

УДК 524.7

Солнце, космическая вибрация и ядро галактики NGC 4151

В.А. Котов¹, В.М. Лютый²

¹Научно-исследовательский институт "Крымская астрофизическая обсерватория", 98409, Украина, Крым, пос. Научный

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 119899

Поступила в редакцию 4 мая 2006 г.

Аннотация. В 1994–2005 гг. в Крымской лаборатории ГАИШ (Московский университет) выполнены многочисленные U - и V -измерения блеска ядра сейфертовской галактики NGC 4151. Их добавление к предыдущим данным за 1968–1997 гг. привело к существенному росту значимости колебаний блеска с устойчивым периодом $P_G = 160.0108(7)$ мин и средней амплитудой 0.007 U -вел. (в "активном" состоянии ядра). Период NGC 4151 согласуется с периодом 160.0101(15) мин, обнаруженным ранее в колебаниях Солнца, и трактуется как период "когерентной космической осцилляции", не зависящий от красного смещения z . Или как период свободных "космических вибраций" атома водорода – основного элемента Вселенной. Период и начальная фаза осцилляции P_G неизменны на протяжении 38 лет наблюдений NGC 4151. Новый астрофизический феномен тесно связан, по-видимому, с квантовой нелокальностью фотонов и представляет особый интерес для физики и космологии.

THE SUN, THE COSMIC VIBRATION AND THE NUCLEUS OF THE NGC 4151 GALAXY, by V.A. Kotov, V.M. Lyuty. A number of U - and V -measurements of the luminosity of the Seyfert galaxy NGC 4151 nucleus were performed in 1994–2005 at the Crimean Laboratory of the SSAI (Moscow University). Their addition to the previous data 1968–1997 resulted in a substantial increase of C.L. of the NGC 4151 luminosity variations with a period $P_G = 160.0108(7)$ min and average amplitude 0.007 U -mag (in the "active" state of the nucleus). The NGC 4151 period agrees well with the period 160.0101(15) min found earlier in oscillations of the Sun, and is treated as a period of a "coherent cosmic oscillation" independent of the redshift z . It may be considered also as a period of free oscillations of hydrogen atom, the basic element of the Universe. The P_G oscillation possesses both stable period and stable initial phase over the total 38 years span of observations of NGC 4151. The new astrophysical phenomenon is connected perhaps with quantum nonlocality of photons and thus seems to be of great interest for physics and cosmology.

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

1 Введение

Еще и в начале 21-го века не доказана справедливость модели расширяющейся Вселенной, и космологи заняты "фантастически" интригующей интерпретацией новых наблюдательных данных.

Последние же не всегда поддерживают стандартную модель, требуя коренной ревизии некоторых представлений.

Постоянная Хаббла H_0 , например, "уменьшилась" за 70 лет более чем в семь раз. В 1936 г. самим Хабблом было принято значение $526 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпс}^{-1}$, но в таком случае возраст Вселенной, T , был бы меньше возраста Земли. Полвека тому назад было определено новое значение: $H_0 = 180$ (в тех же единицах), что соответствовало $T = 5.4 \times 10^9$ лет, т.е. несколько больше возраста Солнца и Земли. Но для Вселенной такой возраст слишком мал: меньше, чем у многих звезд. В 70-х годах, когда активно занимались проверкой H_0 , ее значение упало до 50, что давало T около 2×10^{10} лет (Сэндидж и Тамманн, 1976). Затем "маятник" качнулся в обратную сторону, и сейчас пришли к консенсусу: $H_0 = 72$, а возраст $T = 1.37 \times 10^{10}$ лет. Однако теоретикам при этом пришлось подправить уравнения состояния вещества, определяющего эволюцию звезд, чтобы возраст "строптивых" шаровых скоплений не превышал возраста Вселенной.

Загадочная история "переменности" H_0 говорит о том, что с нашим пониманием Вселенной, ее возникновения, возраста и эволюции не все в порядке: "мы смотрим через стекло в темноту" (Бергман). А сейчас вообще наметилась тенденция рисовать Вселенную "в темных тонах" (цит. Ксанфомалити, 2005): черные дыры, темная материя, темная энергия... Последнее понятие смело отождествляют с "самой большой ошибкой" Эйнштейна – космологической постоянной Λ , эквивалентной плотности энергии вакуума и обвиняемой в расширении Вселенной и даже его ускорении. Чтобы объяснить формирование галактик на самых ранних стадиях Большого взрыва, изобрели "инфляцию" (с характерным временем экспоненциального "раздутия" $\sim 10^{-35}$ с), для которой "законным" образом нарушены или отменены знакомые нам физические законы. Темная энергия, естественно, должна быть связана с "темными силами", действующими во Вселенной с момента ее "зарождения"... Изобретено и всемирное "отталкивание", или антигравитация, – в виде отрицательного давления вакуума. За антигравитацию ответственна именно эта новая, темная, энергия – энергия вакуума, которая по величине превосходит всю энергию Вселенной... Таинственная же темная масса, состоящая из мистических частиц "нейтралитино" и в шесть раз превышающая обычную, барионную, массу, существовала, оказывается, еще при Большом взрыве; сейчас она должна присутствовать в Галактике и, наверное, на Солнце и в Солнечной системе... А часть астрономов уже уповает и на серьезное обсуждение *антропного принципа*, готова тем самым или сдачу интеллекта, или прорыв к новому космическому мышлению (см. Фалк, 2004). История науки повторяется, и мы снова рисуем эпициклы Птолемея, но уже в масштабах всей Вселенной...

Но, как говорил Ньютон, "сама природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей". Истина конкретна, и опыт – ее лучший критерий. Для астрофизики критерием являются наблюдения, поэтому особый интерес – к новым космическим явлениям и фактам, требующим свежих подходов, идей и глубокого осмысления. Один из таких фактов – колебания активных ядер галактик, АЯГ, с периодом $P_G \approx 160.010$ мин. А в нашем случае, более конкретно, – фотометрические измерения малоамплитудных *периодических* вариаций блеска ядра сейфертовской галактики NGC 4151. Согласно предыдущим исследованиям Лютого и Котова (1990), Котова и Лютого (2003), в изменениях блеска этого внегалактического источника на протяжении десятилетий присутствовал стабильный период 160.0104(7) мин, согласующийся в пределах ошибки с известным периодом колебаний Солнца 160.0101(15) мин (в скобках – стандартная ошибка для последних значащих цифр; Котов и Ханейчук, 2004). Природа колебания, наблюдаемого как у Солнца, так и у далекого АЯГ, загадочна. Независимость периода от красного смещения z послужила нам поводом выдвинуть гипотезу о космологической природе явления – *когерентной космической осцилляции*.

Рассматриваемый временной ряд быстрой, в течение ночи, переменности NGC 4151 охватывает наземные оптические измерения в фильтрах U и V , а также рентгеновские, X , измерения, сделанные на спутниках. Предыдущие данные относились к 1968–1997 гг., результаты опубликованы Котовым и др. (2005). В 1994–2005 гг. на телескопе Цейсс-600 (Крымская лаборатория ГАИШ, МГУ) выполнена большая серия новых, еще не рассматривавшихся нами, измерений блеска в фильтрах U и V . Эти измерения, как и предыдущие U - V -измерения, сделаны относительно звезд сравнения и обработаны по стандартной методике (Лютый и Котов, 1990).

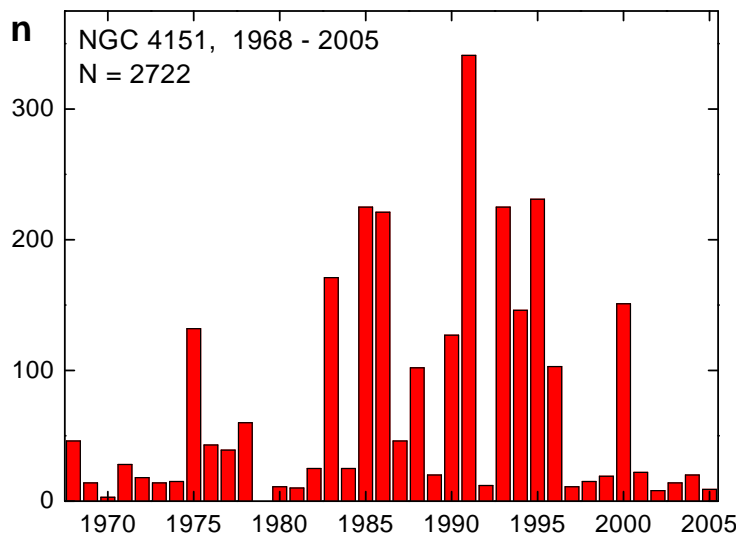


Рис. 1. Распределение наблюдений NGC 4151 по годам (1968–2005 гг., полное число "активных" остатков $N = 2722$)

2 Наблюдения 1968–2005 гг.

Каждое измерение блеска отнесено к конкретному 5-минутному интервалу, моменты наблюдений приведены к Солнцу, нуль фазы отвечает 12:00 UT, 1 января 1968 г. Спектры мощности (СМ) вычислялись прямым Фурье-преобразованием, достоверность пиков мощности и статистическая значимость результата, (W), определялись методом Скаргля (1982).

Предыдущий анализ показал, что в ту или иную ночь NGC 4151 находится в одном из двух состояний: с заметной переменностью ("активная" ночь, "+"), и без переменности ("спокойная" ночь, "-"). Для U - и V -наблюдений нами принят критерий $3\sigma_0$: ночь – или "запись" – активная, если одно или более значений остатков (измерение минус тренд) $\geq 3\sigma_0$, где $\sigma_0 = 0.01$ зв.вел. – типичная погрешность оптических измерений. В противном случае ночь считалась спокойной. Аналогичная селекция, но по стандартному отклонению S , проведена ранее и для X -измерений 1975–1991 гг. В итоге предыдущие данные 1968–1997 гг., в сумме $N = 4744$ измерений, были разделены на семь отдельных массивов, с пропусками (из-за отсутствия измерений; Котов и др., 2005):

- 1) отдельные U -измерения (1–3 измерения за ночь): "активный" ряд, $N = 384$;
- 2) активные U -ночи (записи), $N = 564$;
- 3) спокойные U -ночи, $N = 802$;
- 4) активные V -ночи, $N = 574$;
- 5) спокойные V -ночи, $N = 1192$;
- 6) активный X -ряд, $N = 885$;
- 7) спокойный X -ряд, $N = 343$.

Было также показано, что P_G -периодичность обнаруживается только в активном состоянии NGC 4151 ("активные" данные 1968–1996 гг., $N = 2407$).

Новые измерения U - и V -блеска выполнены в 1994–2005 гг. одним из авторов (В.М.Лютым) с сотрудниками ГАИШ. Часть наблюдений сделана квазинепрерывно в течение ночи, и если длительность L наблюдений не меньше двух часов, они включались в обработку; таких ночей оказалось пять, см. табл. 1. Новые массивы активных U - и V -ночей (2000 г.) включают 71 и 34

остатка, а спокойных U - и V -ночей (2000–2004 гг.) – 6 и 43 остатка соответственно.

Остальные новые данные представляли собой "отдельные" U -измерения: 1–3 измерения за ночь, с 26 декабря 1994 г. по 24 июня 2005 г. Для этих данных, после удаления медленных трендов, получен массив новых активных "отдельных" U -остатков: $N = 210$, $S = 0.065$ зв.вел. Добавив эти "отдельные" U -остатки к "активным" U - и V -ночам, получили новый массив из 315 активных U - V -остатков.

После добавления 315 новых остатков 1994–2005 гг. к предыдущим "активным" данным за 1968–1996 гг. получены три итоговых активных массива: X -остатки ($N = 885$, $S = 0.166$ зв.вел.), U -остатки ($N = 1229$, $S = 0.058$ зв.вел.) и V -остатки ($N = 608$, $S = 0.029$ зв.вел.).

Оставляя в стороне X -данные и отдельные U -измерения, для статистики активных и спокойных ночей 1968–2005 гг. получаем:

U -фильтр, активные ночи: $n_+ = 27$, $L_+ = 87.3$ ч, $N = 635$,

U -фильтр, спокойные ночи: $n_- = 29$, $L_- = 96.9$ ч, $N = 808$,

V -фильтр, активные ночи: $n_+ = 27$, $L_+ = 99.0$ ч, $N = 608$,

V -фильтр, спокойные ночи: $n_- = 45$, $L_- = 163.1$ ч, $N = 1235$,

– где n – число ночей и L – суммарная длительность наблюдений (с индексами "+" и "-" соответственно для активных и спокойных ночей).

Таблица 1. Новые данные о переменности NGC 4151 в течение ночи

Дата	Фильтр	L , ч	N	S , зв.вел.	Переменность
29 апреля 2000 г.	U	2.4	17	0.014	+
"	V	"	17	0.012	–
30 апреля 2000 г.	U	2.7	20	0.022	+
"	V	"	20	0.013	–
3 мая 2000 г.	U	2.7	19	0.017	+
"	V	"	19	0.012	+
8 мая 2000 г.	U	2.2	15	0.034	+
"	V	"	15	0.012	+
25–26 марта 2004 г.	U	5.3	6	0.017	–
"	V	"	6	0.006	–

Временные доли активного состояния равны, следовательно, 47% и 36% для U - и V -измерений соответственно (для X -измерений – 57%; Котов и др., 2005). На рис. 1 представлено распределение всех "активных" X - U - V -остатков по годам, из которого следует, что 85% наблюдений относится к 1975–1996 гг. (распределение учитывалось для более объективного определения ошибки периода).

Затем по стандартным отклонениям S активные массивы X - и V -остатков были приведены к стандартному отклонению активных U -остатков, и в итоге получен единый активный ряд 1968–2005 гг. с полным числом $N = 2722$ и $S = 0.058$ в шкале U -величин. Ниже рассмотрим только этот, нормированный активный ряд.

3 Спектры мощности

На рис. 2 показан СМ, вычисленный ранее Котовым и др. (2005) для предыдущих "активных" данных NGC 4151 за 1968–1996 гг. Главный пик, достигающий уровня статистической значимости 3.5σ , отвечает периоду 160.0104(7) мин.

На рис. 3 приведен спектр, вычисленный для всего 38-летнего ряда, с включением новых наблюдений. Главный пик отвечает периоду (в минутах)

$$P_G = 160.0108(7) \tag{1}$$

со значимостью примерно 4σ (99.99%). Из сравнения рис. 2 и 3 следует, что добавление новых данных привело к существенному, почти на порядок, увеличению достоверности P_G -периодичности. Значение периода в пределах ошибки согласуется с "солнечным", $P_\odot = 160.0101(15)$ мин.

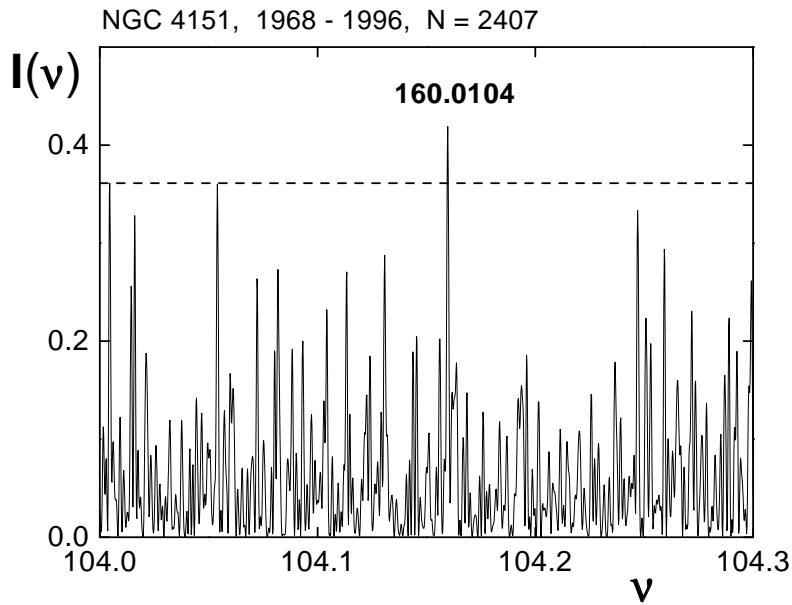


Рис. 2. Спектр мощности вариаций блеска NGC 4151 по наблюдениям 1968–1996 гг., $N = 2407$, опубликованный Котовым и др. (2005). По горизонтали – частота ν в мкГц, по вертикали – мощность $I(\nu)$ в относительных единицах, шаг по частоте 0.1 нГц. Пунктирной линией показан уровень априорной значимости 3σ

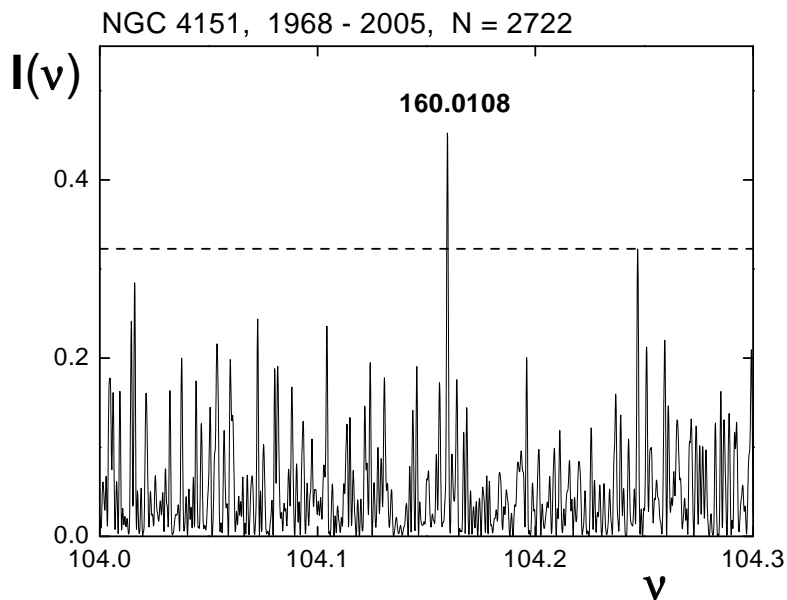


Рис. 3. То же, что на рис. 2, для всех измерений ядра NGC 4151 в активном состоянии; $N = 2722$

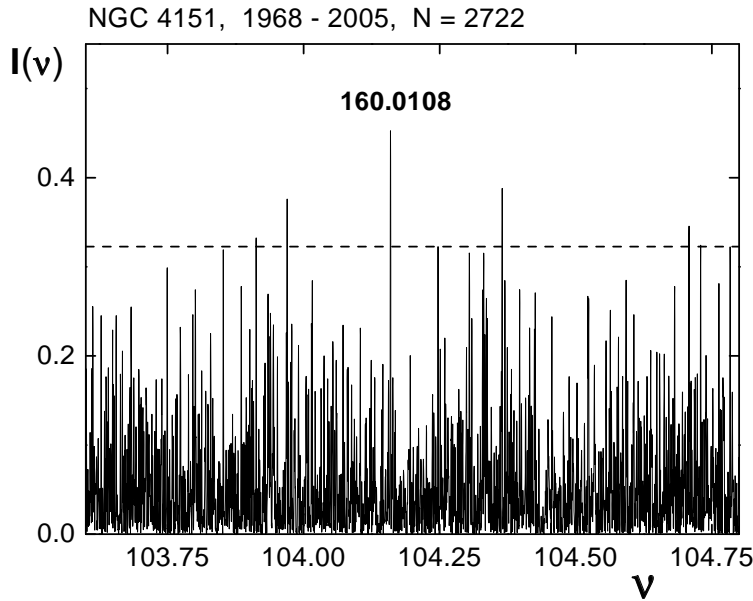


Рис. 4. То же, что на рис. 3, для более широкого диапазона частот

Поскольку новые данные существенно понизили шумы, целесообразно вычислить спектр для более широкого набора частот. Такой СМ показан на рис. 4, где по-прежнему доминирует "солнечный" пик $P_{\odot}(P_G)$, хотя число независимых частот увеличено по сравнению с рис. 3 вчетверо. Все остальные пики, тоже превосходящие "априорный" уровень 3σ , на деле статистически незначимы, т. к. их вероятности надо умножить примерно на 2000 – число независимых пробных частот.

4 Стабильность P_G

Интересно знать, не изменились ли параметры колебания за 38 лет. Для этого ряд был разделен на две равные, по времени, части: 1968–1986 гг. и 1987–2005 гг. Затем для каждой части с помощью СМ определен период, а также – для "общего" периода 160.0108 мин – гармонические амплитуды A и фазы φ максимума блеска. Из данных табл. 2 видно, что все параметры колебания P_G за время наблюдений не изменились: отличия между частями находятся в пределах ошибок.

Таблица 2. Колебание P_G в разные временные интервалы

Интервал, гг.	N	S, U -вел.	Период, мин	A, U -вел.	φ	W
1968–1986	1100	0.067	160.0101(9)	0.0069(27)	0.58(8)	2.6σ
1987–2005	1622	0.051	160.0108(9)	0.0066(24)	0.62(6)	3.7σ
1968–2005	2722	0.058	160.0108(7)	0.0066(24)	0.59(6)	4.0σ

На рис. 5 приводим среднюю кривую колебаний блеска NGC 4151 с периодом P_G за все 38 лет: $A = 0.0066(24)$ U -вел., фаза $\varphi = 0.59(6)$.

5 Интерпретация и заключение

Новые U - и V -измерения значительно повысили значимость колебания блеска ядра NGC 4151 со стабильным периодом P_G . Заметное же усиление колебания в новых измерениях обусловлено, по-

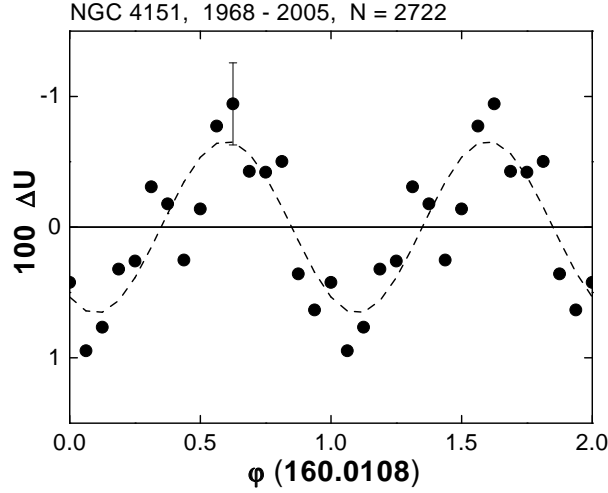


Рис. 5. Средняя кривая колебаний блеска NGC 4151 с периодом $P_G = 160.0108$ мин ("активное" состояние ядра в 1968–2005 гг., $N = 2722$). Интервал усреднения по фазе $P_G/8$, вертикальной черточкой показана типичная ошибка, пунктирная линия – синусоида, проведенная через точки методом наименьших квадратов

видимому, формированием к 1996 г. нового аккреционного диска около ядра галактики. Отметим основные свойства P_G -колебания как нового астрофизического явления:

- (а) период в пределах ошибки совпадает с "солнечным" P_\odot ;
- (б) период и фаза максимума блеска оставались постоянными на протяжении всех 38 лет наблюдений;
- (в) период не подвержен эффекту Доплера и не зависит от красного смещения z .

Все это не укладывается в рамки обычных астрономических и физических представлений, заставляя нас воспринимать P_G -колебание как новый *космологический* феномен – "когерентную космическую осцилляцию". В пользу этого говорит и связь P_G с шестью основными константами физики (в обычных обозначениях, см. Котов и Люты́й, 1988):

$$P_G \approx \frac{\hbar^3}{m_e e^4} \times \left(\frac{\hbar c}{2Gm_e m_p} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

дающую $P_G = 159.0$ мин. Интересно, что (2) можно трактовать как период свободных колебаний электрона в поле тяжести протона, т. е. как период "космических вибраций" атома водорода, основного элемента Вселенной:

$$P_G \approx 2\pi \times \left(\frac{a_0}{8\pi^2 \alpha g_p} \right)^{1/2} = 2\pi \times \left(\frac{1}{32\pi^3 R_H g_p} \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Здесь $a_0 = \hbar^2/m_e e^2$ – радиус первой боровской орбиты, $\alpha = e^2/\hbar c$ – постоянная тонкой структуры, $g_p = Gm_p/a_0^2$ – гравитационное ускорение электрона в поле тяжести протона и R_H – постоянная Ридберга.

Как известно, модель радиальных колебаний звезды однородной плотности дает для основного периода (при отношении удельных теплоемкостей $\gamma = 5/3$; Росселанд, 1952):

$$P_S = 2\pi \times \left(\frac{R_S}{g_s} \right)^{1/2}, \quad (4)$$

где R_s – радиус звезды, g_s – ускорение силы тяжести на поверхности. Выражение (4), по виду совпадающее с формулой обычного маятника, для Солнца дает период 166.9 мин. Приравнявая (3) и (4), получаем еще одно интригующее почти-равенство в случае Солнца:

$$8\pi^2\alpha \times \left(\frac{R_\odot}{a_0} \right)^3 \approx \frac{M_\odot}{m_p}, \quad (5)$$

смысл которого нам еще предстоит понять (тем более, что $8\pi^2\alpha \approx 1$). Но один вывод уже следует: средние плотности Солнца и атома водорода практически одинаковы...

Как известно, на рубеже 21-го века физики экспериментально доказали нелокальную природу фотона и других элементарных частиц, а также феномен квантового дальнего действия при необратимых процессах. По образному выражению Кадомцева (2003), "...дальнее действие и случайность, несмотря на кажущуюся парадоксальность, являются наиболее фундаментальными свойствами окружающего нас мира". Мы полагаем, что на космических масштабах и для огромных масс изучаемых астрономами объектов именно это "квантовое дальнее действие", или нелокальность, и проявляется в виде когерентного колебания P_G , неподвластного ни времени, ни расстоянию, ни эффекту Доплера. Точная физика явления, однако, неизвестна пока никому...

Мы надеемся, что новое наблюдательное явление, несмотря на "абсурдное" противоречие с принятой картиной мира, поможет решить часть трудных проблем космологии и небесных тайн, бросит больше света на "темный космос" и его теорию. Ибо правы Эйнштейн и Фейнман, оба утверждавшие: "Эксперимент в принципе не способен подтвердить теорию. Данные эксперимента, подтверждающие теорию, лишь указывают на то, что теория еще не опровергнута."

Авторы выражают глубокую благодарность В.Г. Метлову за активное участие в фотометрических наблюдениях NGC 4151, а также В.И. Ханейчуку за разработку компьютерных программ и помощь в вычислениях.

Литература

- Кадомцев Б.Б. // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173. С. 1221.
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 1988. Т. 78. С. 89.
 Котов В.А., Лютый В.М. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2003. Т. 99. С. 65.
 Котов В.А., Лютый В.М., Меркулова Н.И. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2005. Т. 101 (в печати).
 Котов В.А., Ханейчук В.И. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 2004. Т. 100. С. 30.
 Ксанфомалити Л.В. // Астроном. вестник. 2005. Т. 39. С. 381.
 Лютый В.М., Котов В.А. // Письма в Астроном. журн. 1990. Т. 16. С. 771.
 Росселанд С. // Теория пульсаций переменных звезд. М.: ИЛ. 1952.
 Скаргл (Scargle J.D.) // Astrophys. J. 1982. V. 263. P. 835.
 Сэндидж, Тамманн (Sandage A., Tammann G.A.) // Astrophys. J. 1976. V. 210. P. 7.
 Фалк (Falk D.) // Sky and Telescope. 2004. V. 107. N. 3. P. 42.