

УДК 52

Как космическая погода и солнечные затмения влияют на поведение крутильного маятника – обзор и анализ литературы

Б.М. Владимирский¹, А.В. Брунс²

¹ Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
bvlad@yandex.ru

² НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, Научный, АР Крым, Украина, 98409
bruns@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 10 ноября 2011 г.

Аннотация. Представлен краткий обзор литературы об аномалиях в поведении крутильного маятника при изменениях космической погоды. Логический анализ этих данных приводит к предположению, согласно которому непосредственно действующим на прибор физическим фактором являются вариации электромагнитных фоновых полей диапазона низких-сверхнизких частот. Амплитудно-спектральные изменения этих полей обратимо влияют на упругие параметры нити подвеса маятника из-за эффекта магнитопластичности, что приводит к малым изменениям ее скрученности. В полосе солнечного затмения ионосфера переходит на ночной режим, что приводит к изменениям упомянутых фоновых полей, сопоставимых с таковыми при вариациях космической погоды. Высказывается предположение, что именно эти изменения ответственны за аномалии в поведении крутильного маятника во время солнечных затмений. По разным причинам сопоставление данных по этому прибору с эффектами затмений для других физико-химических систем затруднительно. Для проверки предложенной гипотезы необходимо проведение эксперимента с воздействием на маятник слабых искусственных магнитных полей.

INFLUENCE OF THE SPACE WEATHER AND SOLAR ECLIPSES ON THE BEHAVIOUR OF A TORSION PENDULUM - REVIEW AND ANALYSIS OF PUBLICATIONS, *by B.M. Vladimirskij, A.V. Bruns.* A brief review of the literature on the anomalies in the behavior of a torsion pendulum during space weather variations is presented. The logical analysis of these data leads to the hypothesis that a physical factor directly affected the device are variations of electromagnetic background fields in the range of low-extremely low frequencies. Amplitude-spectral variations of these fields reversibly affects the elastic parameters of the pendulum suspension thread due to the magnetoplasticity effect. This leads to small changes of the thread twisting may appear. When the ionosphere is passing into the night conditions during the solar eclipse, the same type variations of the above mentioned background fields are generated as in cosmic weather variations. These variations are supposed to be responsible for anomalies in the behavior of a torsion pendulum during solar eclipses. For a number of reasons, it is difficult to compare data on the device with effects of eclipses for other physico-chemical systems. That's why it is necessary to make a special experiment using the artificial magnetic fields to verify the hypothesis presented.

Ключевые слова: крутильный маятник, солнечные затмения, влияние космической погоды на приборы

1 Введение

Влияние космической погоды на физико-химические системы в настоящее время надежно обнаружено и однозначно истолковывается прежде всего для жидкостей (включая водные растворы). Что касается твердых тел, то здесь имеются некоторые неопределенности. Ситуация, возможно, лучше всего может быть иллюстрирована дискуссией вокруг обнаружения набора известных космофизических периодов – год, около 30 суток, возможно около 155 суток – в скорости счета при регистрации радиоактивного распада (Фишбах и др., 2009; Старрок и др., 2011). Если считать, как это делают цитированные авторы, что вариации следует отнести именно к ядерно-физическим явлениям, похоже, следует предположить существование неизвестной “пятой” силы (например, Бауров, Малов, 2010). Однако те же самые периоды найдены в динамике параметров полупроводниковых структур – без всякой радиоактивности (Брунс, Владимирский, 2009). Поэтому все изменения в скорости радиоактивного распада можно трактовать как чисто аппаратный эффект – как обратимые вариации эффективности регистрации (Брунс, Владимирский, 2011). В упомянутых вариациях параметров полупроводниковых структур (для периодов около года) все же трудно надежно гарантировать отсутствие паразитных температурных эффектов – вследствие, например, влияния очень слабых температурных дрейфов на стабильность питания. Вот почему очень важен поиск тех же космофизических периодов в динамике параметров твердых тел в принципиально иных физических измерениях (где вообще не используется питающее напряжение). Но такие измерения имеются – это наблюдения над крутильными маятниками.

В связи со сказанным, далее, в разделе 2, дана сводка литературных данных, касающихся анализа временных рядов наблюдений с названным прибором. Затем обсуждается теоретическая схема, позволяющая истолковать накопленные экспериментальные данные (раздел 3). Далее обращается внимание на то, что во время солнечных затмений из-за хорошо известных ионосферных эффектов в полосе затмений имеют место локальные изменения низкочастотных фоновых электромагнитных полей – таких же, как при вариациях космической погоды. Представлена сводка феноменологических закономерностей, выявленных при затменных наблюдениях (разделы 4, 5). В разделе 6 обсуждаются данные, полученные при таких же наблюдениях для других физико-химических систем. Общие итоги обсуждения представлены в Заключение.

2 Космические периоды в параметрах колебаний крутильных маятников

Обзор интересно начать с результатов ретроспективного анализа данных наблюдений, проведенных в самом начале XX в. Н.П. Мышкиным (Степанюк, Черняк, 2005). Прибор проф. Мышкина представлял собой слюдяной диск, подвешенный на тонкой платиновой проволоке, с миниатюрный зеркалом, позволяющим измерять – с соответствующим усилением – три раза в сутки малые угловые перемещения диска. Использовался диэлектрический экран (стекло, картон). Массив наблюдений относится к 1900-1902 гг. (Мышкин, 1906). Цитированному автору не удалось в свое время достоверно выявить каких-либо четких закономерностей в постоянно происходивших изменениях положения диска (он довольно долго препирался с тогдашним редактором журнала проф. А.Г. Столетовым). Современные методы обработки позволили надежно обнаружить весь набор космофизических периодов для их значений менее 200 суток. В данном случае важно отметить наличие последовательности периодов (сутки): 28 (кэррингтоновский период) – 13.5 – 9 – 7. Почти для всех этих периодов можно уверенно утверждать, что они когерентны с космофизическими индексами. Самый большой показатель для когерентности (0.97) получен для кросс-спектра с индексом магнитной активности C_9 при периоде 13.5 суток. Присутствует также полугодовой период.

В литературе имеется несколько сообщений об однотипных наблюдениях с аналогичным маятником. Однако их методический уровень мало отличается от такового опытов Мышкина. Исключением является серия публикаций об экспериментах, проведенных в 70-х гг. в группе К.П. Станюковича. В данном случае применялся высокий вакуум, маятник из немагнитных материалов был защищен от температурных влияний и возможного воздействия микросейсм. Измеряемый показатель –

амплитуда свободных колебаний. Были получены следующие результаты, интересные в контексте данного изложения:

- имеет место суточная вариация – в среднем амплитуда колебания в дневное время выше (Колесников и др., 1974; Колесникова, Колесников, 1977);
- время от времени в фиксированном показателе наблюдаются нерегулярные вариации; было замечено, что такие события совпадали во времени с усилением теллурических токов (Колесников и др., 1973);
- обнаружена около 27-суточная вариация (Калинин и др., 1974; Колесникова и Колесников, 1975); в некоторые интервалы времени она не выявляется (Колесникова и Колесников, 1975). Но в спектре мощности, построенном для большого массива измерений, заметна триада (суток) 27 – 13.5 – 7 (Колесникова, Колесников, 1978).

В общем, что касается значений периодов, согласие со старинными наблюдениями Мышкина – хорошее.

Материал для сравнения и анализа заметно возрос после публикаций результатов обработки измерений по уточнению гравитационной постоянной на установке О.П. Карагиоза – В.П. Измайлова (1996). Их крутильный маятник был, казалось бы, хорошо защищен от всевозможных помех. Тем не менее цитированные авторы обнаружили заметное различие измеряемой константы для разных месяцев года, подтвердив тем самым более ранние измерения своих французских и английских коллег (Понтикис, 1972; Стефенсон, 1967). Чтобы разобраться с причинами невоспроизводимости результатов, авторы эксперимента перевели установку на принципиально иной режим работы – мониторинг. Установка располагается в пределах городской черты Москвы. Чтобы уменьшать уровень промышленных сейсм, измерения производились в выходные дни, праздники и в ночное время. Цикл измерений в последнем варианте установки занимал около двух часов. За 18 лет работы удалось получить несколько десятков тысяч значений константы. Весь массив данных был обработан Пархомовым (2009). При этом не только подтвердились результаты, изложенные выше, но обнаружили некоторые весьма интересные детали. Общие итоги таковы:

- наличие годового хода в измеряемой величине установлено с полной определенностью: максимумы наблюдаются в мае и июле. Все остается в силе, если рассматривать отдельно части всего массива;
- имеется явное указание на зависимость результатов от уровня солнечной активности: для эпохи минимума (1993-1999) разброс результатов заметно выше, чем для максимумов (1990–1992; 2002–2003);
- суточный эффект обнаруживается вполне надежно по крайней мере в некоторых интервалах времени (Измайлов и др., 1998);
- в спектре мощности доминируют периоды полгода и – для диапазона околomesячной ритмики – 31 и 33 суток; кэррингтоновский период около 27 суток (это и сидерический лунный период) также представлен;
- для части массива данных удалось установить, что экстремально большие значения константы получаются при малых значениях индекса магнитной активности A_p , а разброс возрастает напротив, при увеличении этого индекса (Владимирский, Брунс, 1998а);
- для той же части массива был обнаружен эффект секторных границ межпланетного магнитного поля – результаты измерений скачком изменяются в сторону понижения при смене полярности поля с минуса на плюс (Владимирский, Брунс, 1998б);
- получено указание на связь измеряемой величины с состоянием ионосферы (Владимирский, Брунс, 1998а): оказалось, что средняя дисперсия измерений возрастает пропорционально числу внезапных ионосферных возмущений, при этом упомянутая зависимость наблюдается только в дневное время.

Замечательно, что приведенные результаты образуют некоторую общую непротиворечивую картину, несмотря на кардинальные изменения в техническом обеспечении опытов – от любительских

наблюдений Мышкина до современного физического эксперимента Карагиоза-Измайлова. Логический анализ собранных данных позволяет построить физическую картину явления, не прибегая к каким-либо экзотическим предположениям.

3 Качественная теоретическая модель, описывающая влияние космической погоды на крутильный маятник

Интерпретация эффектов космической погоды в поведении крутильного маятника учитывает, конечно, весь корпус эмпирических данных, собранных к настоящему времени, о таком воздействии на вообще физико-химические системы – обзор представлен в работе (Владимирский, Брунс, 2010). Предложенная модель (Владимирский и др., 2003) включает в себя два положения, нуждающихся в разъяснении и обосновании. Во-первых, определяется конкретный физический агент, чьи изменения тесно связаны с вариациями космической погоды. Во-вторых, определяется точка приложения действующего фактора на элемент конструкции прибора.

Что касается первого, то физическая природа действующей причины определяется практически однозначно, это – вариации электромагнитного фона, всегда существующего в среде обитания. Имеет значение диапазон низких-сверхнизких частот – ниже, вероятно, 50 кГц. Эти сверхдлинные радиоволны заперты в сферической полости, образуемой поверхностью планеты и ионосферой. Вариации уровня напряженности поля возникают вследствие воздействия жесткого волнового излучения Солнца (ультрафиолетового и рентгеновского) на ионосферу. Эти вариации, тесно коррелирующие с изменениями чисел Вольфа, конечно, содержат весь спектр космофизических периодов. На частотах ниже “основного тона” ионосферного волновода (8 Гц) обычно преобладают различные виды эмиссии магнитосферы – геомагнитные микропульсации. Поэтому возникает зависимость от индексов магнитной активности, от вариаций параметров межпланетного магнитного поля (в том числе – от границ секторов межпланетного поля). “Сигнал” от Солнца в данном случае переносится солнечным ветром (уместно напомнить, что упомянутые два электромагнитных канала переноса эффектов солнечной активности в среду обитания отличаются: в первом случае “сигнал” появляется на Земле через 8 минут и относится ко всему солнечному диску; во втором – имеет место запаздывание на 1.5–4 суток, а информация о солнечных процессах относится к зональной (гелиоширотной) полосе, откуда в данное время истекает ветер).

Описанные вариации электромагнитного фона воздействуют на самую деликатную деталь прибора – нить подвеса. Чтобы повысить его чувствительность, экспериментаторы обычно выбирают нить предельно малого диаметра и как можно большей длины (понятно, нить находится под некоторым механическим напряжением – иногда очень большим). В рассматриваемой модели предполагается, что внешние изменяющиеся переменные поля воздействуют на упругие параметры скручивания нити (важно отметить, что по магнитному вектору такие поля обладают высокой проникающей способностью). Это последнее предположение покажется, видимо, большинству исследователей если не фантастическим, то совершенно неприемлемым. Между тем в физике твердого тела уже не одно десятилетие существует специальная область исследований, где изучается влияние магнитных полей на упругие свойства немагнитных кристаллов. Обзоры по проблеме “магнитопластичности” легко доступны (например, Головин, 2003).

Физическая суть этого класса явлений – влияние слабых магнитных полей (всегда комбинированных – постоянного и переменного) на динамику дислокаций в кристаллической решетке. Конечно, при этом одновременно в теле изменяются и другие параметры, не только упругие. Воздействие носит частотно-избирательный характер. В новейшей литературе продолжается обсуждение различных подходов к строгому теоретическому описанию всего этого круга явлений (Бучаченко, 2006; Попов, 2011). Разумеется, конкретное предположение о воздействии вариаций фоновых электромагнитных полей низких частот на коэффициент скручивания нити подвеса требует специального экспериментального подтверждения – например, в опыте с помещением маятника в кольца Гельмгольца. Выбор параметров искусственных действующих полей подлежит специальному обсуждению. Опыты с глубоким электромагнитным экранированием также могут быть информативны.

4 Наблюдения над поведением крутильного маятника во время солнечных затмений

Описанная выше теоретическая схема, позволяющая понять влияние космической погоды на поведение торсионного маятника, предсказывает наличие некоторых эффектов также во время солнечных затмений. Дело в том, что изменения в фоновых электромагнитных полях во время таких событий вполне сопоставимы с таковыми при вариациях космической погоды. Давно известно, например, что в полосе затмений регулярные геомагнитные микропульсации Pс3 (это – радиоволны в частотной полосе десятки миллигерц) затухают иногда полностью (Д'Акоста, Перес, 1984; Большакова и др., 1987).

Впервые внимание исследователей было привлечено к аномалиям поведения маятника во время затмений публикацией Алле (Алле, 1957). Однако он работал с маятником особой конструкции: в его приборе движение реализовывалось на шаровой опоре, что обеспечивало дополнительную степень свободы (аналог маятника Фуко). Обнаруженный эффект состоял в изменении во время затмения плоскости качания. В последние годы выяснилось, что эффект Алле плохо воспроизводится.¹ Ситуация остается неясной (Савров, 1997).

Эффект затмения для стандартного крутильного маятника был открыт Саксом и Алленом (Саксл, Аллен, 1971; затмение 7 марта 1970 г.). Их прибор – массивный диск (23.4 кг) на нити из никелевого сплава – был защищен от помех и термостатирован. После первого контакта период колебаний (29^s,6) систематически возрастал, достигнув максимума близ полной фазы, но после затмения к первоначальному значению не вернулся. Цитированные авторы провели некоторые дополнительные исследования, “переоткрыв”, в частности, суточный эффект (Саксл и др., 2011). В последующем целый ряд авторов проводили аналогичные наблюдения с однотипным устройством. Выяснилось, что похожие аномалии во время некоторых затмений определенно обнаруживаются, например, Чжоу и др. (1991). Но есть случаи, когда затменный эффект явно отсутствует (наблюдения затмения 22 июля 1990 г., Куусела, 1991). И причины расхождения между разными авторами, и сама природа явления остаются непонятными (Дуиф, 2004).

Недавно А.Ф. Пугач и др. (2008) в их наблюдении затмения 29 марта 2008 г. применили новый, весьма удачный методический прием: измерения – смещения коромысла маятника – проводились синхронно на нескольких аналогичных маятниках, находившихся в разных помещениях. Впервые, кажется, эффект затмения был продемонстрирован с полной убедительностью. При этом была обнаружена нетривиальная деталь: реакция некоторых маятников в данное время оказалась противоположной по знаку. Такая особенность выглядит странным парадоксом, если приписывать эффект действию какого-нибудь силового поля, влияющего на коромысло. Но все представляется естественным, если влияние распространяется на скручивание нити. В рамках рассматриваемой модели получает непринужденное объяснение плохая воспроизводимость явления:

- параметры скручивания нити подвеса существенно различаются, но в рассматриваемых опытах не контролируются;
- эффект должен сильно зависеть от местного времени наблюдений; если учитывать динамику ионосферной электронной концентрации во время затмений (Ковалев и др., 2009) – именно этот параметр определяет изменения электромагнитного фона – затменный эффект (при данной величине покрытия диска) лучше всего будет замечен около полудня, хуже – утром;
- затменный эффект всегда наблюдается при некотором влиянии на прибор вариаций солнечной активности; возможны ситуации, когда он маскируется (серия гелиогеофизических возмущений перед затмением);
- при прочих равных условиях затменный эффект в маятнике должен зависеть от геомагнитной широты.

¹ Во время затмения 15-го февраля 1961 г. В.В. Беньюх и один из авторов данной статьи (Владимирский) проводили наблюдения над точной копией маятника Алле. Каких-либо аномалий в его поведении не было замечено (не опубликовано).

Все сказанное может иметь отношение к параконическому маятнику Алле. Магнитопластичность – универсальное явление. Поэтому вполне возможно влияние на движение маятника неравномерных микродеформаций шаровой опоры и плоскости, по которой перемещается эта опора.

В последующем Пугач и др. провели также поиск эффектов солнечных затмений в пунктах, расположенных вне затменной полосы (например, Пугач, Оленичи, 2012). В рамках рассматриваемой электромагнитной гипотезы поставленная в этих работах задача кажется, однако, неразрешимой. Ионосфера представляет собой единую глобальную систему. Нанесенная ей затмением “астрооблема” может быть, в принципе, обнаружена и на значительном расстоянии от полосы затмения. Однако все подобные эффекты много слабее таковых в пределах полосы затмения. Здесь немедленно возникает методическая проблема отождествления обнаруженного в наблюдениях явления на фоне больших помех. В космической погоде, влияющей на прибор, все время что-то происходит. Как доказать, что найденный в данный момент эффект причинно связан именно с затмением?

5 Эффект солнечных затмений в других устройствах – гравиметры и резонаторы

Если магнитопластичность, приводящая к микродеформациям при вариациях электромагнитного фона, и в самом деле может служить объяснением затменных эффектов для крутильного маятника, должны, в принципе, наблюдаться еще два типа явлений:

- артефакты при измерении вариаций ускорения силы тяжести на гравиметрах, где регистрирующая система включает какие-нибудь виды пружин. Отнести зафиксированные затменные эффекты к гравитационным явлениям не позволяет их необычайное разнообразие. В некоторых случаях как будто есть определенные изменения ускорения силы тяжести, возможно, привязанные именно к собственно затмению (Ван и др., 2000). Но в другом опыте показания прибора изменялись четко до затмения и после него (Хи Ши Янг, Хуан Шен Ван, 2002). Зафиксирован и эффект совсем экзотический: появление загадочной “горизонтальной силы”, обнаруженной при измерении натяжения латунной ленты (затмение 24 октября 1995 г., Чжоу, 1999). Явление на самом деле наблюдалось в течение недели, связь с затмением кажется проблематичной. Все подобные эффекты, видимо, связаны с вариациями космической погоды. Понятно, что их обоснованное отнесение к действию геофизических электромагнитных полей требует в каждом случае особого анализа;
- ухода частоты различных резонаторов (в частности, кварцевых) вследствие их микродеформаций. Этот затменный эффект был впервые надежно обнаружен, кажется, во время затмения 29 апреля 1976 г. в Москве (Казачок и др., 1977) при сравнении водородного и рубидиевого стандартов частоты. В последующем эффект несколько раз наблюдался независимыми авторами для самых разных стандартов частоты – например, уже цитированными авторами Чжоу и др. (1995). Для четкого обнаружения ухода разностной частоты сравниваемых стандартов необходимо соблюдение сразу нескольких условий (включая ориентацию приборов относительно вектора геомагнитного поля), поэтому не во всех случаях эффект выявляется. Но в целом можно считать явление реально существующим (уже цитированные Пугач и др. еще раз наблюдали этот феномен недавно для затмения 15 января 2010 г., рубидиевый стандарт – частота GPS).

6 Обсуждение

Если принять общий вывод проведенного сравнения – физический агент, влияющий на поведение крутильного маятника во время солнечных затмений, тот же самый, что и ответственный за действие вообще космической погоды в среде обитания – возникает мысль о целесообразности поиска затменных эффектов для всех систем, где действие солнечной активности уже надежно обнаружено. Это, прежде всего, биологические системы.

Предпринимались неоднократные попытки обнаружить во время солнечного затмения изменения физиологических показателей организма человека. Обследовались пациенты клиник, доноры и испытуемые-добровольцы. В некоторых случаях анализировалось большее число показателей сразу у многих людей – как во время затмения 9 марта 1997 года (40 параметров, г. Чита, Мельникова и др., 1997; Ложкина и др., 1997). Во всех подобных публикациях (около десятка затмений, новейший пример – Трофимов и др., 2007) авторы сообщают об обнаружении затменного эффекта. Безоговорочно согласиться с этим выводом трудно из-за непреодоленных методических трудностей. В частности, испытуемые знали (или могли знать) о приближении изучаемого события, что неизбежно вызывало некоторую несознаваемую психическую напряженность – со всеми ее физиологическими последствиями.

Более интересными (и подходящими для сравнения с аномалиями маятников) являются лабораторные наблюдения над динамикой химических (биохимических) реакций. Здесь классическим примером остаются наблюдения М. Такаты (подробно о его опытах и наблюдениях рассказано в книге (Владимирский, Темуриянц, 2000, с. 25–27). Профиль затмения М. Такаты в данном случае уместно вспомнить потому, что он недавно воспроизведен для электропроводности воды (Цетлин и др., 2007, затмение 29 марта 2006 г.). Кроме того, сейчас нет сомнений, что его реакция F (флоккуляция сыворотки крови) контролируется вариациями электромагнитного фона и зависит от ионосферных параметров (в свое время Таката открыл “восходный эффект” – реакцию показателя F на восход Солнца за 7 минут до его астрономического восхода – в это время начинает освещаться ионосфера и “день” начинается для состояния фоновых электромагнитных полей). Работа с (био)химическими тест-реакциями позволяет в полном объеме оценить методическую трудность получения затменного эффекта в “чистом виде” при постоянно изменяющейся космической погоде. “Идеальной” ситуации для регистрации – Солнце затмевается чуть позже местного полудня в минимуме солнечной активности при устойчивой погоде – в литературе не встречалось, кажется, ни разу.

Ярким примером здесь является реализация большой программы измерений, проведенной под руководством С.Э. Шноля для затмения 31 июля 1981 г. (результаты подробно описаны Удальцовой и др., 1987). После весьма трудоемкой обработки материала, собранного при синхронных наблюдениях во многих пунктах, эффект затмения в тест-реакции был найден. Он обнаруживает определенное сходство с профилем, полученным Такатой-Цетлиным. Но свободен ли он полностью от наложения эффектов космической погоды, к которой данная тест-реакция весьма чувствительна?

В общем, эффект солнечных затмений в биологических системах и их биохимических моделях существует. Прямое сравнение столь разнородных данных с наблюдениями над маятниками затруднительно. Но биохимические данные косвенно подтверждают важную роль электромагнитных полей в происхождении самих затменных феноменов.

Многие детали во всей совокупности данных, накопленных при наблюдениях эффектов солнечных затмений в механических, физико-химических и биологических системах остаются непонятными. Например, совершенно загадочным остается отмечаемое некоторыми авторами уменьшение дисперсии измеряемых параметров перед затмением. Неясно даже, связано ли это явление причинно с самим затмением? Нет сомнений, что продолжение исследований всех затменных эффектов весьма актуально.

7 Заключение

Логический анализ различных видов наблюдений, проведенных в связи с вариациями космической погоды и во время солнечных затмений, позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Влияние космической погоды на поведение крутильного маятника установлено с полной определенностью; непосредственно действующим на прибор физическим агентом является тот же самый фактор, который объясняет воздействие космической погоды на другие физико-химические системы и в биофизике: вариации фоновых низкочастотных электромагнитных полей; влияние

этих полей на движение маятника реализуется через воздействие на упругие параметры скручивания нити подвеса.

2. Аномалии в поведении крутильного маятника во время солнечных затмений – несомненно, реальное явление; оно может быть истолковано в рамках теоретической схемы, объясняющей влияние на маятник космической погоды: в полосе затмения ионосфера на короткое время переходит на ночной режим; синхронно изменяются параметры электромагнитного фона; эти амплитудно-спектральные вариации окружающих электромагнитных полей низких частот влияют на упругие параметры скручивания нити подвеса вследствие эффекта магнитопластичности.

Авторы признательны анонимному рецензенту за полезные замечания и библиографические указания.

Литература

- Алле (Allais M.F.) // *Compt. Rend. Acad. Sc. (Paris)*. 1957. Т. 245. Р. 2001.
- Бауров, Малов (Baurov Yu.A., Malov I.F.) // *International Journal of Pure and Applied Physics*. 2010. V. 6. № 4. Р. 469.
- Большакова О.В., Куражковская Н.А., Троицкая В.А. // *Геомагнетизм и аэрономия*. 1987. Т. 27. № 1. С. 122.
- Брунс А.В., Владимирский Б.М. // 9-я Международная крымская конференция “Космос и биосфера”. Тезисы. Алушта. 2011. С. 114.
- Брунс А.В., Владимирский Б.М. // *Год астрономии: солнечно-земная физика*. 2009. СПб. Пулков. 2009. С. 85.
- Бучаченко А.Л. // *ЖЭТФ*. 2006. Т. 129. № 5. С. 909.
- Ван и др. (Wang Q. et al.) // *Phys. Rev. D*. 2000. V. 62. 041101.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // *Биофизика*. 1998б. Т. 43. № 4. С. 720.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // *Биофизические процессы и биосфера*. 2010. Т. 9. № 1. С. 34.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // *Геомагнетизм и аэрономия*. 1998а. Т. 38. № 2. С. 94.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В., Измайлов В.П. // *Измерительная техника*. 2003. № 11. С. 7.
- Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А. // *Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу*. М.: МНЭПУ. 2000.
- Головин Ю.И. // *Магнитопластичность твердых тел*. М.: Издательство машиностроение-1. 2003.
- Д’Акоста А., Перес Х. // *Геомагнетизм и аэрономия*. 1984. Т. 24. № 4. С. 658.
- Дуиф (Duif C.P.) // *A review of conventional explanations of anomalous observations during solar eclipses*, arXiv: gr-gc/0408023v2. 2004.
- Измайлов В.П., Карагиоз О.В., Пархомов А.Г. // *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов*. Т. 2. М.: Научный мир. 1998. С. 163.
- Казачок В.С., Хаврошкин О.Б., Циплаков В.В. // *Астрон. циркуляр*. 1977. № 943.
- Калинин М.И., Колесников С.М., Колесникова Е.М. и др. // *Астрон. циркуляр*. 26.07.74. № 821.
- Карагиоз О.П., Измайлов В.П. // *Измерительная техника*. 1996. № 10. С. 3.
- Ковалев А.А., Колесник А.Г., Колесник С.А. и др. // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2009. Т. 49. № 4. С. 500.
- Колесников С.М., Колесникова Е.М., Маслов Е.М. и др. // *Астрон. циркуляр*. 15.03.1973А. № 763.
- Колесников С.М., Колесникова Е.М., Маслов Е.М., Ставский А.К. // *Проблема теории гравитации и элементарных частиц*, М.: Атомиздат. 1974. С. 192.
- Колесникова Е.М., Колесников С.М. // *Астрон. циркуляр*. 27.09.78. № 1007.
- Колесникова Е.М., Колесников С.М. // *Проблемы теории гравитации и элементарных частиц*. Вып. 6. М.: Атомиздат. 1975. С. 160.
- Колесникова Е.М., Колесников С.М. // *Проблемы теории гравитации и элементарных частиц*. Вып. 8. М.: Атомиздат. 1977. С. 201.
- Куусела (Kuusela T.) // *Phys. Rev. D*. 1991. V. 43. № 6. Р. 2041.

- Ложкина А.Н., Лутцева М.А., Черепанова Т.А. и др. // Экологозависимые заболевания, тезисы докладов на всеросс. конф. Чита. 1997. С. 163.
- Мельникова С.Л., Агеева Н.А., Матвеева Н.Е. и др. // Экологозависимые заболевания, тезисы докладов на всеросс. конф. Чита. 1997. С. 36.
- Мышкин Н.П. // Журнал русского физического общества. 1906. Т. 38. Вып. 3. С. 149.
- Пархомов (Parkhomov A.G.) // Gravitation and Cosmology. 2009. V. 15. № 2. P. 174.
- Понтикис (Pontikis M.C.) // Compt. Rend. Acad. Sc. Paris. 1972. V. 274. Ser. B. P. 437.
- Попов И.В. // Принципы физики слабых воздействий на конденсированные среды. Спб. Изд. политехнического университета. 2011.
- Пугач А.Ф., Медведский М.М., Перетятко Н.Н. и др. // Кинем. и физ. небесн. тел. 2008. Т. 24. № 5. С. 401.
- Пугач, Оленичи (Pugach A.F., Olenici D.) // Advances in Astronomy. 2012. art. ID 263 818.
- Савров Л.Е. // Измерительная техника. 1997. № 6. С. 8.
- Саксл и др. (Saxl E. et al.) // "Should the laws of gravitation be reconsidered?" Apeiron. Montreal. 2011.
- Саксл, Аллен (Saxl E., Allen M.) // Phys. Rev. 1971. V. 3D. № 4. P. 823.
- Старрок и др. (Sturrock P.A., Fischbach E., Jenkins J.H.) // Solar Phys. 2011. V. 272. № 1. P. 1.
- Степанюк И.А., Черняк Е.Н. // Создание и использование мультидисциплинарных баз данных. СПб. РГГУ. 2005. С. 65.
- Стефенсон (Stephenson L.M.) // Proc. Phys. Soc. London. 1967. V. 90. Part. 3. № 569. P. 601.
- Трофимов А.В., Поляков В.Я., Севастьянова Е.В. и др. // 7-я Международная крымская конференция "Космос и биосфера". Судак. Крым. 2007. С. 90.
- Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Шноль С.Э. // Возможная космофизическая обусловленность макрокосмических флуктуаций в процессах разной природы. Пущино. 1987. С. 24.
- Фишбах и др. (Fischbach E. et al.) // Space Sci. Rev. 2009. V. 145. № 3. P. 285.
- Хи-Ши Янг, Хуан-Шен Ван (Xin-She Yang, Qian-Shen Wang) // Astrophys. Space Sci. 2002. V. 282. P. 245.
- Цетлин В.В., Артамонов А.А., Бондаренко В.А., Федотова И.В. // 7-я Международная крымская конференция "Космос и биосфера". Судак. Крым. 2007. С. 206.
- Чжоу и др. (Zhou S.W., Huang B.J., Ren Z.M.) // Nuovo Cim. 1995. V. 18C. № 2. P. 223.
- Чжоу (Zhou S.W.) // 21-st century Science and Technology. Fall 1999. P. 56.
- Чжоу и др. (Zhou L. et al.) // Phys. Rev. D. 1991. V. 44. № 8. P. 2611.