

Расчёт сидерического и синодического периодов вращения Солнца по кэррингтоновским координатам солнечных пятен

Чжоу Валентина Юйляновна

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является расчет сидерического и синодического периодов вращения Солнца по кэррингтоновским координатам солнечных пятен. Используются поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования. В результате исследования установлены периоды вращения, полученные данные продемонстрированы в таблице.

Ключевые слова: кэррингтоновские координаты, сидерический период, синодический период, солнечные пятна.

Calculation of the sidereal and synodic periods of rotation of the Sun using the Carrington coordinates of sunspots

Chzhou Valentina Yuylyanovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The aim of this study is to calculate the sidereal and synodic periods of the Sun's rotation based on Carrington sunspot coordinates. Exploratory, analytical, and computational methods were used. The rotation periods were determined, and the resulting data are presented in the table.

Keywords: Carrington coordinates, sidereal period, synodic regeneration, sunspots.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность исследования связана с необходимостью углублённого понимания физических процессов, происходящих в недрах Солнца. Дифференциальное вращение является одним из ключевых механизмов, лежащих в основе солнечного динамо-процесса генерации и эволюции магнитного поля звезды.

1.2 Обзор исследований

В статье Г. И. Дружино, И. Е. Стайсий [1] выполнен спектральный анализ шумовых электромагнитных излучений в ОНЧ диапазоне на трех фиксированных частотах за период с 1997 по 2015 г. Измерения магнитного поля Солнца как звезды, начатые по инициативе акад. А.Б. Северного, были

поддержаны шестью другими обсерваториями. Кратко изложены история таких исследований в Крымской астрофизической обсерватории и основные результаты, по вариациям поля определен синодический период вращения солнечной гравитирующей массы $P_{\odot} = 27.027(6)$ сут. Обнаружено, что к нему привязаны движения Земли: за один земной год Солнце совершает 27 полуоборотов вокруг своей оси, а Земля - такое же число своих вращений с периодом PD за полный солнечный оборот в исследовании В. А. Котова [2]. Определена величина неоднородности распределения групп солнечных пятен по долготе в зависимости от периода вращения, принимаемого для определения долготы, проведена оценка статистической достоверности найденных активных долгот в работе С. В. Олемской, Л. Л. Кичатинова [3]. В работе В. А. Котова [4] выдвинута гипотеза, что годовой и суточный периоды движения нашей планеты, скорость вращения Солнца и цикл Хейла, объединенные числами 2, 3 и π , имеют космологический смысл и фундаментальное значение для Солнца, Земли и Солнечной системы. Предлагается метод исследования дифференциального вращения солнечной короны с использованием коронального магнитного поля как трассера. в исследовании О. Г. Бадаляна, В. Н. Обридко [5].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является расчет сидерического и синодического периодов вращения Солнца по кэррингтоновским координатам солнечных пятен.

2. Материалы и методы

В работе использовались каталоги солнечных пятен, представленные в виде ежедневных и синоптических наблюдений в системе кэррингтоновских гелиографических координат. Основным источником данных выступали продукты совместного проекта Лаборатории солнечной астрономии ИКИ РАН и ИСЗФ СО РАН. Были использованы аналитические и поисковые методы.

3. Результаты и обсуждение

За кэррингтоновские координаты принимается система гелиографических координат, используемая в солнечной астрономии для описания положения объектов на поверхности Солнца (например, солнечных пятен и активных областей) в системе отсчёта, вращающейся вместе с Солнцем с постоянной угловой скоростью.

Вводимые данные взяты с лаборатории солнечной астрономии ИКИ и ИСЗФ [6]. Рассмотрены солнечные пятна (рис. 1) за 12.04.26

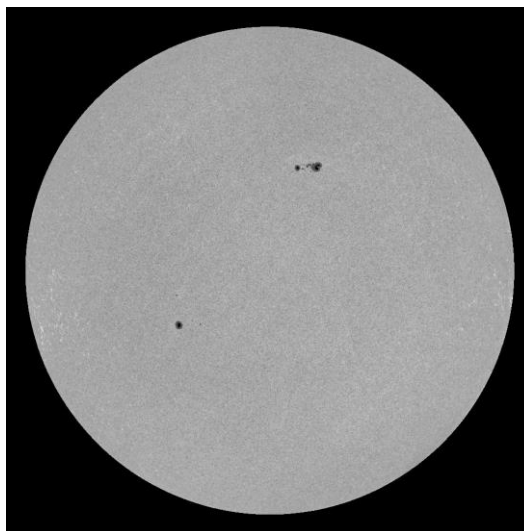


Рисунок 1 – Солнечные пятна

Таблица 1 – Вводные данные солнечных пятен

Номер области	Гелиографические координаты	Кэррингтоновская долгота (°)
№ 4412	N11 W71	119°
№ 4411	S06 W66	114°

N11 – широта $+11^\circ$ (северное полушарие).

S06 – широта -6° (южное полушарие).

W71, W66 – положение к западу от центрального меридиана Солнца.

Кэррингтоновская долгота – долгота в системе координат, вращающейся вместе с Солнцем с фиксированным периодом.

Стандартный кэррингтоновский период вращения Солнца равен

$$T_{\text{Carr}} = 27.2753 \text{ суток}$$

Данный период является синодическим периодом, поскольку относительно наблюдателя на Земле.

Соответствующая угловая скорость

$$\omega_{\text{Carr}} = \frac{360^\circ}{27.2753} \approx 13.198^\circ/\text{сут}$$

Расчёт сидерического периода вращения

Для более точного анализа используется модель дифференциального вращения Солнца

$$\omega(\varphi) = A + B \sin^2 \varphi + C \sin^4 \varphi$$

где

$A = 14.713 \text{ deg/day}$

$B = -2.396 \text{ deg/day}$

$C = -1.787 \text{ deg/day}$

φ - гелиографическая широта.

deg/day – это единица угловой скорости согласно кэррингтоновским координатам.

Расчеты области № 4412 (N11)

Вычисление тригонометрических величин

$$\sin(11^\circ) \approx 0.1908, \quad \sin^2(11^\circ) \approx 0.0364, \quad \sin^4(11^\circ) \approx 0.0013$$

Угловая скорость

$$\omega_{4412} = 14.713 - 2.396 \cdot 0.0364 - 1.787 \cdot 0.0013$$

$$\omega_{4412} \approx 14.623^\circ/\text{сут}$$

Сидерический период

$$T_{\text{sid},4412} = \frac{360}{14.623} \approx 24.61 \text{ суток}$$

Сидерический период равен 24.61 суток

Область № 4411 (S06)

Вычисления

$$\sin(6^\circ) \approx 0.1045, \quad \sin^2(6^\circ) \approx 0.0109, \quad \sin^4(6^\circ) \approx 0.00012$$

Угловая скорость

$$\omega_{4411} = 14.713 - 2.396 \cdot 0.0109 - 1.787 \cdot 0.00012$$

$$\omega_{4411} \approx 14.687^\circ/\text{сут}$$

Сидерический период

$$T_{\text{sid},4411} = \frac{360}{14.687} \approx 24.51 \text{ суток}$$

Для сравнения с кэррингтоновской системой необходимо перевести сидерический период в синодический

$$\frac{1}{T_{\text{syn}}} = \frac{1}{T_{\text{sid}}} - \frac{1}{T_{\text{orb}}}$$

где $T_{\text{orb}} = 365.25$ суток – период обращения Земли.

Область № 4412

$$\frac{1}{T_{\text{syn}}} = \frac{1}{24.61} - \frac{1}{365.25} \approx 0.04063 - 0.00274 = 0.03789$$

$$T_{\text{syn},4412} \approx 26.40 \text{ суток}$$

Область № 4411

$$\frac{1}{T_{\text{syn}}} = \frac{1}{24.51} - \frac{1}{365.25} \approx 0.04080 - 0.00274 = 0.03806$$

$$T_{\text{syn},4411} \approx 26.28 \text{ суток}$$

Разность долгот

$$\Delta L = 119^\circ - 114^\circ = 5^\circ$$

При повторных наблюдениях изменение долготы можно использовать для определения экспериментальной угловой скорости

$$\omega_{\text{exp}} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Конечные результаты отображены в таблице (таб. 2)

Таблица 2 – Итоговые результаты

Параметр	Область № 4412	Область № 4411
Широта	+11°	–6°
Кэррингтоновская долгота	119°	114°
Угловая скорость (сидерическая), deg/day	14.623	14.687
Сидерический период, сутки	24.61	24.51
Синодический период, сутки	26.40	26.28

Полученные синодические периоды, равные приблизительно ≈ 26.3 – 26.4 суток, близки к кэррингтоновскому периоду 27.2753 суток, что свидетельствует о корректности расчетов.

Дифференциальное вращение Солнца подтверждается: область, расположенная ближе к экватору (№ 4411), вращается быстрее.

4. Выводы

На основе предоставленных координат и кэррингтоновских долгот были рассчитаны периоды вращения Солнца для активных областей. Полученные результаты согласуются с современными астрофизическими моделями и подтверждают явление дифференциального вращения Солнца.

Практическая значимость исследования, посвящённого определению параметров вращения Солнца на основе анализа кэррингтоновских координат активных областей № 4412 и № 4411, заключается в его применении как в фундаментальной науке, так и в прикладных задачах, связанных с космической деятельностью и технологиями.

Библиографический список

1. Дружин Г. И. Стасий И. Е. Связь суточных периодов ОНЧ излучений с рентгеновскими источниками // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2016. №. 4(15). С. 92-98. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27294961> (дата обращения: 13.04.2026).
2. Котов В. А. Магнитные циклы Солнца и резонансы Солнечной системы // Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2023. Т. 119. №. 1. С. 42-47. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54521017> (дата обращения: 13.04.2026).

- 13.04.2026).
3. Олемской С. В. Кичатинов Л. Л. Активные долготы солнечных // Солнечно-земная физика. 2008. №. 11(124). С. 8-11. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12363231> (дата обращения: 13.04.2026).
 4. Котов В. А. Крымские наблюдения магнитного Солнца: 1967-2018 гг // Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2020. Т. 116. №. 1. С. 14-23. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43811989> (дата обращения: 13.04.2026).
 5. Бадалян О. Г. Обридко В. Н. Дифференциальное вращение солнечной короны по данным о магнитном поле // Письма в Астрономический журнал. 2018. Т. 44. №. 11. С. 791-798. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36353611> (дата обращения: 13.04.2026).
 6. Лаборатория солнечной астрономии ИКИ и ИСЗФ РАН. URL: https://xras.ru/active_areas.html?m=4&d=12&y=2026 (дата обращения: 13.04.2026).