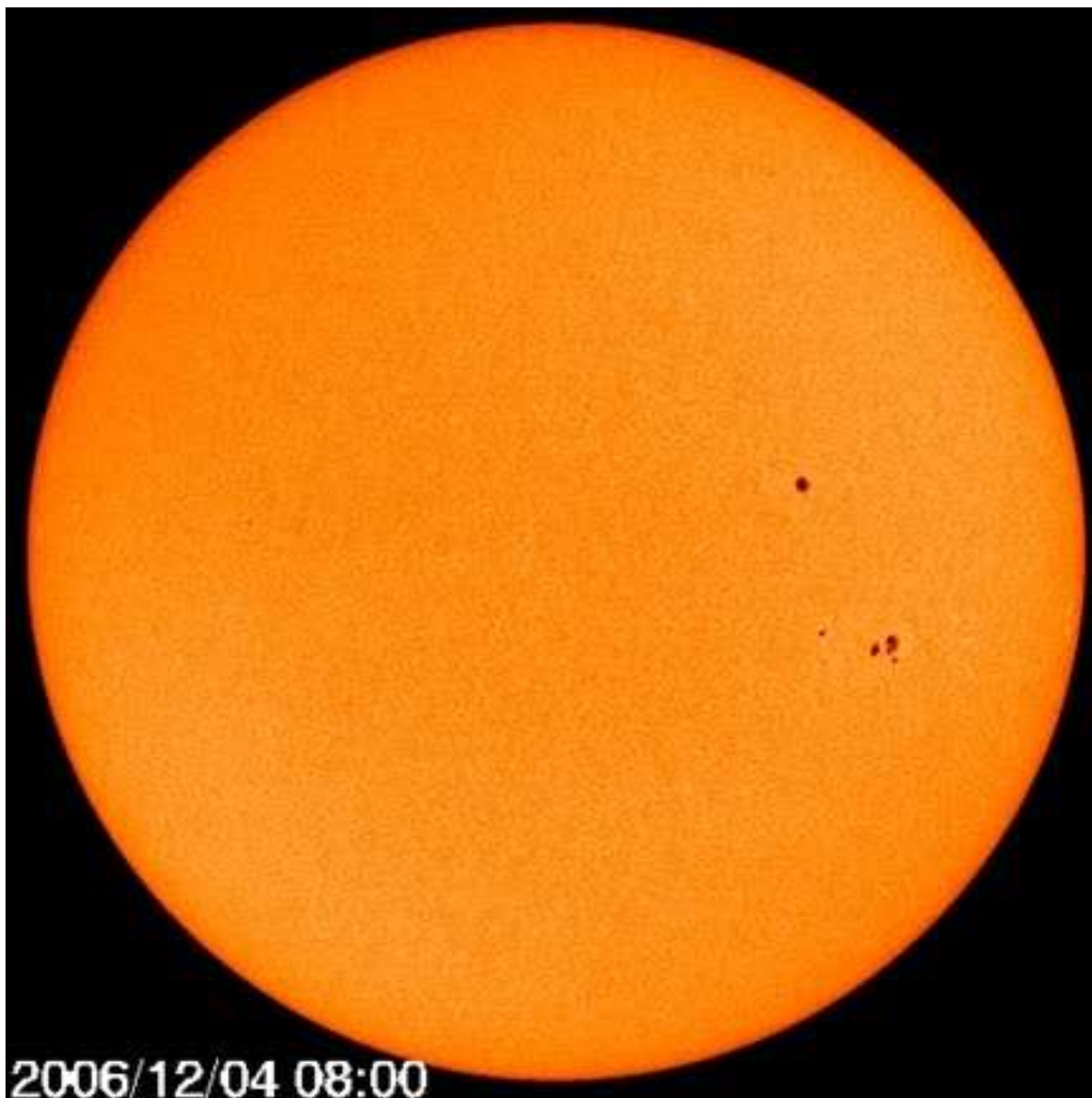


Рис. 20. 4 декабря 2006 года



Рис. 21. 12 сентября 2010 года

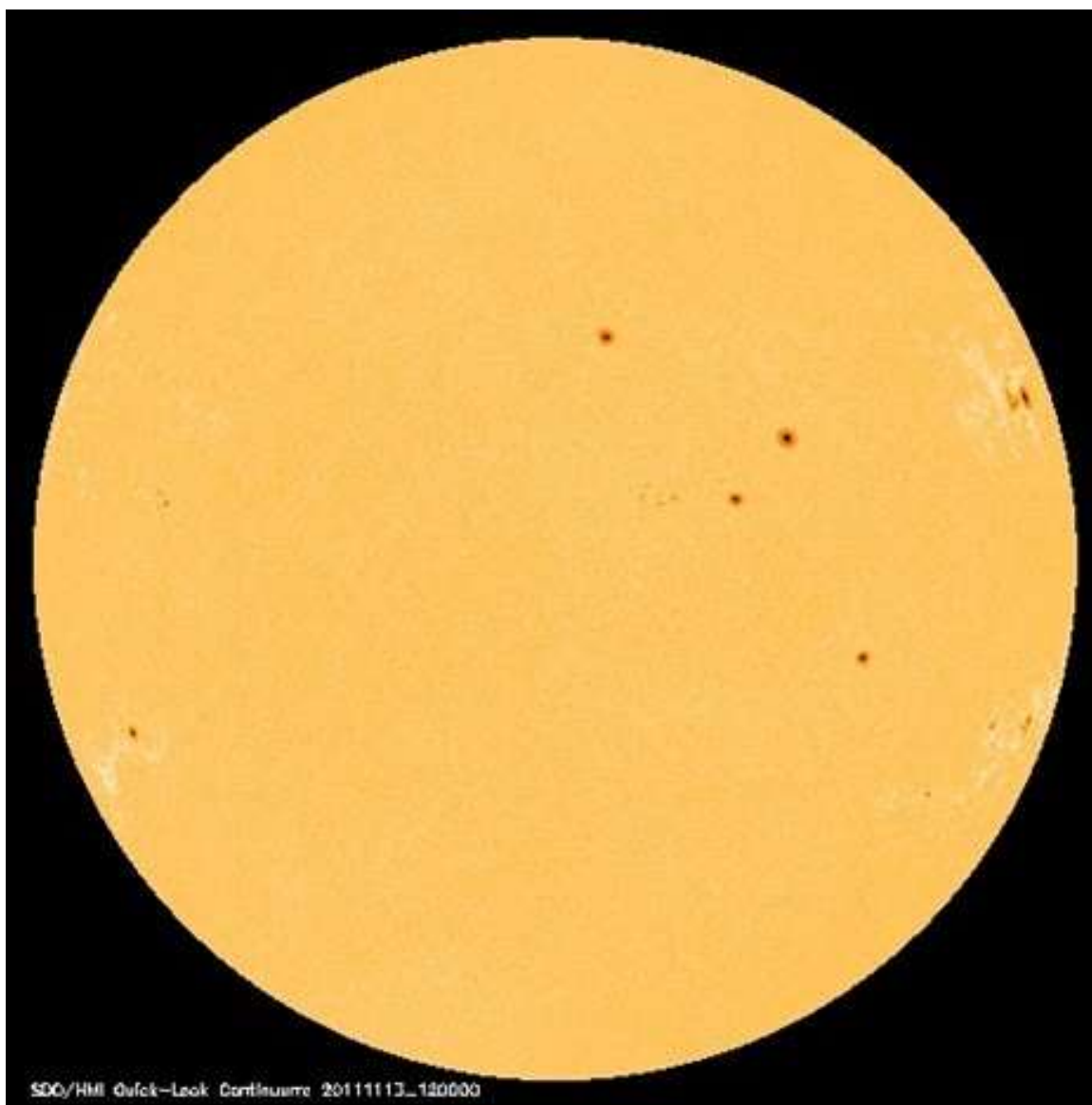


Рис. 22. 13 ноября 2011 года

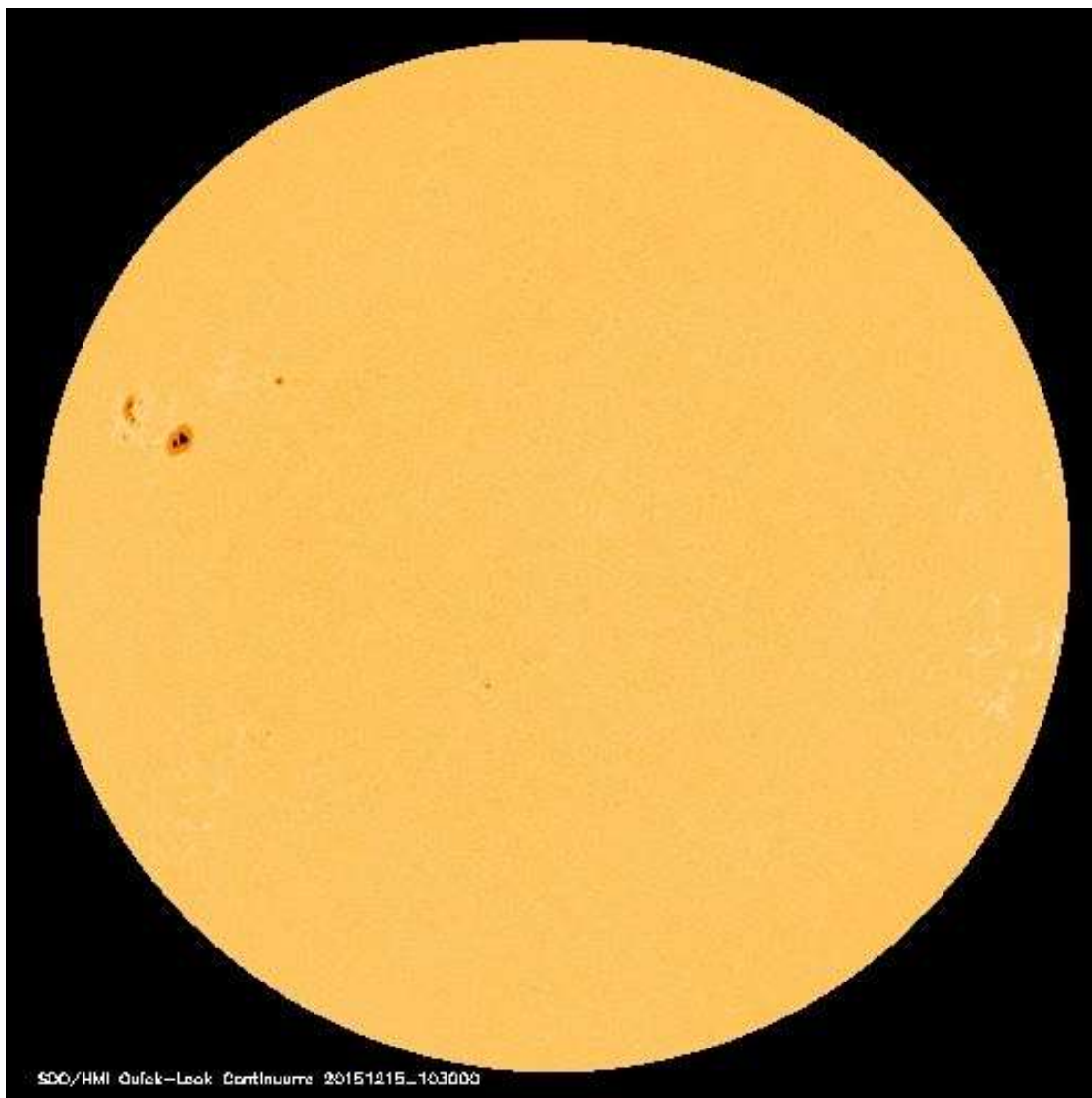


Рис. 23. 15 декабря 2015 года

Получить последнее изображение Солнца с космической солнечной обсерватории SOHO <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

Заполнить таблицу отчета № 1 к заданию № 1

№ фото	Число групп пятен g	Число пятен f	Число Вольфа W	Вывод о степени солнечной активности и размерах пятен

Задание 2. Определить угловой и линейный размер солнечного пятна (вместе с полутенью) 15 января 2005 г. и 28 октября 2003 г. Сравнить размеры этих пятен с размерами Земли и Юпитера.

Линейный диаметр Солнца $1,39 \cdot 10^6$ км (109 диаметров Земли). Расстояние от Земли до Луны 384 000 км.

Заполнить таблицу отчета № 2

Линейный размер Солнца	Линейный размер пятна	Угловой размер Солнца	Угловой размер пятна	Сравнение с радиусом Земли $R \text{ пятна}/R_3$	Сравнение с радиусом Юпитера $R \text{ пятна}/R_{\text{Юпитера}}$
		$\approx 30 \square$			
		$\approx 30 \square$			

Задание 3. Изучить по полученным фотографиям яркие ореолы вокруг солнечных пятен. Сделать вывод о температуре пятна, температуре яркого ореола и средней температуре фотосферы.

Заполнить таблицу отчета 3

Температура фотосферы	Температура пятна, примерная температура	Температура полутени	Температура яркого ореола, примерная температура
6000 К			

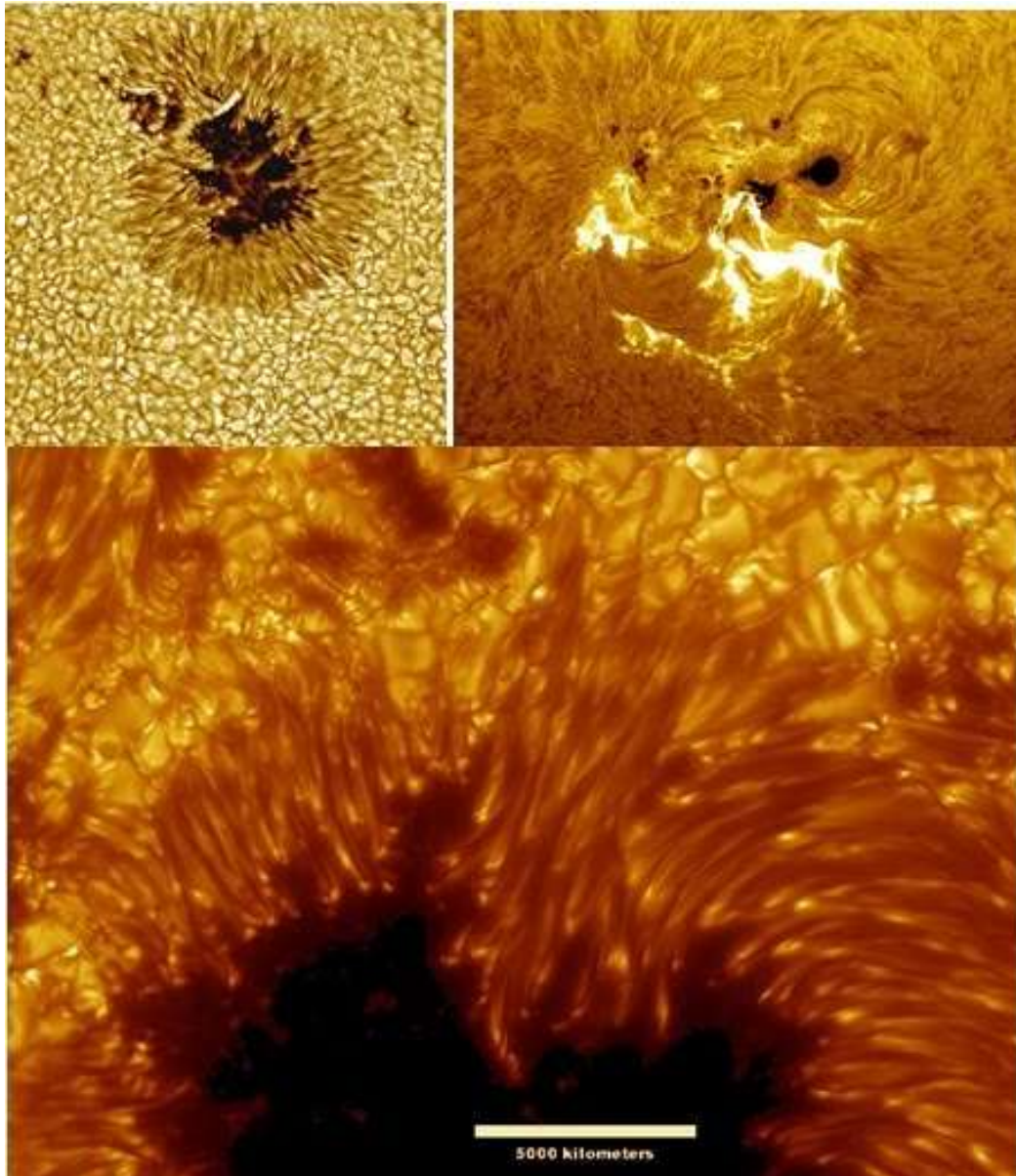


Рис. 24. Пятно и грануляция Солнца. Протуберанец

Задание 4. Оценить размеры протуберанцев

Заполнить таблицу отчета № 4

Размеры протуберанца, мм	Размеры Солнца, мм	Размеры протуберанца в размерах Земли	Размеры протуберанца в расстояниях от Земли до Луны
--------------------------	--------------------	---------------------------------------	---

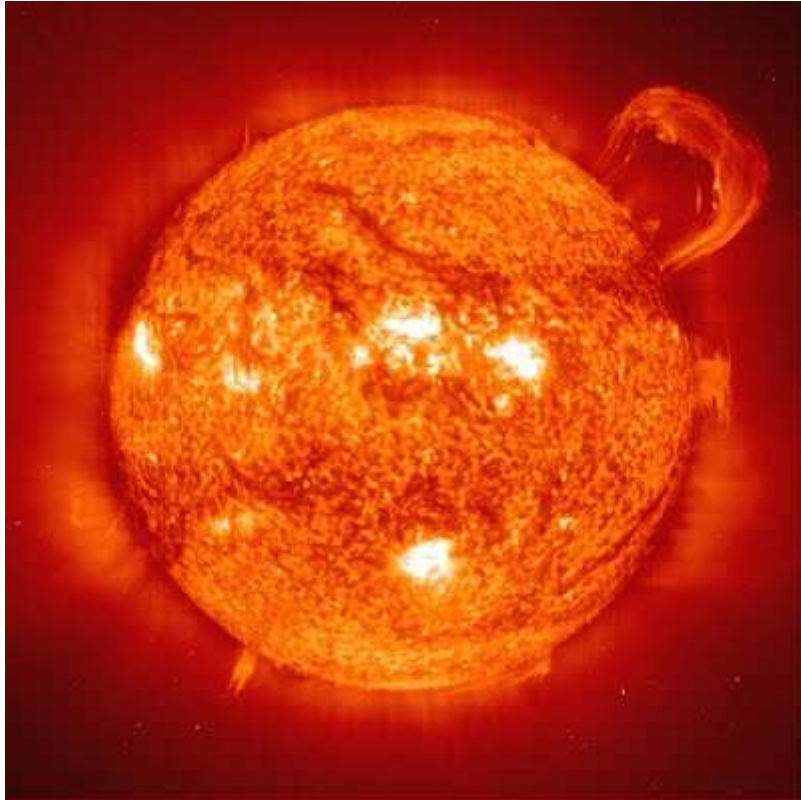


Рис. 25. Протуберанец

Задание 5. Какова скорость кометы, упавшей на Солнце 1 октября 2011 г.?

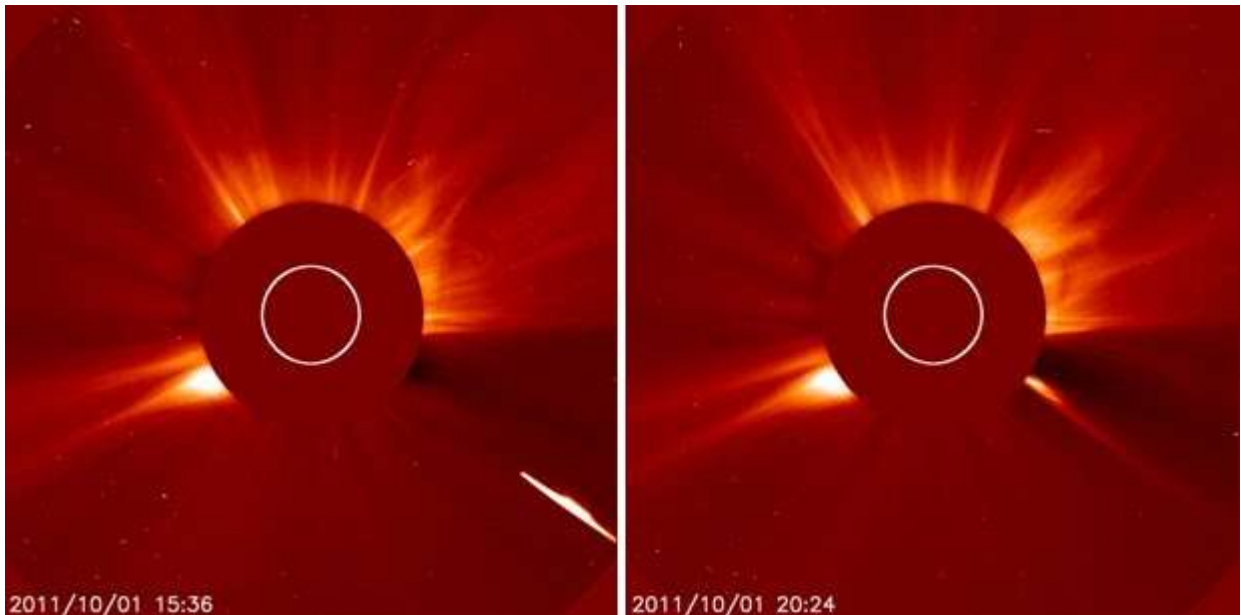


Рис. 26. Комета, упавшая на Солнце в 2011 г.

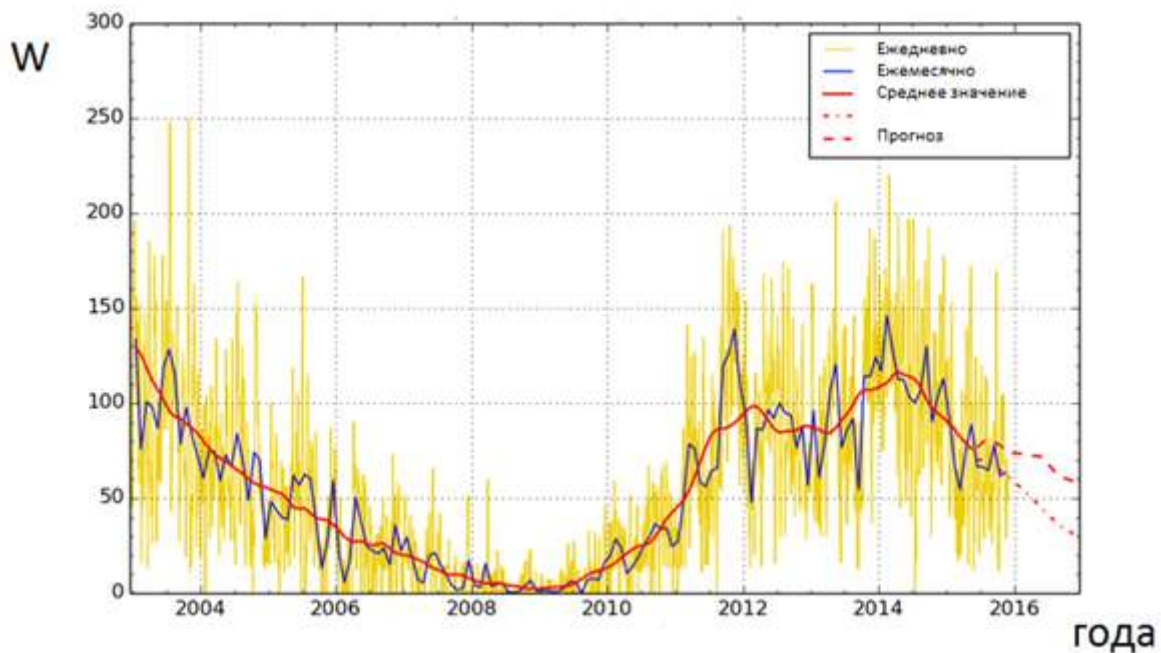


Рис. 27. Число Вольфа за пятнадцать лет наблюдений

Контрольные вопросы

1. Чему равно число Вольфа 19 июля 2000 г.? В какие еще даты число Вольфа было таким?
2. В какие даты наблюдался наибольший максимум солнечной активности в 23 цикле солнечной активности?
3. Когда начался 24 цикл солнечной активности? Какой цикл идет в настоящее время, в 2015 году?
4. В какие даты наблюдался наибольший максимум солнечной активности в 24 цикле солнечной активности? Сколько максимумов наблюдалось в 24 цикле и в какие даты?
5. Какими способами проявляется солнечная активность?

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов-Вельяминов, Б. А. *Астрономия. Базовый уровень. 11 класс [Текст] : учебник [для изучения астрономии на базовом уровне]* / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. – Москва : Дрофа, 2018. – 240 с.
2. Язев, С. А. *Астрономия. Солнечная система. – 3-е изд., пер. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 336 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/astronomiya-solnechnaya-sistema-424697>. – Загл. с экрана.*