

УДК 523.9

Солнце, космическая осцилляция и нелокальность

В.А. Котов

Научно-исследовательский институт "Крымская астрофизическая обсерватория", п. Научный, Крым 98409
e-mail: vkotov@srao.crimea.ua

Поступила в редакцию 23 ноября 2005 г.

Аннотация. В 1974–1982 гг. у Солнца наблюдались глобальные пульсации фотосферы с периодом 160.0101(15) мин; природа явления не установлена. Вскоре такой же, в пределах ошибки, период был обнаружен и в вариациях светимости некоторых внегалактических объектов. Нами проанализированы по новой методике все доступные наблюдения 1968–2000 гг. о быстрой, в течение ночи, переменности ядер сейфертовских галактик NGC 3516 и NGC 4151 и квазара 3C 273. Данные показали присутствие периода $P_0 = 160.0105(5)$ мин, в пределах ошибки совпадающего с периодом Солнца; значимость эффекта 4σ (99.99%). Обсуждается возможная природа нового, "причудливого", астрофизического явления. Независимость периода от красного смещения z трактуется как следствие нелокальности фотонов. Сама же периодичность P_0 , с рядом ее peculiarных свойств, – как "когерентная космическая осцилляция". Предполагается, что "универсальность" осцилляции связана с квантовой нелокальностью фотонов и вещества во Вселенной. Феномен может дать новый ключ к разгадке старой тайны фундаментальной физики – принципа Маха.

THE SUN, THE COSMIC OSCILLATION AND NONLOCALITY, *by V. A. Kotov.* In 1974–1982, the solar photosphere was observed pulsating globally with a period of 160.0101(15) min; the nature of the phenomenon is not yet known. But very soon the same, within the error limits, period was found also in luminosity fluctuations of some extragalactic objects. We analysed – by new methodology – all available observations 1968–2000 on rapid, intranight, variability of the nuclei of Seyfert galaxies NGC 3516 and NGC 4151 and quasar 3C 273. The data showed the presence of statistically significant, at about 4σ (99.99%) C.L., period $P_0 = 160.0105(5)$ min fairly well coinciding, within the error limits, with the Sun's period. The plausible origin of the new, "quaint", astrophysical phenomenon is discussed. The independence of the period on redshift z is explained by nonlocality of photons. The P_0 periodicity itself, with its peculiar properties, is treated as a "coherent cosmic oscillation". It is supposed that the "universal" character of the oscillation is caused by quantum nonlocality of photons and matter of the Universe. The phenomenon can give a new key to resolution of the old mystery of fundamental physics – Mach's principle.

Ключевые слова: Солнце, активные ядра галактик, пульсация, космология

1 Введение

До сих пор не выяснена природа фотона как материального носителя лучистой энергии, а потому и не осуществлена мечта Эйнштейна – понять, что же такое фотон. В последнее десятилетие, однако, интенсивно развиваются работы по квантовой оптике, вызванные парадоксом Эйнштейна–Подольского–Розена и теоремой Белла и направленные на установление природы фотона. И это уже привело к новым взглядам и ощущениям в современной квантовой физике; см., например, Белинский (1997): "Фотон является фотоном, лишь если это – зарегистрированный фотон".

В современной физике микромира доказаны новые, удивительные с точки зрения стандартного подхода, закономерности и явления. Имеем в виду, в частности, "сцепление", "запутывание", entanglement, неразличимость или *нелокальность* фотонов: между сравнительно удаленными и не взаимодействующими в данное время частицами имеет место сильная корреляция. Как раз в это не мог поверить Эйнштейн. Он полагал, что "квантово-механическое дальнее действие" – парадокс, которому не место в истинной физической теории; сам же парадокс, по его мнению, обусловлен "субквантовым" миром скрытых параметров.

Однако согласно новейшим результатам теоретиков и экспериментаторов, приемный тракт действительно *влияет* на формирование светового поля, что опровергает теорию скрытых параметров. Отсюда также вытекает, что "...эксперимент представляет собой естественное и фундаментальное состояние квантовой материи" (Попов, 2003), что делает в определенной степени неразрывными объект (источник), эксперимент и наблюдателя. По выражению Попова, некоторые "характеристики квантовых частиц не могут существовать без экспериментатора".

По мнению Белинского (1997), например, волновой путь возникает между *конкретным* источником и *конкретным* детектором, т.е. свет не направляется просто, безадресно, в окружающее пространство: фотон заранее как бы "знает" свой приемник. Такой вот "тяжелый рок" у фотона... Лабораторные эксперименты доказали также, что "...невозможно найти такую 'локальную реальность' в квантовой физике, которая была бы независима от сознания физика-наблюдателя" (Попов, 2003). И это открывает новую, иррациональную сторону современной квантовой физики. Кратко ее можно выразить словами Попова: "...эволюция научного знания подходит поразительно близко к *идеалистической картине природы*".

Не встречаем ли мы нечто подобное в макромире, т.е. при изучении больших масштабов и больших масс? Как раз с такими объектами имеет дело, конечно, астрофизика. Не найдены ли здесь необъяснимые – с точки зрения "здорового" смысла – сущности, странности и парадоксы?

2 Космос и пульсации Солнца

Одно из таких "загадочных" потенциальных явлений, казалось бы, – сверхсветовые скорости у некоторых далеких радиоизлучающих объектов. Но там найдено решение в рамках стандартной астрофизики, с корректным учетом геометрии и фазовой скорости расширяющихся радиозон. ("Сверхсветовое" явление – ускоренное расширение оболочек, или "световое эхо", – наблюдается и при взрывах некоторых сверхновых.)

Еще одно интригующее явление – ускоренное обращение звездного населения части спиральных галактик, а также слишком быстрое движение галактик в некоторых скоплениях. Обычного барионного, или "светящегося", вещества недостает, чтобы объяснить наблюдаемые скорости, и потребовалось привлечь экстравагантную гипотезу о наличии во Вселенной "скрытого" вещества, или "темной" материи, и даже "темной" энергии... (Сейчас считается, что Вселенная "поделена" на следующие доли: 4% – нормальное барионное вещество, 23% – небарионная, или "темная", материя и 73% – т.н. "темная энергия", якобы ускоряющая расширение Вселенной, но природа которой остается за семью замками.)

Следующий парадокс связан с изотропией микроволнового излучения/фона Вселенной. Шепелев (2005), например, акцентировал недавно внимание на весьма "курьезную", по его выражению, ситуацию с этим фоном (слабая, $\sim 10^{-6}$, анизотропия фона, измеренная в некоторых

направлениях, не принимается в расчет): макроскопическое движение относительно изотропного фона формально воскрешает *геоцентрическую космологию Аристотеля...*

А именно: как указывает Шепелев, эффекты светового давления, обусловленные изотропным фоном, приводят к трем выводам, подтверждающим аристотелевы воззрения, – какими бы "дикими" они не воспринимались сейчас, в начале 21-го века, столетие спустя после создания специальной теории относительности, СТО:

- (а) существует "абсолютная" система отсчета,
- (б) возможно неограниченное движение тела благодаря собственным, внутренним силам,
- (в) при отсутствии внутренних и внешних сил движение тела относительно абсолютной системы отсчета со временем само собой прекращается (благодаря т.н. "фоновому торможению").

Очевидно, что нужны новые идеи, широта мышления и кропотливые теоретические изыскания, вместе с новыми наблюдательными фактами, чтобы выпутаться из возникшей сложной ситуации и попытаться примирить *a*, *b* и *в* с принципом относительности и лоренц-инвариантностью. Пока же мы присоединимся к Шепелеву: "Но, возможно, это большее, чем курьез?"...

А вот – другое явление, открытое более 30 лет назад и не понятое до сих пор: пульсации Солнца с периодом 160 мин. (Период оказался поразительно близким к 9-й гармонике среднесолнечных суток, и это часто подчеркивают оппоненты, неустанно "борясь" с солнечным происхождением явления.)

Немного истории. Впервые гипотеза о существовании 160-минутных пульсаций Солнца и ее важной роли в Солнечной системе была высказана Савэнном (1946) около 60 лет назад, т.е. задолго до фактического открытия – в 1974 г. – пульсаций нашей звезды. А именно: в 1946 г. Савэн писал: "...период собственных вибраций Солнца, т.н. период его инфразвука (1/9 суток), играет существенную роль в распределении внешних планет". Сейчас представляется невозможным установить строго аргументы, на которых Савэн строил свою интуитивную догадку. Но, судя по тексту статьи 1946 г., догадка являлась плодом размышлений автора о фундаментальной скорости *c*, резонансах в Солнечной системе и расстояниях от Солнца до внешних планет.

В 1974 г., с целью регистрации глобальных колебаний Солнца как целого, были начаты – почти одновременно в Бирмингэме и Крыму – измерения временных вариаций лучевой скорости фотосферы Солнца как звезды (Брукс и др., 1976; Северный и др., 1976). В итоге были открыты 160-минутные пульсации, подтвержденные затем независимыми измерениями Шеррера и Уилкокка (1983) в Стэнфорде. Наиболее точное значение периода, в минутах, по измерениям 1974–1982 гг. в Крыму и Стэнфорде равно

$$P_{\odot} = 160.0101(15), \quad (1)$$

где в скобках указана стандартная ошибка последних значащих цифр (Котов и др., 2000).

На рис. 1 приводим спектр мощности колебаний Солнца по данным Крымской астрофизической обсерватории, КраАО, за 1974–1982 гг. Самый мощный пик отвечает периоду P_{\odot} . Он сопровождается двумя годовыми сателлитами, вызванными главным образом практическим отсутствием измерений в зимнее время.

Теория внутреннего строения звезд и гелиосейсмология не в состоянии объяснить явление. Его загадочность стимулировала астрономов искать присутствие P_{\odot} -периодичности среди других астрофизических объектов или процессов (см., например, Гоф, 1983; Деляш, 1983; Котов, Кучми, 1985). И в 80-х годах прошлого века периодичность $\approx P_{\odot}$ была обнаружена; а именно, в вариациях блеска некоторых внегалактических объектов – активных ядер галактик (АЯГ; см. Котов, Лютый, 1988). Самым неожиданным и *странным* оказалась независимость периода от красного смещения *z*.

3 Три внегалактических объекта

С наиболее высоким уровнем статистической значимости, примерно 3σ , периодичность P_{\odot} была обнаружена Котовым и Лютым (2003) у трех АЯГ: ядер сейфертовских галактик NGC 3516 и NGC 4151 и квазара 3C 273. В свое время именно для них были получены – в основном В.М. Лютым

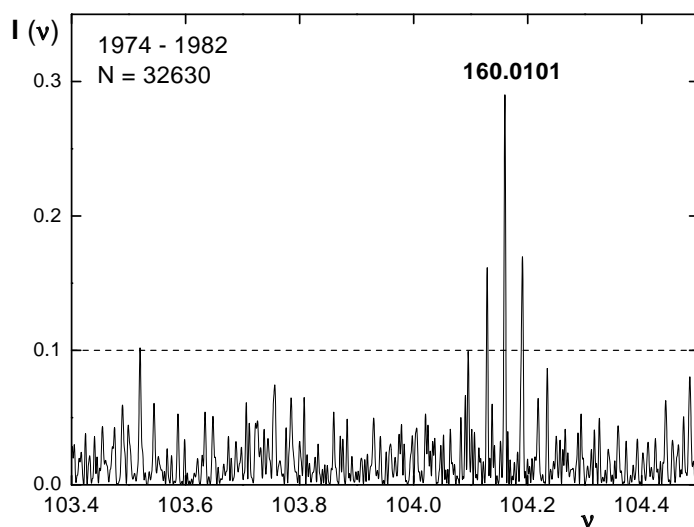


Рис. 1. Спектр мощности пульсаций Солнца по данным КраО за 1974–1982 гг. ($N = 32630$ – число измерений эффекта Доплера с 5-минутным интегрированием). Пунктирной линией показан уровень значимости 3σ ; по вертикали – мощность $I(\nu)$ в произвольных единицах, по горизонтали – частота ν в мГц (то же на рис. 2).

– наиболее длительные ряды наблюдений, начиная с 1968 г. Главное то, что измерения блеска этих трех объектов более или менее равномерно покрывали многолетние временные интервалы (конечно, с громадным числом пробелов). И это в значительной мере подавило влияние суточной скважности, посторонних трендов и шумов.

В рассматриваемых ниже данных о быстрой переменности АЯГ время измерений блеска приведено к Солнцу, причем каждое измерение формально отнесено к конкретному 5-минутному временному интервалу. Инвариантность периода P_{\odot} по отношению к положению Земли на орбите, недавно установленную для NGC 4151 (Котов и др., 2003), здесь не учитываем: она может лишь незначительно повлиять на основной результат. Спектры мощности, СМ, вычислялись посредством прямого фурье-преобразования.

(а) *NGC 3516*

Наиболее полно наблюдения ядра NGC 3516, а также методика обработки данных изложены Котовым и Лютым (2003). Измерения блеска относительно стандартных звезд выполнены разными наблюдателями в фильтрах U, B и V. Остатки "измерение минус тренд" нормированы: по среднеквадратичному отклонению, S , массивы B- и V-измерений приведены к U-ряду. В итоге получена единая временная последовательность 1968–1993 гг. в шкале U-величин, с полным числом остатков $N = 382$ и $S = 0.021$ зв.вел.

(б) *NGC 4151*

Для этого объекта получен ряд с наибольшим числом остатков, включая рентгеновские, X, измерения спутников. Сведения о всех данных NGC 4151, относящихся к 1968–1997 гг., изложены Котовым и Лютым (2003); полное число нормированных X-U-V-остатков $N = 4744$.

Котовым и др. (2005) было показано, однако, что по быстрой, в течение ночи, переменности ядро NGC 4151 характеризуется двумя состояниями: активным, с существенной переменностью (безотносительно к какой-либо периодичности), и спокойным, без переменности. Здесь нами рассматривается только активный нормированный ряд 1968–1996 гг., состоящий из 2407 остатков

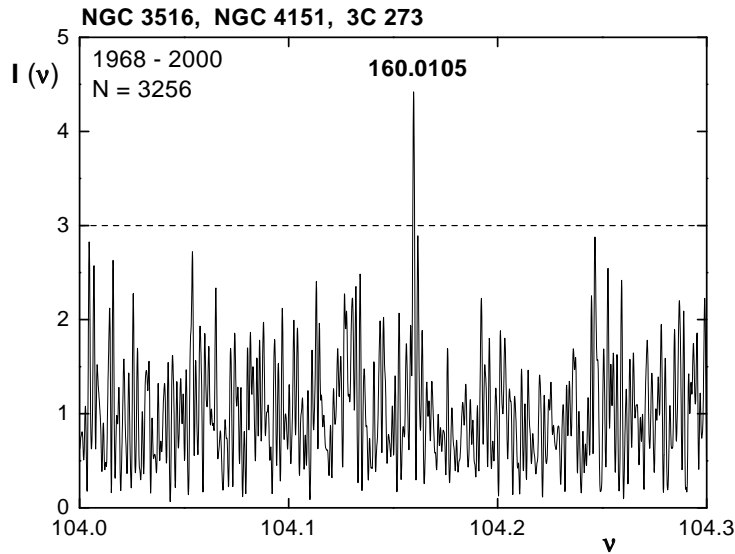


Рис. 2. Средний спектр мощности флуктуаций блеска ядер галактик NGC 3516 и NGC 4151 и квазара 3C 273 по данным наблюдений 1968–2000 гг. (суммарное число измерений блеска $N = 3256$). Пунктирная линия соответствует уровню априорной значимости 3σ , шаг по частоте 0.1 нГц. Главный пик отвечает периоду $P_0 = 160.0105(5)$ мин.

со стандартным отклонением $S = 0.058$ в шкале U-величин.

(е) 3C 273

Предыдущие данные о квазаре 3C 273 получены в 1968–1990 гг. и относятся к фильтрам X, B и K; число остатков 407 (см. Котов, Лютый, 2003).

5 апреля 2000 г. Даи и др. (2001) наблюдали 3C 273 в течение 2.6 ч в фильтре B. Сняв линейный тренд, мы получили по этим данным массив остатков: $N = 35$, $S = 0.055$ зв.вел.

Другие измерения, ранее нами не рассматривавшиеся, выполнены Анжине (1971) 24 мая 1968г. на протяжении 2.2 ч. После усреднения в 5-минутных интервалах и удаления линейного тренда нами получен массив B-остатков: $N = 25$, $S = 0.005$ зв.вел.

Мы прибавили 60 новых B-остатков к уже анализировавшимся данным (Котов, Лютый, 2003). В итоге, приведя X-K-остатки к стандартному отклонению B-остатков, получили общий нормированный массив 3C 273 в шкале B-величин: 1968–2000 гг., $N = 467$, $S = 0.037$ зв.вел.

4 Средний спектр мощности

Для каждого из трех АЯГ был вычислен СМ в области 9-й суточной гармоники. Затем каждый из трех спектров нормировался на собственный средний уровень, и три нормированных спектра были усреднены. Результат показан на рис. 2, где видим доминирование одного, уникального по относительной мощности, пика с периодом (в минутах)

$$P_0 = 160.0105(5). \quad (2)$$

Он в пределах ошибки совпадает с "солнечным" периодом P_{\odot} , а значимость пика, определенная по критерию Скаргля (1982), составляет примерно 4σ (99.99%).

Средние гармонические амплитуды, A , колебания в фильтрах U или B следующие: NGC 3516 – 0.0048 зв.вел., NGC 4151 в активном состоянии – 0.0065 зв.вел., 3C 273 – 0.0097 зв.вел. В среднем у

трех объектов $A \approx 0.007$ зв.вел. Приводим также гармонические фазы, φ , максимумов блеска для периода P_0 : φ (NGC 4151) = 0.48(4), φ (NGC 3516) = 0.07(4), φ (3C 273) = 0.12(5). Нулевая фаза всюду соответствует моменту 0 UT, 1 января 1974 г.

5 Обсуждение P_0 -парадокса

Поразительное совпадение периодов пульсаций Солнца и трех далеких внегалактических объектов требует объяснения. В наличии *парадокс*: период не зависит от скорости удаления объекта (?). Это уже обсуждалось Котовым и Лютым (1988), которые привели аргументы в пользу *космологического* истолкования феномена. Здесь мы снова возвращаемся к проблеме инвариантности и "повсеместности" P_0 -осцилляции в связи с (а) увеличением статистической значимости эффекта по сравнению с предыдущими исследованиями, см. рис. 2, – и (б) теоретическими и экспериментальными успехами квантовой оптики, и особенно – с интригующими попытками интерпретации квантовых парадоксов (п. 1).

Для NGC 4151, например, $z = 0.0033$, для квазара $z = 0.158$. Предположим, что в сопутствующих системах координат источники пульсируют с периодом P_0 . Из-за эффекта Доплера, согласно СТО, регистрируемые периоды должны быть

$$P' = (1 + z) \times P_0, \quad (3)$$

что дает 160.5 мин для NGC 4151 и 185.3 мин для квазара. На Земле, таким образом, никаких колебаний с периодом P_0 у этих объектов не должно наблюдаться. А они регистрируются, и именно с "солнечным" периодом P_0 . Не менее странно и то, что фаза P_0 -колебания оказывается *инвариантной* по отношению к орбитальному движению Земли (Котов и др., 2003).

P_0 -колебание АЯГ заставляет по-новому, критически, посмотреть и на эффект замедления времени, предсказываемый СТО и выражаемый через фактор замедления

$$\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}, \quad (4)$$

где v – скорость удаления источника. Для квазара, например, $\gamma = 1.0127$, что должно изменить период колебания почти на 1.3% в дополнение к обычному эффекту Доплера. Такое изменение у колебания P_0 отсутствует.

Отметим и другие "магические" особенности универсального P_0 -колебания (Котов, 2005):

(а) – осевое вращение самых крупных и быстрых ротаторов Солнечной системы (шесть быстро вращающихся планет и большие астероиды) статистически находится в квази-резонансе, или целочисленной соизмеримости, с периодом P_0 ;

(б) – размеры планетных орбит "подстроены" под длину волны $L = c \times P_0$;

(в) – звезды типа Дельта Щита стремятся пульсировать, тоже статистически, в среднем, с периодами, кратными P_0 .

Не просматривается никакой возможности объяснить такое " P_0 -чудо" в рамках "здорового" астрофизического смысла. Но здесь сможет, по-видимому, выручить логическое сходство *когерентной космической осцилляции* (терминология Санше, 2004) с некоторыми квантово-механическими явлениями, – с теми, которые сейчас доказаны лабораторными опытами для света и элементарных частиц. А они сделали квантовую механику и, в частности, фотоны весьма странными. "Странность" же заключается в том, что, как отмечают сейчас многие физики, квантовой механике и свету стала присуща иррациональность, или "мистическая аура". И это – главная проблема современной квантовой механики, приводящая к таким понятиям, как теория скрытых переменных, разум наблюдателя и множественность миров (Попов, 2003).

Как известно, *измерение* предопределяет взаимодействие объекта и инструмента, так что вместе со световым трактом они представляют собой как бы единую, составную, систему. Поэтому в современной интерпретации квантовой механики утверждается, что такие физические величины, как, например, положение или спин электрона, или поляризация фотона, не имеют реальности до тех пор, пока не сделано их измерение; согласно Бору, они зависят от применяемых

приборов. Эйнштейн же в свое время настаивал, что неизмеренные величины должны обладать определенными, "предсуществующими", состояниями, несмотря на то, что до измерения мы можем не знать, какие именно эти состояния. Эйнштейн следовал "здравому" смыслу, и до сих пор часть физиков этого взгляда придерживается (теория скрытых параметров). Но сейчас опытным путем доказана правота Бора, вместе с реальностью такого "причудливого" понятия как *квантовое дальноедействие*. По образному выражению Кадомцева (2003), "...дальноедействие и случайность, несмотря на кажущуюся парадоксальность, являются наиболее фундаментальными свойствами окружающего нас мира".

По Кадомцеву, классический мир (у нас мир астрофизических объектов) постоянно находится в состоянии обмена с внешним миром (со всей Вселенной по Маху), и не только обменом энтропией и энергией, но и *квантовой информацией*. По-видимому, эта информация, в частности, о колебаниях, переменности излучения, вращении, все время передается объектам путем квантового дальногодействия или нелокальных связей. Это – вопрос реальности, возможности квантово-корреляционной связи во время релаксации квантовых систем. И этот вопрос, по мнению Кадомцева (и нашему), можно решить только опытным путем и статистически, поскольку теория не дает однозначного ответа. И здесь снова согласимся с Кадомцевым: "У природы ... нет полного детерминизма, она не работает ни по квантовой механике, ни по классической механике, внутри нее запрятаны случайные процессы."

Попытка объяснить неравенства Белла для нескольких наблюдателей привела, например, Белинского (1997) к выводу, что между источником и детектором, на фоне т.н. "вакуумных флуктуаций", одновременно присутствуют встречные бегущие волны. Они имеют ненулевую амплитуду и существуют в вакууме *до момента излучения фотона*. Этим осуществляется предварительная синхронизация атомов источника и детектора, определяя в будущем судьбу фотона. В этом Белинский видит самосогласованный подход, обещающий привести к разрешению парадоксов Белла и постижению природы фотона.

Нам же здесь видится также своеобразная форма постулата "квантового дальногодействия". И он не несет, на наш взгляд, никакой научной "ереси" в связи с современными квантовыми откровениями природы. А она устроена так, что, с одной стороны, фотон достигает атома детектора как бы "мгновенно" (квантово-механическое дальноедействие: фотон существует вне времени); с другой же стороны – он "летит" в пространстве со скоростью света. Это – дуализм природы, отвечающий отсутствию локальных "элементов физической реальности". Он же сродни и пресловутому дуализму фотона (частица – волна) и уходит корнями в сокровенные тайны пространства/времени/материи... Такой вездесущий дуализм, по-видимому, и есть ключевой, принципиальный момент в понимании законов Вселенной, обещающий нам очередной выигрыш на "квантово-механическом поле". Аналогичная трактовка применима, наверное, и к принципу Маха: "инерция обусловлена взаимным влиянием материи"... (Здесь уместно процитировать Краппа, 2003, объявившего недавно любителям астрономии: "Маги были всегда в ладу с космическими силами.")

6 Заключение

Отсутствие эффекта Доплера и фазовую инвариантность, присущие P_0 -колебанию, следует отнести, по нашему мнению, на счет квантового "дальногодействия" фотонов, проявляющегося при измерениях светового потока от АЯГ. Само же "дальноедействие" в световом тракте АЯГ осуществляется, и нами регистрируется, благодаря огромным массам и громадным излучаемым световым потокам компактных внегалактических объектов. Более того, как следует из квантовой нелокальности, в определенной мере неразрывна цепь "источник–тракт–приемник–наблюдатель". Правомерно поэтому считать, что активные процессы в АЯГ (пульсация, быстрое изменение светимости и, возможно, вариации, связанные с вращением) механизмом "квантового дальногодействия" передаются *непосредственно* фотонам, которые мы регистрируем. Само же измерение, или, по квантово-механической терминологии, действие "проекторного аппарата" стягивает всю огромную волновую функцию фотона в точечный объект; при этом сохраняется часть информации о состоянии источника в данный момент.

Продолжая гипотезу, можно предположить также, что сходный механизм, но уже в форме гравитационного взаимодействия, способен обеспечивать и действие во Вселенной принципа Маха, призванного объяснить нам когда-нибудь природу сил инерции и гравитации. И далее: в проблеме P_0 -парадокса мы сталкиваемся, по-видимому, с проявлением *волновых свойств материи* на макроскопическом уровне, или даже, конкретнее, – с *квантовой нелокальностью материи* (?)..

Согласно гипотезе Котова и Лютого (1988), "универсальное" P_0 -колебание отражает новое физическое свойство пространства/времени/материи. Сам же период определяется фундаментальными физическими константами (в общепринятых обозначениях; период – в минутах):

$$P_0 \approx \tau_0 \times A_0^{-1/2} \approx 160, \quad (5)$$

где $\tau_0 = \hbar^3/m_e e^4 = 2.419 \times 10^{-17}$ с – период первой борховской орбиты, деленный на 2π , а величина $A_0 = 2Gm_e m_p/\hbar c = 6.429 \times 10^{-42}$ – безразмерная константа, характеризующая гравитационное взаимодействие электрона и протона и аналогичная постоянной тонкой структуры $\alpha = e^2/\hbar c \approx 1/137$. (Более точное значение периода 158.995 мин. Введя же поправочный коэффициент, близкий к единице, можно получить и более близкое к P_0 значение: $(1 + \alpha) \times \tau_0 A_0^{-1/2} = 160.155$ мин.) Выражение (5) легко интерпретируется как период "маятника", состоящего из электрона в поле тяжести протона. И поскольку водород – наиболее обильный элемент во Вселенной, мы и детектируем P_0 -колебания Солнца и некоторых АЯГ...

"Квантовое дальнее действие", по-видимому, открывает путь для понимания и P_0 -синхронизации вращения больших и малых планет (п. 5), поскольку планетный спин по сути – аналог спина фундаментальной частицы. Природу космического вращения трудно отделить от "вращения природы"...

Автор признателен С. В. Котову и В. И. Ханейчуку за составление вычислительных программ, а также В. М. Лютому и Ф. М. Санше за плодотворное обсуждение проблемы "когерентной космической осцилляции".

Литература

- Анжионе (Angione R.J.) // Astron. J. 1971. V. 76. P. 25.
 Белинский А.В. // Успехи физ. наук. 1997. Т. 167. С. 323.
 Брукс и др. (Brookes J.R., Isaak G.R., van der Raay H.B.) // Nature. 1976. V. 259. P. 92.
 Гоф (Gough D.) // Phys. Bull. 1983. V. 34. P. 502.
 Даи и др. (Dai B.Z., Xie G.Z., Li K.H., Zhou S.B., Liu W.W., Jiang Z.J.) // Astron. J. 2001. V. 122. P. 2901.
 Деляш (Delache P.) // Astron. Francaise. 1983. V. 19. P. 13.
 Кадомцев Б.Б. // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173. С. 1221.
 Котов В.А. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 2005. Т. 101 (в печати).
 Котов В.А., Кучми С. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 1985. Т. 72. С. 199.
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 1988. Т. 78. С. 89.
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 2003. Т. 99. С. 65.
 Котов В.А., Лютый В.М., Меркулова Н.И. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 2005. Т. 101 (в печати).
 Котов В.А., Лютый В.М., Ханейчук В.И. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 2003. Т. 99. С. 77.
 Котов В.А., Ханейчук В.И., Цап Т.Т. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 2000. Т. 96. С. 188.
 Крапп (Krapp E.C.) // Sky and Telescope. 2003. V. 106. P. 78.
 Попов М.А. // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173. С. 1382.
 Савэн (Sevin E.) // Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. 1946. V. 222. P. 220.
 Санше (Sanchez F.M.) // Private communication. 2004.
 Северный и др. (Severny A.B., Kotov V.A., Tsap T.T.) // Nature. 1976. V. 259. P. 87.
 Скаргл (Scargle J.D.) // Astrophys. J. 1982. V. 263. P. 835.
 Шепелев А.В. // Успехи физ. наук. 2005. Т. 175. С. 105.
 Шеррер, Уилкоккс (Scherrer P.H., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1983. V. 82. P. 37.