

УДК – 531.51; 378.14.

## **ЗАКОН ТИЦИУСА-БОДЕ И ДИФРАКЦИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН.**

к.т.н. Борисов Ю.А., e-mail: [bor1946@rambler.ru](mailto:bor1946@rambler.ru).  
*Волжский филиал Поволжского государственного  
технологического  
Университета(ВФ ПГТУ),  
г. Волжск, Республика Марий Эл.*

**Аннотация:** Основываясь на однотипном виде аналитических закономерностей дифракции света и расположения планет в Солнечной системе сделан вывод о возможности дифракции гравитационных волн, излучаемых Солнцем, и существовании дифракционных максимумов в областях расположения планет Солнечной системы (а также спутников планет и колец вокруг некоторых из них), что объясняет устойчивость, происхождение и эволюцию Солнечной системы и её планетных систем.

**Ключевые слова:** закон Тициуса-Бодде, дифракция гравитационных волн.

**LAW OF TITIVS-BODE AND  
DIFFRACTION GRAVITATIONAL WAVES**  
Ph.D. Borisov Y.A., e-mail: [bor1946@rambler.ru](mailto:bor1946@rambler.ru)

*Volzhsk department of the Povolzhskiy State Technological University,  
Volzhsk city, Republic of Mari El*

**Annotation:** Being on the same type of analytical diffraction patterns of light and the position of the planets in the solar system we have made the conclusion about the possibility of diffraction of gravitational waves emitted by the Sun, and the existence of the diffraction peaks in the places of the planets in the solar system (planets, satellites and rings around some of them) what explains the stability, the origin and evolution of the solar system and planetary systems.

**Keywords:** Titius-Bode law, diffraction of gravitational waves.

## I. Анализ литературы.

История открытия и последующего использования закона Тициуса-Боде весьма интересна, а дальнейшее исследование закона расположения планет и малых объектов Солнечной системы продолжаются вплоть до настоящего времени. Коротко приведем исторический анализ этой проблемы по источникам [1,2].

В 1766г. немецкий физик и математик Иоганн Тициус в своем переводе с французского книги Шарля Боне «Созерцание природы» поместил примечание, в котором представил выведенную им формулу, определяющую расстояние планет от Солнца:  $R = 0,4 + (0,3 * 2^n)$  (1), где R – среднее расстояние планет от Солнца или большая полуось ее орбиты в астрономических единицах, n – показатель степени, равный  $-\infty; 0; 1; 2; 3; \dots$ ; соответственно для Меркурия, Венеры, Земли, Марса и т.д.

Сначала на полученную Тициусом зависимость мало кто из астрономов того времени обратил внимание. Она приобрела широкую известность, благодаря немецкому астроному Иоганну Боде (1747 – 1826г.г.), который постоянно подчеркивал важность данной закономерности для Солнечной системы, излагая и комментируя ее в своих научных трудах. Именно по этой причине формула (1) стала называться законом или правилом Тициуса – Боде. Всеобщее признание она получила в 1781г., когда была открыта планета Уран, среднее расстояние которой от Солнца (19,8 а.е.) примерно соответствовало расчетам по правилу Тициуса – Боде (19,6 а.е.). В начале XIX в между орбитами Марса и Юпитера были обнаружены первые крупные астероиды, что явилось хорошим подтверждением установленного правила.

После открытия в последующем Нептуна (1846г.) и Плутона (1930г.), расстояния, которых от Солнца не укладывались в правило Тициуса – Боде, ему был нанесен сильнейший удар. Правило Тициуса – Боде перестало быть основой для дальнейших предсказаний [2].

В 1787г. Вурм [2] нашел, что для известных тогда спутников Юпитера и Сатурна применимы соотношения вида:  $r_n = a + b * 2^n$ .

В 1913г. Мэри Блэгг [2], анализируя логарифмы расстояний между планетами, пришла к выводу, что наилучший закон расстояний в планетной системе имеет вид геометрической прогрессии со знаменателем 1,7275, а не 2,0:  $r_n = A(1,7275)^n f[B + (\alpha + n\beta)]$ , где A и B – положительные числа, а  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные углы, f – функция с периодом  $2\pi$ , принимающая значения от 0 до +1. Спустя 30 лет Ричардсон выполнил аналогичный анализ и пришел к аналогичному выводу:  $r_n = (1,728)^n \rho_n(n\theta_n)$ , где  $\rho_n$  – функция периода  $2\pi$ . В источниках полученные функции не приводятся в явном аналитическом

виде. По-видимому, эти функции задавались лишь в графическом виде, что уже расценивается как недостаток. В данном случае цель, - получение высокой точности, не оправдывает средства.

Как справедливо отмечают многие исследователи, сегодня важен не поиск дальнейшего усовершенствования правила Тициуса – Боде, а выяснения причин существования подобной закономерности, поскольку она, безусловно, связана с фундаментальными вопросами теории тяготения, происхождения и эволюции Солнечной системы. В этой связи В.В. Шепелев [1] по аналогии с оболочечным внутренним строением Земли и Солнца относит расположение планет солнечной системы, как их спутников «к определенным сферическим оболочкам». Однако подобные геометрические построения не объясняют физической природы расположения планет. А представление об «оболочной структуре окружающего космического пространства» возвращает к представлениям античной астрономии и не может быть убедительным в противовес общепринятому в физике однородному и изотропному пространству.

Подводя итог анализу литературных источников по проблеме расположения планет и их спутников в солнечной системе, отметим, что с точки зрения наилучшего математического представления закона Тициуса – Боде являются работы Мэри Блэгг и Ричардсона Д.С. [2], а с точки зрения обнаружения связи расположения планет и их спутников с радиусом центрального тяготеющего тела является работа Шепелева В.В. [1].

Целью настоящей работы явилось:

1. Проверка закономерности расположения планет в Солнечной системе, проверка выполнения этой закономерности для открытых в последнее время объектов в области за Нептуном, в так называемом поясе Койпера (от 30 а.е. до 55 а.е. от Солнца) и немного за этим поясом. Получение такой закономерности собственного вида.

2. Попытаться объяснить физическую природу закономерности расположения планет.

Такой подход позволит внести вклад в решение фундаментальных проблем астрономии, таких как происхождение, эволюция и устойчивость «спутниковых, планетных и звездных систем в Нашей галактике» [1].

Экспериментальные данные использованы из источников [2,3,4].

## II. Исследование расположения планет в Солнечной системе.

Сначала была использована экспоненциальная зависимость вида:

$$L_1 = L_0 * e^{kn} \quad (2),$$

где  $L_1$  – расстояние от планеты до Солнца,  $n$  – порядковый номер планеты – числа  $1,2,3,\dots$ ,  $e$  – основание натуральных логарифмов,  $L_0$  и  $k$  – коэффициенты. Расчет методом наименьших квадратов дал следующие значения коэффициентов:  $k = 0,543$ ,  $L_0 = 30$  млн. км. Результаты расчетов по уравнению (2) для планет и других объектов Солнечной системы соответственно приведены в таблицах 1 и 2, а графическая анаморфоза представлена на рисунке 1 в полулогарифмических координатах (линия 1). В таблицах приведены также относительные отклонения расстояния  $L_1$ , рассчитанного по уравнению (2) от соответствующих фактических значений  $L_\phi$ , т.е. относительные погрешности:

$$\varepsilon_1 = \frac{|L_\phi - L_1|}{L_\phi} * 100\%.$$

При последующем анализе была использована зависимость отклонения расстояний планет виде функции синуса, которая накладывается на экспоненциальную зависимость. На рисунке 1 она представлена линией 2, а аналитически выражается уравнением:

$$L = L_0 e^{kn} \left( 1 + A * \sin \frac{2\pi n}{n_0} \right) \quad (3).$$

В этом уравнении  $L$  и  $n$  имеют тот же смысл, а коэффициенты  $L_0$  и  $k$  – те же значения, что и в уравнении (2);  $A$  и  $n_0$  – дополнительные коэффициенты. Расчет этих коэффициентов графоаналитическим методом при выполнении условия минимизации относительных погрешностей дал следующие результаты:  $A = 0,19$ ,  $n_0 = 6,3$ . По полученным значениям коэффициентов были рассчитаны расстояния  $L$  и относительные погрешности  $\varepsilon$ . Результаты приведены в таблицах (1) и (2). По данным таблиц видно, что уравнение (3) дает меньшие погрешности, чем уравнение (2). Также для объектов с большим удалением от Солнца (таблица 2) разброс расстояний  $L_\phi$  от  $L$  значительно больше, чем для планет (таблица 1). Это свидетельствует о том, что на периферии Солнечной системы (в поясе Койпера и далее) причина, по которой происходило формирование планет в Солнечной системе более слабая, чем вблизи Солнца.

Таблица 1.

Характеристика планет ( $n = 1 \div 9$ ) по уравнениям (2) и (3).

Наименование планеты	n	L <sub>ф</sub> , млн. км	По уравнению (2)		По уравнению (3)		
			L <sub>1</sub> , млн. км	ε <sub>1</sub> , %	L, млн. км	ε, %	
Меркурий	1	58	51,6	11,0	59,8	3,1	
Венера	2	108	88,9	17,7	104	3,7	
Земля	3	150	153	2,0	157	4,7	
Марс	4	228	263	15,3	226	0,9	
Церера	5	414	453	9,4	368	11,1	8,6
Паллада		9,2		11,3			
Юнона		13,5		7,8			
Веста		28,3		4,2			
Юпитер	6	778	750	0,3	736	5,4	
Сатурн	7	1426	1342	5,9	1506	5,6	
Уран	8	2869	2310	19,5	2747	4,3	
Нептун	9	4496	3977	11,5	4303	4,3	
Средняя относительная погрешность, %				10,9		4,5	

Таблица 2

Характеристика занептуновых объектов ( $n = 10 \div 14$ )  
по уравнениям (2) и (3).

Наименование объекта, его шифр и год открытия	n	L <sub>ф</sub> , млн. км	По уравнению (2)		По уравнению (3)		
			L <sub>1</sub> , млн. км	ε <sub>1</sub> , %	L, млн. км	ε, %	
Макемаке , FY9, 2005	10	6850	6845	0,07	9,8	6172	9,9
Орк, 2004	10	5860		16,8			5,3
Хаумеа , EL61, 2003	10	6413		6,7			3,8
Плутон, 1930	10	5900		16,0			4,6
Кварар , 2002	10	6493		5,4			4,9
42301, UR163, 2001	10	7693		11,0			19,8
48639, TL8, 1995	10	7858		12,9			21,4
( — ), UR146, 2002	11	7989		11780			47,4
82075, YW143, 2000	11	8697	35,4		9,7		
Объект OR10, 2007	11	10072	16,9		5,3		
Эрида, UB313, 2003	11	10157	16,0		6,0		
26181, GQ21, 1996	12	14154	20276	43,2	36,7	18105	27,9
15874, TL66, 1996	12	15557		30,3			16,4
Объект RC105, 2000	13	44500	34898	21,6		37472	15,8
Седна, VB12, 2000	14	78825	60066	23,8		71304	9,5
Средняя относительная погрешность, %				23,7			13,5

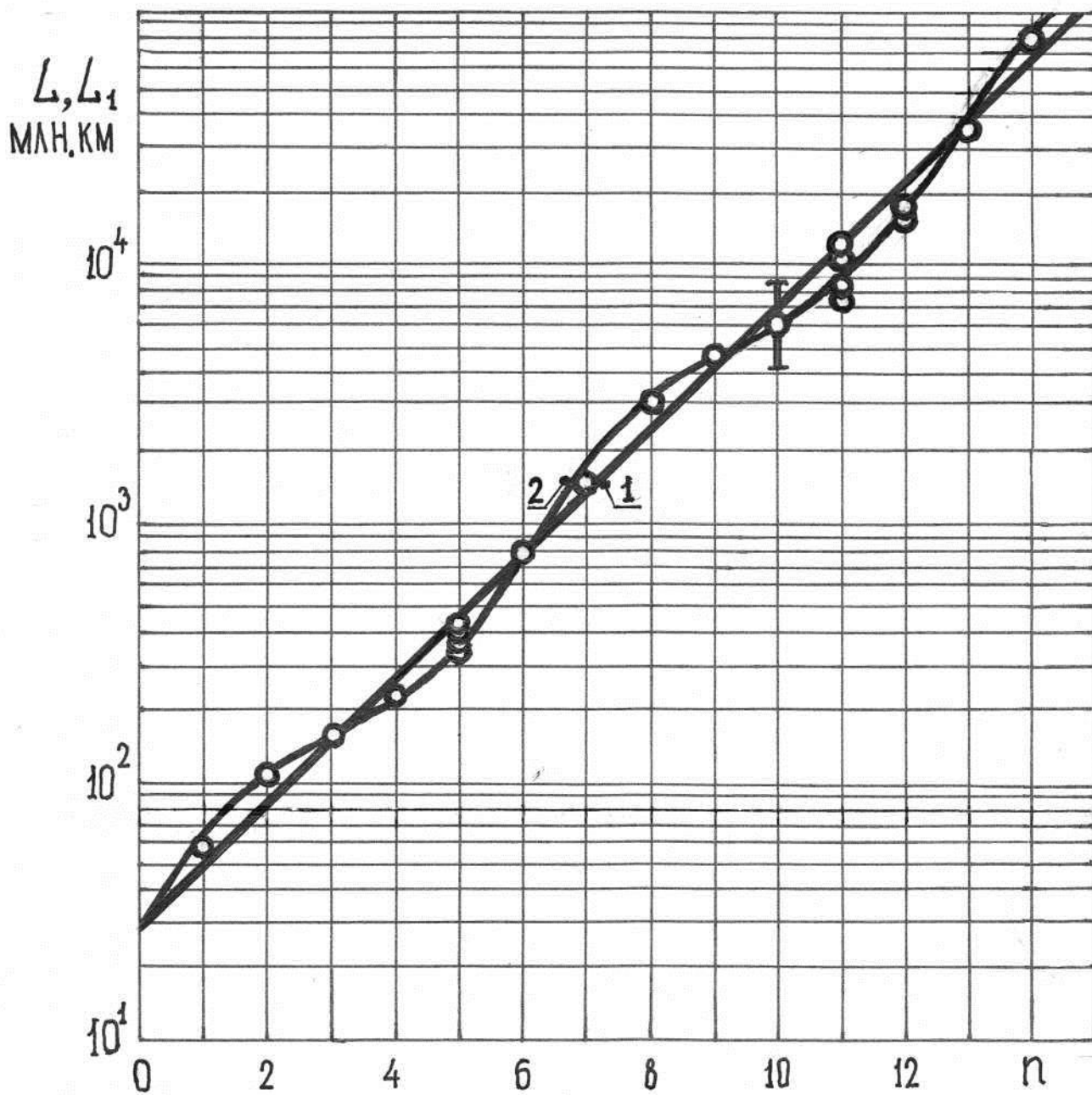


Рис. 1 Графическая анаморфоза зависимостей по уравнению (2) – линия 1 и уравнению (3) – линия 2.

### III. Исследование дифракции света.

Для исследования дифракции света, в частности, распределения интенсивности в дифракционной картине, определение длины световой волны, используют схему, приведенную на рис. 2. При этом экран ( или датчики) располагают в положении 5. Для определения длины волны монохроматического света (например, от лазера) используют формулу:  $d \cdot \sin \varphi = m \lambda$  (4), где  $d$  – постоянная решетки,  $\varphi$  – угол дифракции,  $m=0,1,2,\dots$  - порядок дифракционного максимума,  $\lambda$  – длина волны. На рисунке максимумы показаны только в одну сторону.

В наших исследованиях [5] в схеме по рис. 2 мы экран поместили в положение 4, тогда картина дифракции видоизменилась, она приведена на рис. 3. Анализ данных дифракции света приведен в таблице 3. Используя данные  $L_{2\phi}$  таблицы 3, полученные по рис. 3, были в полулогарифмических координатах построены зависимости 1 и 2, представленные на рис. 4. Даже при визуальном сравнении рисунков 1 и 4 видно, что зависимости идентичные и должны описываться одинаковыми уравнениями. Действительно для данных рис. 4 и табл. 3 уравнение в общем виде будет:

$$L_2 = L_{02} e^{nk_2} \left( 1 + A_2 \sin \frac{2\pi n}{n_{02}} \right) \quad (5), \quad \text{или с учетом значений}$$

$$\text{коэффициентов: } L_2 = 3,5 e^{0,48n} \left( 1 + 0,1944 \sin \frac{6,283n}{9} \right) \quad (6), \quad \text{где } n= 0,1, 2,\dots, \\ [L_{02}] = \text{мм.}$$

На основании совпадения уравнений 3 и 5 следует предположить, что расположение планет и других объектов солнечной системы является следствием дифракции гравитационных волн.

Здесь необходимо привести результаты исследований дифракции света от системы круглых отверстий [6]. В качестве такой системы использовались пять по периметру и одно в центре равномерно распределенных круглых отверстия диаметром около 0,3 мм. Схема опыта – по рис. 2, экран – в положении 5. Из рис. 5 видно, ширина дифракционных колец приблизительно определяется диаметром центрального пятна от системы круглых отверстий. Здесь надо отметить, что интенсивность красного света от лазера в центре картины настолько высокая, что фотоаппарат регистрирует белый свет.



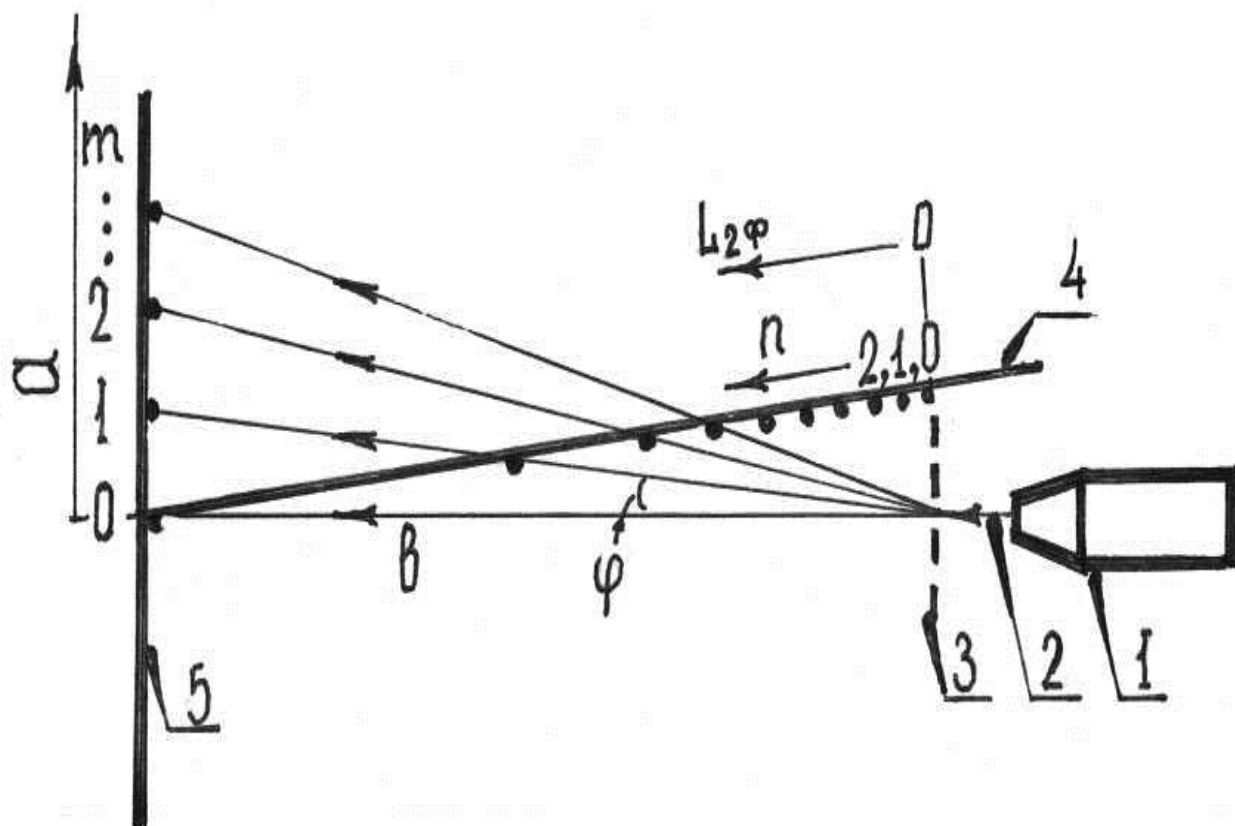


Рис. 2 Схема опыта по дифракции света.

Обозначения: 1 – лазер; 2 – монохроматический луч света; 3 – дифракционная решетка; 4 – или 5 – экран, его расположение;  $L_{2\varphi}$  – расстояние до дифракционного максимума при определенном  $n$  на экране 4;  $a$  – расстояние до максимума при определенном  $m$  на экране 5;  $b$  – расстояние от дифракционной решетки 3 до экрана 5.

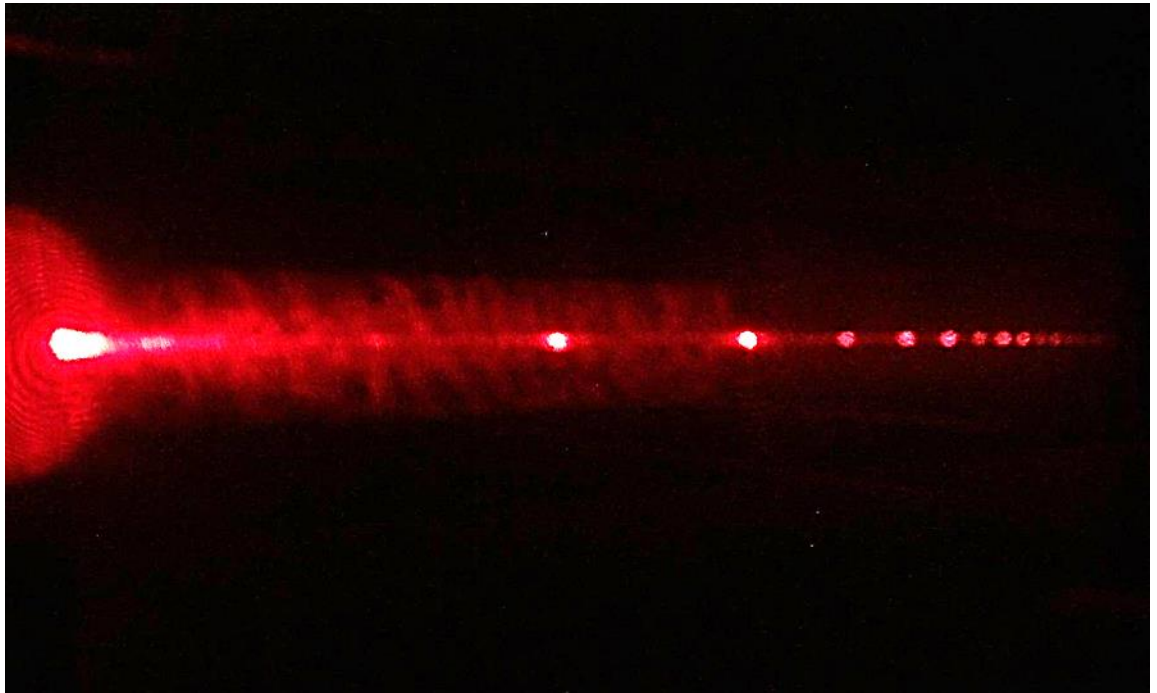


Рис. 3. Вид дифракционной картины по схеме рисунка 2  
( положение экрана – 4).

Таблица 3

Анализ данных дифракции света по рис. 3.

Значение $L_2$ по уравнению (5) в сравнении с его фактическим значением $L_{2ф}$ при определенном $n$ .										
Значение $n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значение $L_2$ , мм	3,5	6,4	10,9	17,3	25,5	36,0	51,9	81,5	142,5	263
Значение $L_{2ф}$ , мм	3,5	7,5	12,5	19,0	27,5	38,5	55,0	81,5	132,5	263
Относительная погрешность $\varepsilon$ , %	0,0	17,2	14,6	9,8	7,8	6,9	6,0	0,0	7,0	0,0
Среднее значение $\varepsilon_{ср}$ , %	6,9									

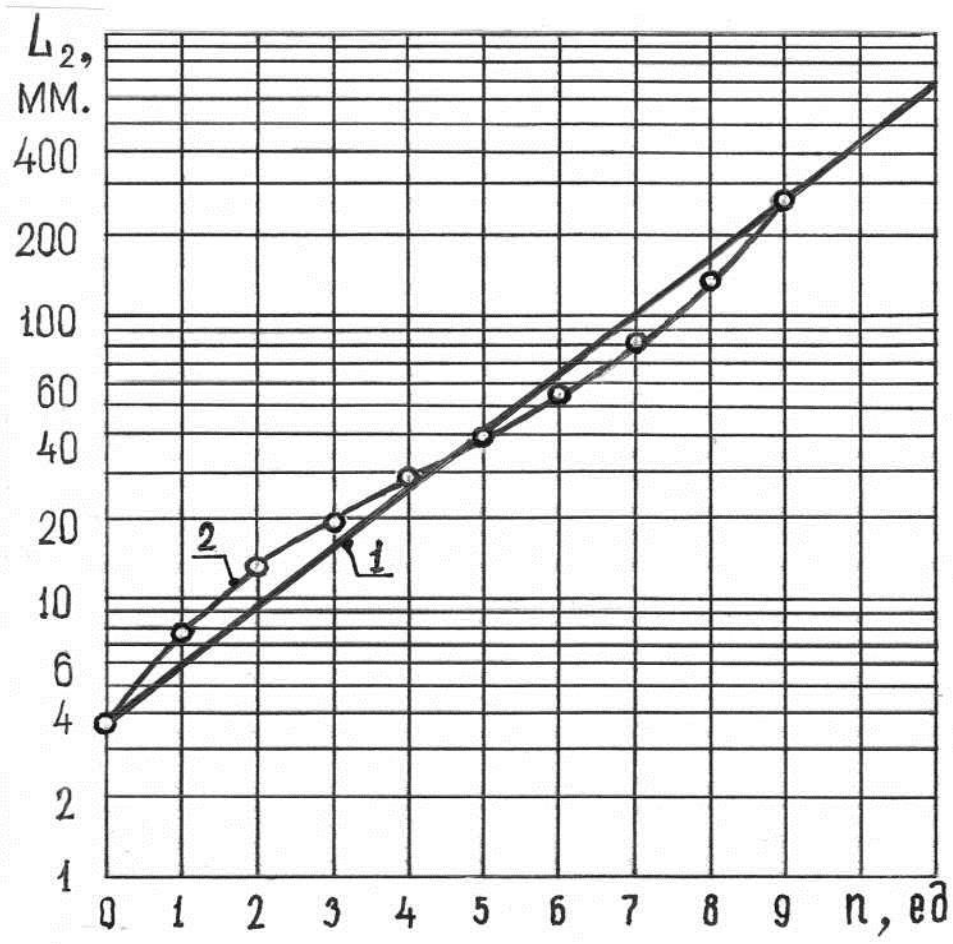


Рис. 4. Зависимость расстояния дифракционных максимумов  $L_2$  от их номера  $n$  (линия 2) по уравнению 6, точки – фактические значения ( $L_\phi$ ). Линия 1 – экспонента в уравнении 6.

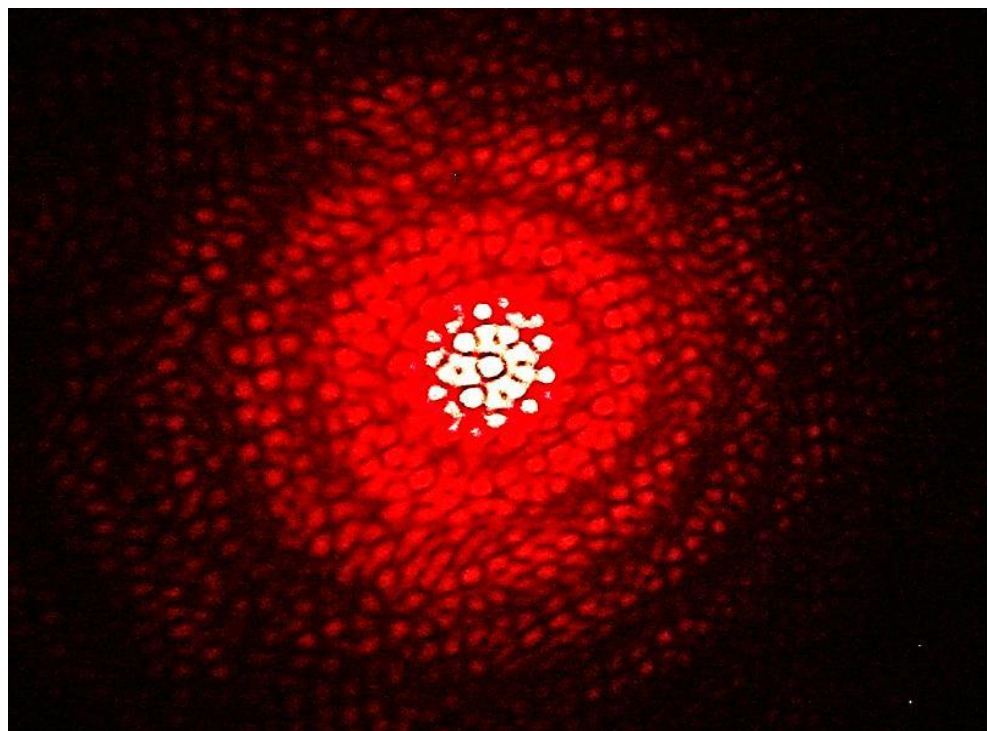


Рис. 5. Дифракционная картина от системы круглых отверстий.

#### IV. Подведение итогов. Выводы.

Как следует из сопоставления результатов дифракции света, описываемых уравнением (5) и данных по расположению планет Солнечной системы ( а по литературным источникам и спутников этих планет), описываемых уравнением (3), эти уравнения абсолютно идентичны и оба описывают явление дифракции; только одно – (5), – дифракцию света, а другое – (3), – по видимому, – дифракцию гравитационных волн, идущих от Солнца. На этом основании мы можем сделать вывод о том, что положение планет и других объектов Солнечной системы определяется положением максимумов дифракции гравитационного поля Солнца ( аналогично – положение спутников и колец планетных систем определяется положением максимумов дифракции гравитационного поля планет). Наличие максимумов гравитации объясняет формирование планет Солнечной системы, спутниковых и кольцевых систем планет, а главное – их последующую устойчивость. Для наглядности приведен рис.6. На нём в логарифмических координатах предположительно отмечены положения дифракционных минимумов (л2) и максимумов (л3) около планет и объектов, обозначенных цифрами (так же как в таблицах 1 и 2). Максимумы и минимумы наложены на зависимость напряженности ( $g$ ) гравитационного поля от расстояния  $L$ (линия 1). Напряженность вычисляли по формуле  $g = G \frac{M}{R^2}$ . Данные приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Данные для рисунка 6.

Наименование величины, ее обозначение и единица измерения	Значение величин n, g и L													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Порядковый номер планеты и объекта, n														
Напряженность гравитационного поля, g, м/с <sup>2</sup>	$3,72 \cdot 10^{-2}$	$12,3 \cdot 10^{-3}$	$5,39 \cdot 10^{-3}$	$2,60 \cdot 10^{-3}$	$9,80 \cdot 10^{-4}$	$2,45 \cdot 10^{-4}$	$5,86 \cdot 10^{-5}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	$7,20 \cdot 10^{-6}$	$3,50 \cdot 10^{-6}$	$1,46 \cdot 10^{-6}$	$4,06 \cdot 10^{-7}$	$9,50 \cdot 10^{-8}$	$2,60 \cdot 10^{-8}$
Расстояние от Солнца до планеты или объекта по уравнению (3), L, млн. км.	59,8	104	157	226	368	736	1506	2747	4303	6172	9543	18105	37472	71304

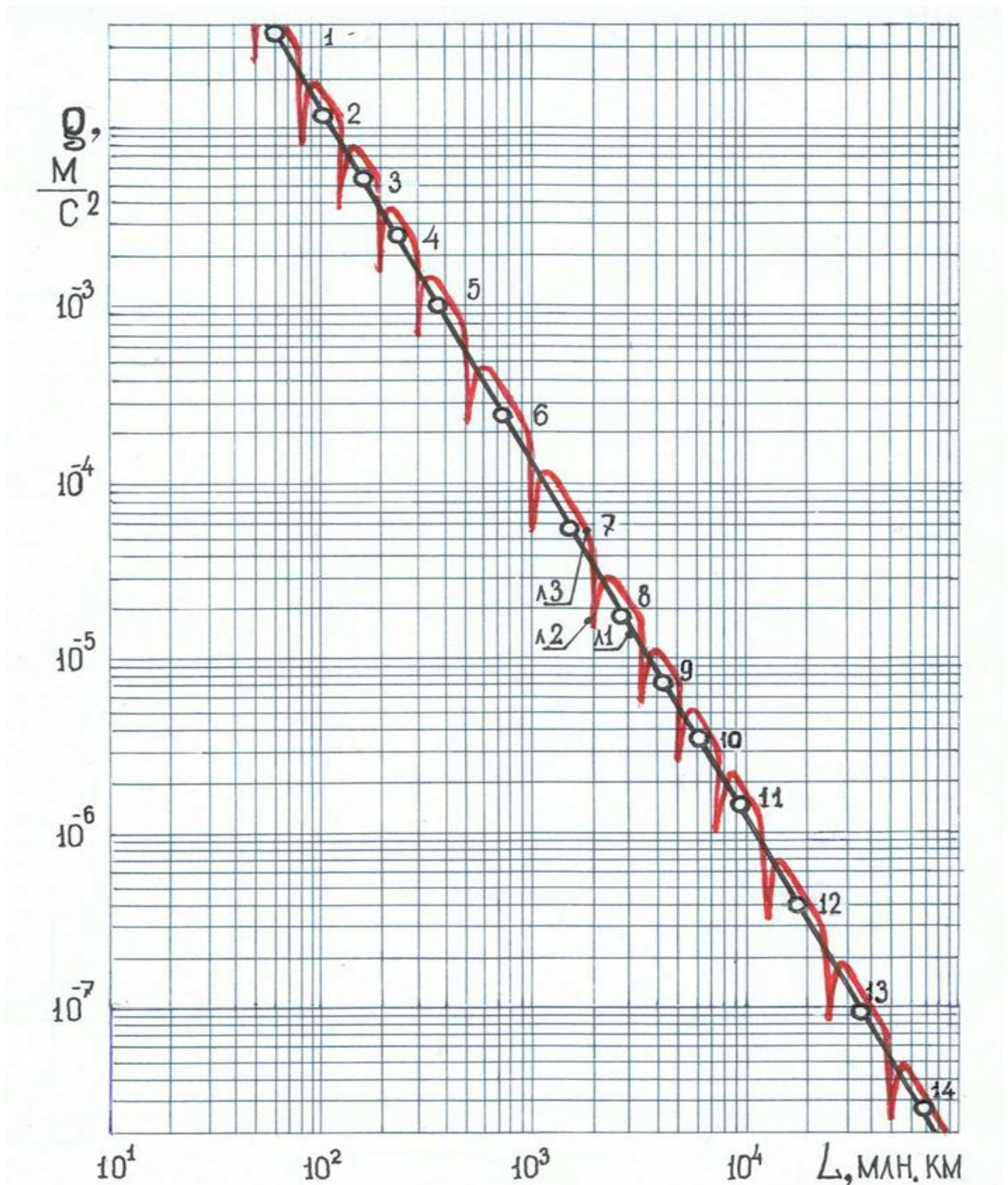


Рис. 6. Зависимость напряженности ( $g$ ) гравитационного поля от расстояния ( $L$ ) по уравнению (3) (линия  $l_1$ ). Цифрами обозначены планеты и объекты ( $n$ ) по таблицам 1 и 2. Красным цветом выделены (предположительно) положения дифракционных минимумов ( $l_2$ ) и максимумов ( $l_3$ ).

Максимумы гравитации по рис. 6 представляют собой широкие сферические области, расположенные вокруг Солнца. Но планеты сформировались в плоскости Эклиптики. Это, по-видимому, обусловлено взаимодействием гравитационного поля указанных сферических областей с гравитационным полем Нашей галактики. Для занептуновых объектов ввиду значительного снижения напряженности гравитационного поля Солнца (на 10 порядков, считая от поверхности Солнца) формирование планет так и не завершилось.

Как уже отмечалось в литературном обзоре, для расположения спутников планет наблюдается аналогичная закономерность. Только расстояния, на которых расположены спутники от планеты, значительно меньше, чем расстояние планет от Солнца. По [1] эти расстояния определяются радиусом центрального тела и экспоненциальной функцией, зависящей от порядкового номера объекта. По нашим данным -- диаметром центрального тела и экспоненциальной функцией с наложением функции синуса. Эти функции также зависят от порядкового номера объекта. Диаметр Солнца в уравнении (3) входит в коэффициент  $L_0$ .

Казалось бы, имея данные по дифракции гравитационных волн, можно определить их длину. Но для точного расчета недостаточно экспериментальных и теоретических данных. Используем известную формулу дифракционной решетки:  $d \cdot \sin \varphi = m \lambda$  (4), которая для оценочных расчетов вполне приемлема. Максимальное число дифракционных максимумов для Солнца по нашим данным будет:  $m = n + 6 = 20$ . Здесь  $n=14$  (см.рис.6), а 6 – число домеркуриевых максимумов, рассчитанных по уравнению 2. Тогда угол дифракции должен быть максимальным, т.е.  $\varphi=90^\circ$ , а  $\sin \varphi=1$ . Но вот ширина зон Френеля нам неизвестна. Эта ширина значительно меньше размеров центрального тяготеющего тела и, вероятно, сравнима с размерами ядер атомов. Принимая  $d \approx 10^{-15}$  м, из уравнения (4) получим:  $\lambda \approx 10^{-17}$  м. Еще раз отметим, что это лишь оценочное значение.

В заключение следует заметить, что экспериментальная проверка гипотезы дифракции гравитационных волн с образованием минимумов и максимумов (по рис. 6) возможна путем замеров напряженностей гравитационного поля в областях расположения планет (и их спутниковых систем). Такие замеры нецеленаправленно проводились при полетах космических аппаратов «Пионер-10 и -11». Обнаружены повышенные значения напряженностей гравитационного поля Солнца. Причем, согласно проведённым замерам максимумы напряженностей гравитационного поля приходятся на области расположения планет. Полученные результаты расценены как «аномальные эффекты в Солнечной системе» [7].

Подтверждение существования дифракционных минимумов и максимумов в дальнейших целенаправленных исследованиях позволит объяснить устойчивость, происхождение и эволюцию Солнечной системы и её планетных систем, а также послужит доказательством волновой теории гравитационного поля.

#### Список литературы.

1. Шепелев В.В. Новое толкование старого закона. « Наука и техника в Якутии». № 2,2004г., с. 55-59.
2. Закон Тициуса-Боде. [http://www.fizteh.ru/02-07-90327/f\\_23qhv6](http://www.fizteh.ru/02-07-90327/f_23qhv6)
3. Солнечная система. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_система](http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_система)
4. Пояс Койпера [http://ru.wikipedia.org/wiki/Пояс\\_Койпера](http://ru.wikipedia.org/wiki/Пояс_Койпера)
5. Борисов Ю.А. Личностно ориентированные ситуации. Физика, ПС, № 11, 2007г., с. 28-30.
6. Борисов Ю.А. Исследование дифракции света. Физика, ПС, №5, 2008г., с. 9-10.
7. Кауц В. Л. Темная материя и аномальные события в Солнечной системе.//Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана: Естественные науки. 2011г., с. 141-148.

**Опубликовано** 27.03.2013.



**Обновлено** 15.06.2013: Добавлена ссылка [7] и текст, относящийся к этой ссылке.

