

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ,  
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ И ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**«НАУКА, ТВОРЧЕСТВО, ДУХОВНОСТЬ»**

**Направление работы: Астрономия, космонавтика**

**Тема:**

**РАСЧЕТ ПЕРИОДА ОБРАЩЕНИЯ СОЛНЦА ВОКРУГ СВОЕЙ ОСИ ПО  
ФОТОГРАФИЧЕСКОМУ МЕТОДУ**

**Автор:**

**Болдырев Родион Геннадьевич,**  
учащийся 9 класса  
муниципального бюджетного  
общеобразовательного учреждения  
«Средняя общеобразовательная школа  
– детский сад №36»  
муниципального образования  
городской округ Симферополь  
Республики Крым

**Научный руководитель:**

**Макарова Мария Олеговна,**  
педагог дополнительного образования  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
дополнительного образования  
Республики Крым  
«Малая академия наук «Искатель»

**Место выполнения работы: г. Симферополь**

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| СОДЕРЖАНИЕ .....   | 2  |
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 3  |
| РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                         | 4  |
| 1. Общие сведения о Солнце .....                           | 4  |
| 1.1. Вращение Солнца.....                                  | 4  |
| 1.2. Особенности вращения Солнца. ....                     | 5  |
| 1.3. Пятна на Солнце.....                                  | 6  |
| 1.4. Вращение пятен.....                                   | 6  |
| 1.5 Физические основы вращения Солнца.....                 | 8  |
| 1.6 История изучения вращения Солнца.....                  | 8  |
| 1.7. Вращение Солнца и его особенности.....                | 9  |
| 1.8 Фотографический метод определения вращения Солнца..... | 9  |
| 1.9 Методика наблюдений.....                               | 10 |
| РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                          | 11 |
| 2.1. Получение снимков Солнца.....                         | 11 |
| 2.2 Ориентирование снимков.....                            | 14 |
| 2.3 Расчет периода обращения Солнца.....                   | 17 |
| ВЫВОД.....   | 19 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                    | 20 |

# ВВЕДЕНИЕ

Солнце — это ближайшая к Земле звезда, вокруг которой обращаются все планеты Солнечной системы. Оно обеспечивает нашу планету светом и теплом, создаёт климатические и погодные условия, поддерживает жизнь. Несмотря на кажущуюся простоту, Солнце является очень сложным объектом с множеством физических процессов, которые до конца ещё не изучены.

Одним из таких процессов является вращение Солнца вокруг своей оси. На первый взгляд кажется, что Солнце, как и Земля, просто крутится с определённым периодом. Но на самом деле Солнце — это не твёрдое тело, а гигантская раскалённая газовая сфера, состоящая из плазмы. Поэтому разные его части вращаются с разной скоростью. Это явление называется дифференциальным вращением.

Изучение вращения Солнца имеет большое значение. Во-первых, оно помогает понять внутреннее строение звезды и распределение масс. Во-вторых, вращение связано с формированием магнитных полей, от которых зависит солнечная активность. Активность Солнца, в свою очередь, оказывает огромное влияние на Землю: она определяет уровень радиации, состояние магнитного поля планеты, влияет на работу спутников, радиосвязь и даже на здоровье человека.

Измерить скорость вращения Солнца можно разными способами. Учёные используют спектроскопические наблюдения, радионаблюдения и гелиосейсмологические методы. Однако даже школьники могут провести подобное исследование, если применят фотографический метод. Он заключается в том, чтобы фотографировать Солнце в течение нескольких дней и по перемещению пятен на его поверхности вычислить скорость вращения.

**Цель:** расчет скорости вращения Солнца вокруг своей оси.

**Задачи:**

- Пронаблюдать за изменением положения солнечного пятна в течение недели.
- Проанализировать полученные результаты.
- Произвести расчеты периода обращения Солнца.

**Объектом** исследования является Солнце.

**Предмет исследования:** изменение положения солнечного пятна в течение месяца.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1. Общие сведения о Солнце

Солнце — это типичная звезда главной последовательности спектрального класса G2. Его диаметр составляет около **1,39 миллиона километров**, масса — **333 000 масс Земли**, а расстояние от Земли — около **149,6 миллиона километров** (1 астрономическая единица).

Температура поверхности Солнца достигает примерно **5500 °С**, а в ядре — свыше **15 млн °С**. В недрах звезды происходят термоядерные реакции, в ходе которых водород превращается в гелий с выделением огромного количества энергии. Эта энергия распространяется наружу и излучается в космос.

Структурно Солнце делится на несколько основных областей:

1. **Ядро** — центральная часть, где происходят реакции синтеза. Здесь рождается энергия, которая затем медленно выходит наружу.
2. **Зона излучения** — слой, где энергия передаётся излучением от атома к атому.
3. **Зона конвекции** — внешний слой, где вещество движется, поднимаясь и опускаясь, перенося энергию потоками.
4. **Фотосфера** — видимая поверхность Солнца, на которой мы видим солнечные пятна.
5. **Хромосфера и корона** — верхние, более разреженные слои атмосферы Солнца.

Именно в фотосфере наблюдаются тёмные участки — **солнечные пятна**. Они являются областями пониженной температуры и повышенного магнитного поля. Благодаря пятнам можно отслеживать вращение Солнца, ведь они движутся вместе с поверхностью звезды.

### 1.1. Вращение Солнца

Солнце вращается не от действия внутренних сил, а от взаимодействия внутренних и внешних сил. Солнце вращается благодаря тому, что имеет одинаковую внутреннюю плотность в двух его противоположных местах. Если бы внутри Солнца в одном месте плотность тела (тяжесть) была гораздо больше, чем в противоположном месте, то Солнце могло вообще не вращаться вокруг своей оси. Что имеется у Юпитера, который не вращается, иначе говоря: симметричность внутренних слоёв Солнца – мантии вокруг ядра, которое находится посередине Солнца. Вращение связано также с внутренней и внешней температурой мантии. Чем больше температура мантии, тем больше скорость вращения Солнца, которая проявляется в скорости вращения солнечных пятен вокруг Солнца. Чем больше скорость выделения мантийного вещества и его масса в определенных пунктах, тем больше скорость вращения Солнца. Еще атмосфера солнечная давит на поверхность Солнца в Восточном направлении, создавая вращение Солнца. В отличие от планет, Солнце не вращается как единое твёрдое тело. Плазма в разных частях движется с различной

скоростью. На экваторе Солнце совершает полный оборот примерно за **25 земных суток**, а ближе к полюсам — за **35 суток**. Такое различие называется **дифференциальным вращением**. Учёные определили, что угловая скорость вращения Солнца уменьшается с увеличением широты.

## 1.2. Особенности вращения Солнца.

Движение Солнца хорошо заметно, если наблюдать его пятна. Все пятна двигаются по поверхности. Это движение является частью общего движения звезды вокруг своей оси.

Наблюдения показывают, что оно вращается не как твердое тело, а дифференцировано. Это означает, что оно движется быстрее на экваторе и медленнее на полюсах. Газовые гиганты: Юпитер и Сатурн, также имеют дифференциальное вращение.

Астрономы измерили скорость вращения Солнца с широты  $26^\circ$  от экватора, и обнаружили, что один оборот вокруг оси занимает 25,38 дней.

Внутренние регионы и ядро вращаются вместе как твердое тело. А внешние слои, конвективная зона и фотосфера, вращаются с разной скоростью.

Период вращения (синодический) изменяется от 27 суток на экваторе до 32 суток у полюсов, вращение Солнца вокруг оси происходит в том же направлении, что и вращение Земли, в плоскости, наклоненной на  $82^\circ 45''$  к плоскости орбиты Земли (эклиптике). Астрономы называют это сидерическим периодом вращения, который отличается от синодического периода — количеством времени, необходимого для того, чтобы пятна повернулись вокруг Солнца, при наблюдении с Земли. Скорость вращения определяется по видимому движению различных деталей в атмосфере Солнца и по сдвигу спектральных линий в спектре края диска Солнца вследствие эффекта Доплера. Таким образом, было обнаружено, что период вращения Солнца неодинаков на разных широтах.

Один оборот относительно Земли точки с гелиографической широтой  $17^\circ$  совершают за 27,275 суток (синодический период). Время оборота Солнца на той же широте относительно звёзд (сидерический период) составляет 25,38 суток.

Для других широт  $\varphi$  угловую скорость  $\omega$  для сидерического вращения Солнца можно по формуле:  $\omega = 14,44 - 3 \cdot \sin^2 \varphi$  (в градусах в сутки)

Солнце, конечно же, вращается, но очень сложно: Солнце имеет Северный полюс и Южный полюс и вращается вокруг своей оси, также как и Земля. Однако, в отличие от Земли, которая вращается вдоль своей широты каждые 24 часа, Солнце совершает полный оборот вокруг своей оси за 22,14 года. Солнце вращается в том же самом направлении, как и Земля.

Солнце делает полный оборот вокруг своей оси за 22 года 51 день 3 часа (плюс-минус 15 дней). Звезда Солнце является твёрдожидким телом. Оно имеет твёрдое ядро, вокруг ядра горячая жидкая мантия, сверху твёрдая кора. Вращение Солнца вокруг своей оси равно 22,14 года за 1 оборот, а не 1 год, 2 года, 6 лет или хотя бы 11 лет, как у полного цикла солнечной активности.

Солнце окутано, горячим и горящим газом, внешние слои которого на высоте солнечных пятен вращаются вокруг Солнца быстрее, чем сами пятна. Солнечные пятна совершают полный оборот вокруг Солнца за 27,5 дней (среднее значение). Это факт. Точнее на экваторе за 25 дней, а удаляясь от экватора скорость солнечных пятен, уменьшается и у полюсов равна примерно от 31 дней до 36 дней. Поэтому ученые решили, что Солнце вращается, каждые 25 дней на экваторе и делает прогрессивно более медленное вращение в более высоких широтах, до 35 дней в полюсах.

### **1.3. Пятна на Солнце**

В возникновении темных пятен нет ничего необычного. Солнце - это огромный бурлящий «котел» плазмы. Внутри оно горячее, снаружи - холоднее. Из-за этого перепада температур возникают конвекционные потоки - остывшие массы идут вглубь, а на их место поднимаются более горячие. Температура в пятне на 1500 градусов ниже температуры окружающей их фотосферы. Все было бы хорошо, если бы этому процессу не мешало сильное магнитное поле Солнца. Оказывается, что магнитные вихри могут локально приостановить конвекцию, не дать остывшим массам опуститься. В результате, эта область на солнечной поверхности будет холоднее окружающих, и поэтому будет выглядеть темнее. Это и есть темное пятно.

На сегодняшний же день, удалось определить, что пятна - это участки более холодного вещества, которые формируются в результате воздействия высокой магнитной активности, создающей помехи для равномерного тока раскаленной плазмы. Однако пятна все еще остаются не до конца изученными. К примеру, астрономы не могут точно сказать, что является причиной возникновения более яркой каймы (тяжей), которая окружает темную часть пятна. В длину они могут быть до двух тысяч километров, в ширину - до ста пятидесяти.

Изучение пятен затрудняется сравнительно небольшими их размерами. Однако существует мнение, что тяжи - восходящие и нисходящие потоки газа, образованные в результате того, что горячее вещество из недр Солнца поднимается к поверхности, где остывает и проваливается обратно вниз. Ученые определили, что нисходящие потоки движутся со скоростью в 3,6 тысяч км/час, тогда как восходящие потоки – со скоростью порядка 10,8 тысяч км/час.

### **1.4. Вращение пятен**

Если сравнить несколько последовательных фотографий Солнца, то можно заметить, как меняется положение всех пятен на диске. Это происходит из-за вращения Солнца. Пятна, находящиеся вблизи экватора Солнца, опережают пятна, расположенные в средних широтах. Следовательно, скорости вращения разных слоёв Солнца различны. Экваториальные области делают один оборот вокруг оси Солнца за 25 земных суток, а области вблизи полюсов Солнца – примерно за 30 суток. Линейная скорость вращения на экваторе Солнца составляет 2 км./с.

Наблюдения показывают, что все пятна перемещаются от Восточного края к Западному. Следовательно, Солнце вращается вокруг своей оси в направлении движения планет вокруг него.

Давно известно, что экваториальный пояс Солнца вращается несколько быстрее, чем приполярные. Было также установлено, что скорость этого вращения каким-то образом связана с размерами, формой и относительным расположением солнечных пятен. В настоящее время доказано, что скорость вращения Солнца увеличивается, когда количество пятен на нем сокращается. Исследователи проанализировали все имеющиеся данные о солнечной активности за период между 1921 и 1982 гг. и установили, что в течение каждого ее 11-летнего цикла наибольшая скорость вращения светила приходится на время минимального числа пятен.

Более того, когда в южном полушарии Солнца пятен меньше, чем в северном, первое вращается быстрее, чем второе. В среднем же, если взять весь цикл, то солнечная фотосфера как целое, очевидно, вращается быстрее в течение тех циклов, которым свойственно меньшее количество пятен и меньшая их суммарная площадь.

Подобный эффект приводит к тому, что фотосфера завершает полный оборот вокруг оси на 0,5 % быстрее в периоды низкой солнечной активности. Причина такого явления остается неизвестной. Ее выяснение потребует лучшего, чем теперь, понимания динамики внутренних областей Солнца и возникновения магнитных полей, связанных с его пятнами.

Солнце — это ближайшая к Земле звезда и основной источник света и тепла, благодаря которому существует жизнь на нашей планете. Несмотря на то что Солнце наблюдается человеком на протяжении тысячелетий, его физические свойства и поведение продолжают вызывать интерес у учёных. Одним из ключевых параметров Солнца является его вращение вокруг собственной оси. Изучение вращения Солнца играет огромную роль для понимания процессов, происходящих как внутри звезды, так и в околосолнечном пространстве.

Скорость вращения Солнца связана с его внутренним строением, распределением температуры и магнитных полей. От того, как быстро вращаются различные участки солнечной поверхности, зависит характер солнечной активности — появление пятен, вспышек, протуберанцев и выбросов плазмы. Эти явления, в свою очередь, влияют на состояние магнитосферы Земли и работу технических систем на орбите.

На первый взгляд может показаться, что измерить вращение Солнца довольно просто — ведь можно наблюдать, как перемещаются пятна на его диске. Однако при более детальном рассмотрении оказывается, что Солнце — это не твёрдое тело, а гигантский газовый шар. Разные его слои вращаются с разной скоростью: экваториальные области — быстрее, а полярные — медленнее. Поэтому правильное определение периода вращения требует точных наблюдений и учёта множества факторов.

Одним из наиболее наглядных способов определения скорости вращения Солнца является фотографический метод. Он основан на последовательной съёмке солнечного диска с интервалом в несколько дней и последующем измерении перемещения солнечных пятен. Этот метод доступен даже для любительских наблюдений, что делает его особенно интересным для школьных исследовательских проектов.

## 1.5 Физические основы вращения Солнца

Солнце представляет собой гигантскую раскалённую плазменную сферу, состоящую в основном из водорода (примерно 73%) и гелия (около 25%), с небольшими примесями других элементов. Диаметр Солнца составляет около 1 392 000 километров, а масса — примерно 333 тысячи масс Земли.

Как и большинство звёзд, Солнце вращается вокруг собственной оси. Однако, в отличие от планет, у которых вращение происходит как у твёрдых тел, Солнце не является твёрдым объектом. Его вещество находится в состоянии плазмы, поэтому разные области вращаются с различными скоростями — это явление называется дифференциальным вращением.

На экваторе Солнце делает один полный оборот примерно за 25 земных суток, тогда как вблизи полюсов — примерно за 35 суток. Такое различие связано с тем, что внутренние слои плазмы переносят энергию и момент вращения неравномерно, в зависимости от температуры, плотности и магнитных полей.

Учёные выделяют несколько основных зон вращения Солнца:

1. **Ядро** — центральная часть, где происходят термоядерные реакции. Здесь скорость вращения относительно стабильна.
2. **Зона излучения** — слой, где энергия переносится излучением. Движение вещества здесь относительно медленное.
3. **Зона конвекции** — внешняя часть, где плазма активно перемешивается. Именно здесь наблюдается дифференциальное вращение.

Переход между зоной излучения и конвекцией называется **тахоклином**. Считается, что именно в этой области формируются и усиливаются магнитные поля, которые влияют на распределение скорости вращения.

Таким образом, изучение вращения Солнца помогает астрономам лучше понять внутреннюю динамику звезды и механизмы образования магнитных полей, которые определяют солнечную активность.

## 1.6 История изучения вращения Солнца

Интерес к изучению Солнца возник ещё в древности. Люди наблюдали его движение по небу и пытались понять его природу. Однако впервые вращение Солнца было доказано только в XVII веке, после изобретения телескопа.

В 1610 году Галилео Галилей одним из первых начал систематические наблюдения солнечных пятен. Он заметил, что пятна не только появляются и исчезают, но и перемещаются по солнечному диску, возвращаясь примерно через 27 дней. Галилей сделал вывод, что Солнце вращается вокруг своей оси. Примерно в то же время подобные наблюдения проводили астрономы Кристоф Шейнер и Томас Харриот.

В XIX веке, с развитием фотографии, появилась возможность фиксировать изображения Солнца на фотопластинках. Это позволило измерять перемещения пятен гораздо точнее, чем при визуальных наблюдениях. В 1858 году астроном Ричард Кэррингтон провёл подробные измерения и определил, что Солнце вращается неравномерно — быстрее на экваторе и медленнее у полюсов.

В XX веке методы наблюдения продолжали совершенствоваться. Астрономы начали использовать спектроскопические наблюдения, позволяющие измерять вращение не только по пятнам, но и по эффекту Доплера — изменению длины волны излучения в зависимости от движения вещества.

В наше время вращение Солнца изучается не только с Земли, но и с помощью космических аппаратов, таких как **SOHO**, **SDO** и **Solar Orbiter**. Они позволяют получать изображения с высоким разрешением и анализировать движение плазмы во всех слоях солнечной атмосферы.

## **1.7. Вращение Солнца и его особенности**

Физически это объясняется тем, что Солнце состоит из плазмы, в которой движение слоёв не согласовано. В конвективной зоне потоки горячего вещества поднимаются вверх, охлаждаются и опускаются вниз, создавая циркуляцию. Эти потоки переносят угловой момент, из-за чего экваториальные области вращаются быстрее.

Такое вращение играет ключевую роль в генерации магнитных полей Солнца. В результате взаимодействия дифференциального вращения и конвекции возникает явление, называемое **солнечным динамо**. Оно отвечает за 11-летний цикл солнечной активности, в течение которого изменяется количество пятен, вспышек и протуберанцев.

## **1.8 Фотографический метод определения вращения Солнца**

Фотографический метод остаётся одним из самых доступных способов измерения вращения Солнца, особенно в условиях школьных наблюдений. Он сочетает простоту реализации и достаточную точность.

Суть метода заключается в том, что в течение нескольких дней подряд делают фотографии Солнца в одно и то же время суток. На снимках фиксируются солнечные пятна — тёмные участки на фотосфере. Положение пятна на каждом изображении измеряется относительно центра диска.

Сравнивая координаты пятен, можно определить, насколько они сместились за определённый промежуток времени. Зная это смещение и время, вычисляют угловую скорость вращения.

Необходимое оборудование для проведения наблюдений:

- Телескоп или солнечный проектор с надёжным солнечным фильтром;
- Фотоаппарат (или цифровая камера, смартфон с адаптером);
- Штатив для устойчивого закрепления;
- Компьютер для анализа снимков.

Важно соблюдать правила безопасности: смотреть на Солнце через телескоп можно только при наличии сертифицированного солнечного фильтра. Прямое наблюдение без фильтра может вызвать необратимые повреждения зрения.

## 1.9 Методика наблюдений

1. Наблюдения проводят в ясную погоду, желательно в одно и то же время каждый день.
2. Каждый снимок должен быть одинаково ориентирован: обычно север Солнца располагают вверху кадра.
3. Для упрощения анализа все фотографии выравнивают по центру солнечного диска.
4. На изображениях выбирают одно и то же пятно и измеряют его размеры в пикселях
5. В течение нескольких дней определяют смещение по количеству пикселей, пройденное пятнами.

Преимущества метода:

- Простота реализации;
- Наглядность результатов;
- Позволяет проводить самостоятельные исследования.

Недостатки метода:

- Зависимость от погодных условий;
- Ошибки при ориентировании снимков, расчетах.

## РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Получение снимков Солнца

Первым делом я начал проводить наблюдения в свой личный телескоп Sky-Watcher BK 1309 EQ2 с солнечным фильтром. На протяжении недели я производил фотосъёмку пятен Солнца. Старался делать снимки с равными интервалами, а именно каждый день в 11 часов утра.

Вот все, полученные мной фотографии Солнца:



Рис. 1. Снимок Солнца 6 ноября в 10:58 утра



Рис. 1.1. Снимок Солнца 8 ноября в 11:04 утра

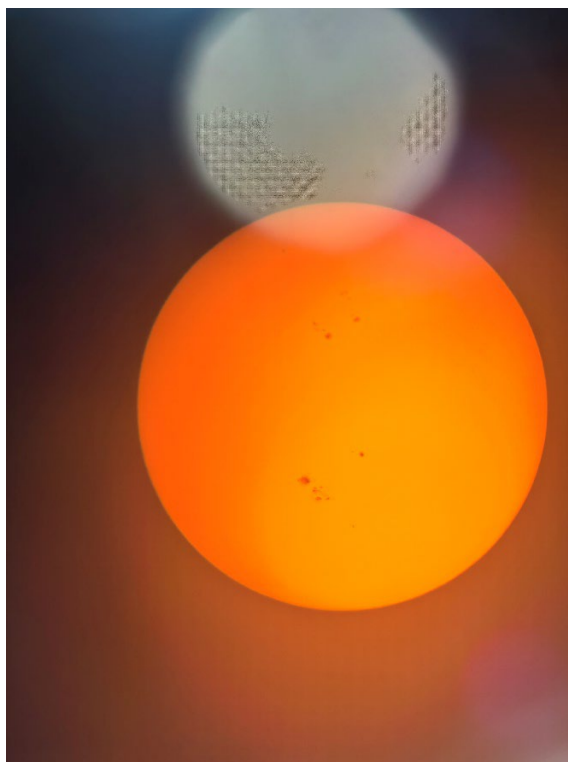


Рис. 1.2. Снимок Солнца 10 ноября в 11:08 утра

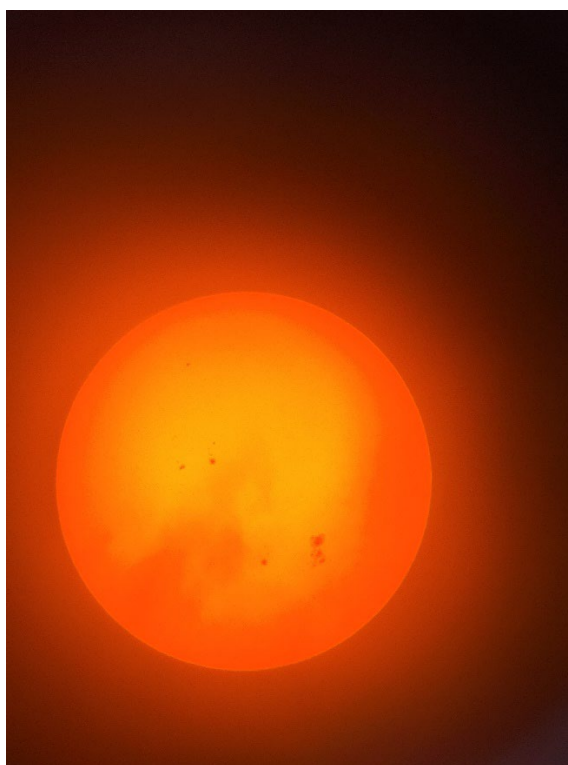


Рис. 1.3. Снимок Солнца 11 ноября 10:18 утра

В некоторые дни было пасмурно, шли дожди, поэтому именно наблюдательных дней осталось лишь 4.

Далее я отзеркалил каждый снимок, чтобы перемещение пятен было естественным, слева – направо. Также каждое изображение привел к одному размеру 3000 пикселей на 3000 пикселей.

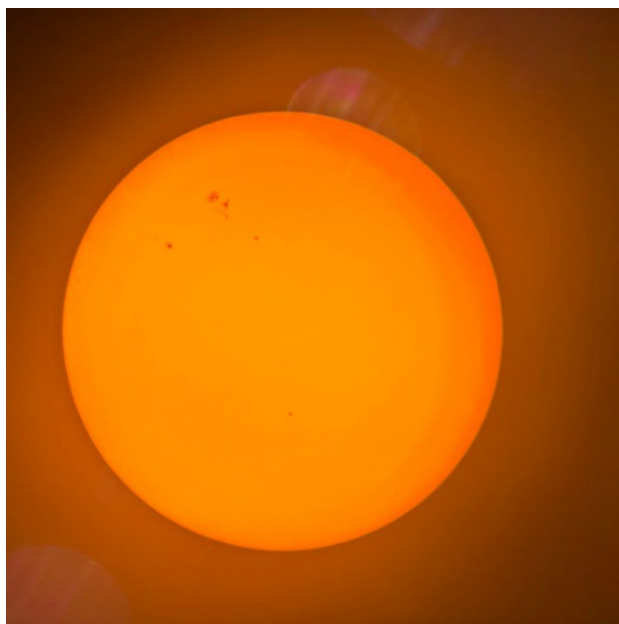


Рис. 1.4. Отзеркаленный снимок Солнца 6 ноября в 10:58 утра



Рис. 1.5. Отзеркаленный снимок Солнца 8 ноября в 11:04 утра



Рис. 1.6. Отзеркаленный снимок Солнца 10 ноября в 11:08 утра

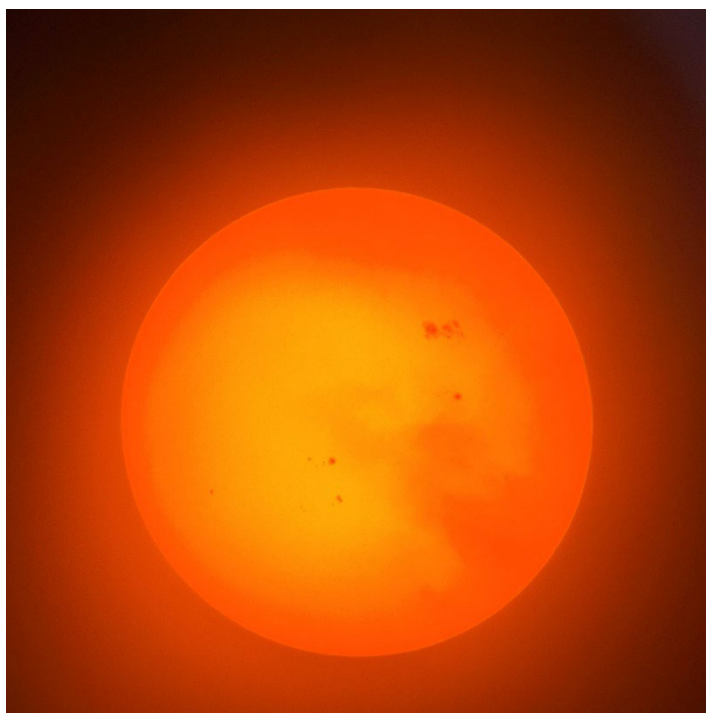


Рис. 1.7. Отзеркаленный снимок Солнца 11 ноября 10:18 утра

## 2.2 Ориентирование снимков

Я долго думал над тем, как правильно сориентировать, полученные мной снимки, и я решил, что взяв снимки за 6, 8 и 10 ноября это будет сделать легче, т.к именно эти снимки сделаны с одинаковым интервалом по времени съемки и на них более явно отобращено перемещение пятен

по диску. Я сделаю наложение данных снимков и поверну до правильной ориентации, когда пятна будут двигаться ровно слева направо. В конечном итоге мы имеем изображение с разрешением 2160 на 2160 пикселей



Рис. 1.8. Конечный результат наложения снимков 6, 8 и 10 ноября.

Далее я с помощью программы “геогейбра” визуализирую передвижение пятен.

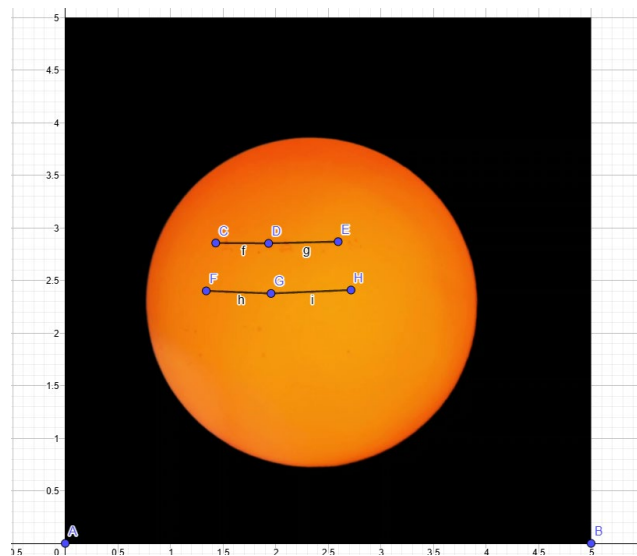


Рис. 1.9. Передвижение пятен по диску Солнца с 6 по 10 ноября.

Чтобы убедиться в верности своего изображения, я решил сравнить передвижения пятен, взяв снимки пятен за 6, 8 и 10 ноября с сайта «ЛАБОРАТОРИЯ СОЛНЕЧНОЙ АСТРОНОМИИ ИКИ И ИСЗФ».

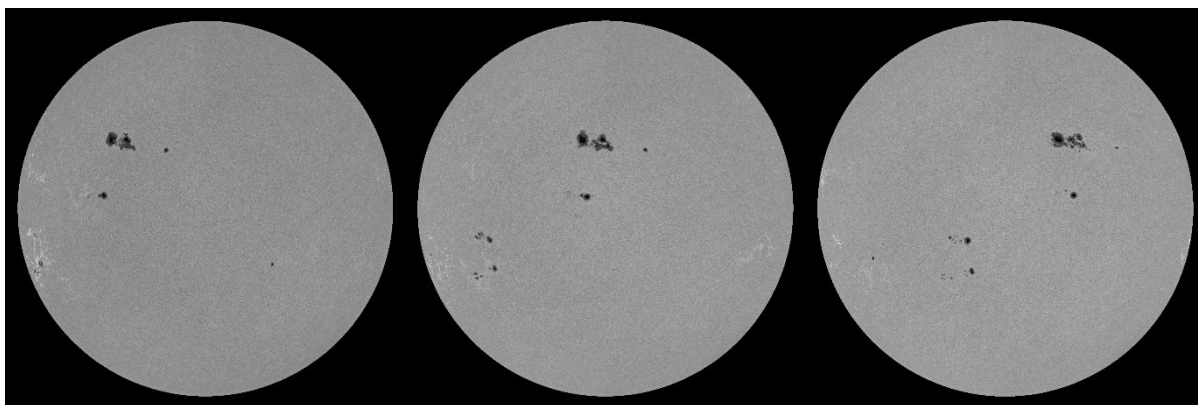


Рис. 1.9.1. Изображения Солнца за 6, 8 и 10 ноября в 23:30

Теперь я наложу данные изображения друг на друга.

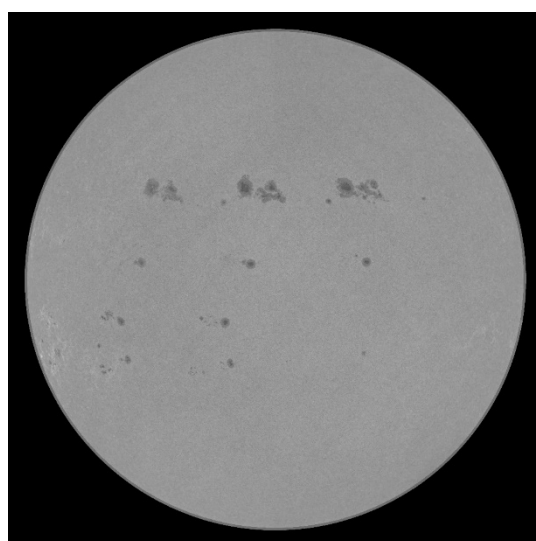


Рис. 1.9.2. Наложенные изображения за 6, 8 и 10 ноября.

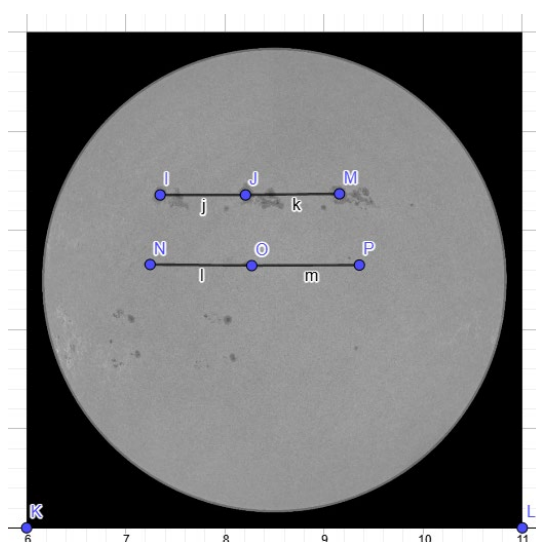


Рис. 1.9.3. Передвижения пятен по диску Солнца с 6 по 10 ноября

Теперь убедившись, что моё наложение снимков является достоверным, я могу приступить к расчету периода обращения Солнца.

## 2.3 Расчет периода обращения Солнца

Для начала нужно посчитать количество пикселей, которое занимает Солнце на кадре.

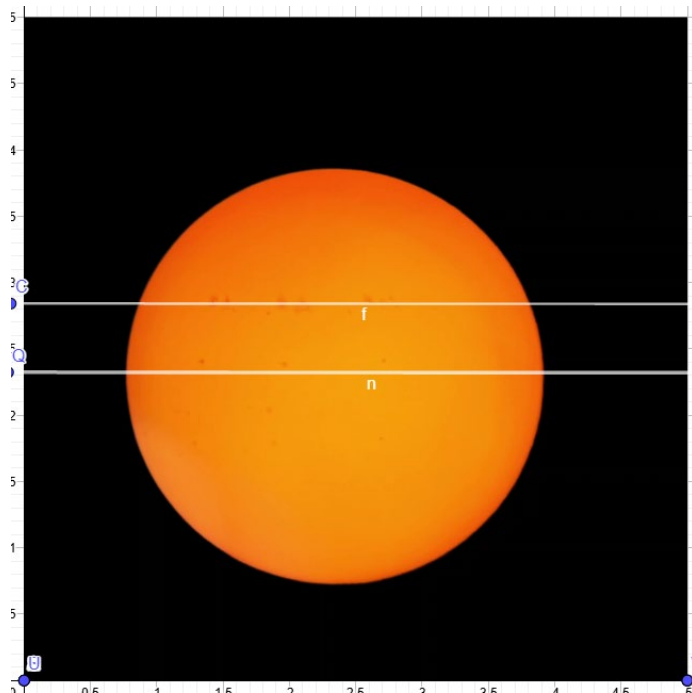


Рис. 2. Изображение Солнца с проведенными линиями. Линия n – экватор Солнца, f – линия движения солнечных пятен.

Теперь, с помощью программы Krita я считаю диаметр Солнца в пикселях. Экваториальный диаметр Солнца в пикселях равен 373 единицам.

После этого я взял диаметр Солнца – 1.392.000 км, и делю диаметр на 373 пикселя, таким образом мы получаем количество километров в 1 пикселе. Получилось значение, равное 3732 километров в 1 пикселе.

Теперь, посчитаем диаметр Солнца по линии f (линия передвижения пятен). Диаметр Солнца получился 349 пикселей.

Исходя из этого я могу посчитать длину окружности по линии f (линия передвижения пятен), но для начала нужен диаметр Солнца по этой линии.

$$349 \times 3732 = 1.302.468$$

Затем я посчитал передвижение пятен в пикселях. Получилось 156 единиц.

Берем это значение и умножаем на количество километров в 1 пикселе. Получается  $156 \times 3732 =$

$$582.192 \text{ километров прошли пятна за 4 дня}$$

Далее, чтобы посчитать период обращения Солнца, нужна длина его окружности.

Вычислю её по формуле:

$$l = \pi D$$

Таким образом,

$$l = 3.14 \times 1.302.468 = 4.089.750$$

Получив, данное значение, я могу получить окончательное число.

$$\frac{4089750}{582192} \approx 7$$

Следовательно, период обращения Солнца равен  $7 \times 4 = 28$  дней.

Полученный мной результат является периодом обращения Солнца на той широте, на которой находятся пятна, отмеченные линией f

Также я решил посчитать период обращения Солнца около экватора, анализируя пятна, отмеченные линией n.

Аналогично, посчитав количество пикселей, прошедшими пятнами за 4 дня, я получил значение равное 162 единицам.

Теперь таким же образом посчитаю количество километров пройденное пятнами за 4 дня. Получается  $185 \times 3732 = 690.420$  километра.

Далее, мне нужна длина окружности по экватору. Зная, что экваториальный диаметр Солнца равен  $\approx 1.392.000$  км.

Исходя из этого

$$l = 3.14 \times 1.392.000 = 4.370.880$$

Затем

$$\frac{4370880}{690420} \approx 6,3$$

Следовательно, период обращения Солнца на экваторе равен  $6,3 \times 4 \approx 25$  дней.

## **ВЫВОД**

В ходе выполненной работы мной была подробно исследована динамика перемещения солнечных пятен по диску Солнца. Последовательное наблюдение за их положением на серии полученных снимков позволило проследить перемещение пятен во времени и выявить характер их движения. Анализ изображений показал, что солнечные пятна смещаются с заметной регулярностью, что связано с вращением Солнца вокруг собственной оси. На основе этих данных был проведён расчёт периода вращения Солнца. Несмотря на то, что вращение Солнца носит дифференциальный характер и значение периода может различаться в зависимости от широты пятен, полученный результат оказался достаточно близким к общепринятым оценкам. Проведённые вычисления позволили определить период обращения Солнца вокруг своей оси, который в рамках данной работы составил около 30 суток для средних широт и 25 суток для экватора. Таким образом, выполненные наблюдения и анализ фотоматериала подтвердили, что по перемещению солнечных пятен можно оценить скорость вращения Солнца. Полученный результат демонстрирует практическую значимость метода и показывает, что даже на основе любительских наблюдений возможно получить данные, близкие к реальным астрофизическим значениям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечные\\_пятна](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечные_пятна)
2. [https://xras.ru/sun\\_pictures.html](https://xras.ru/sun_pictures.html)
3. <http://ggreen.chat.ru> - статья "Пятна на Солнце"
4. <http://www.sunhome.ru> - статья "Пятна на поверхности Солнца"
- <http://www.nsu.ru> - статья "Какова история и функция темного пятна на Солнце?"
5. <http://www.astronet.ru> - статья "Удивительный солнечный протуберанец"
6. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-400593.html?page=2>
7. <http://www.thesis.lebedev.ru/> - ТЕССИС - космическая обсерватория
8. Леон Голуб, Джей Пасачофф, "The Sun"
9. В. В. Шаронов, "Солнце и его наблюдение"
10. Н. К. Семакин, "Наблюдайте Солнце"