



Российская Академия Наук
Институт космических исследований

**СУПЕРЭЛИТНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ КОЛЬЦА И
ОРБИТЫ ПЛАНЕТ И СПУТНИКОВ,
ИЗОМОРФНЫЕ ОРБИТАМ ЭЛЕКТРОНОВ В
ВОДОРОДОПОДОБНЫХ АТОМАХ**

Б. И. Рабинович

Семинар «Механика, Управление, Информатика» 20.10.2005
1

Аннотация

Рассматривается проблема квантования секториальных скоростей, радиусов и периодов вращения элементов кольца, состоящего из холодной плазмы с высокой электронной концентрацией, плотность которой убывает в радиальном направлении, вращающегося в гравитационно-магнитном поле центрального тела. Вводится понятие суперэлитных колец, изоморфных с орбитами планет Солнечной системы и их спутников. Доказывается изоморфизм последних по отношению к орбитам электронов в водородоподобных атомах. Предварительные результаты см. в [8-12].

Super elite plasma rings and planets' and moons' orbits isomorphous to the electrons orbits in hydrogen-like atoms

The present study is continuation and generalization of some previous results obtained for the plasma ring having constant density, rotating in the gravity-magnetic field of the central body. The object under consideration is a ring with the density decreasing in radial direction. The quantization problem is examined for the sectorial and orbital velocities and for the periods of the elite plasma rings rotation. We introduce a new conception of super elite rings isomorphous relative to the orbits of the planets and moons in the Sun system. We demonstrate isomorphism of these orbits relative to the electron orbits in the hydrogen-like atoms.

ИЗОМОРФИЗМ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И ВОДОРОДОПОДОБНЫХ АТОМОВ

Изоморфные характеристики объектов Солнечной системы и атома водорода [3]

Характеристика	Атом водорода	Солнечная система
Удвоенная секториальная скорость	$(rv)_n = (\hbar/m_e)n$	$(RV)_N = (\hbar_G/m_G)N$
Орбитальная скорость	$v_n = \alpha c/n$	$V_N = \alpha_G c/N$
Средний радиус орбиты	$r_n = (1/\alpha c)(\hbar/m_e)n^2$	$R_n = (1/\alpha_G c)(\hbar_G/m_G)N^2$
Период обращения	$\tau_n = 2\pi(\hbar/m_e)/(\alpha c)^2 n^3$	$T_N = 2\pi(\hbar_G/m_G)/(\alpha_G c)^2 N^3$
Квант удвоенной секториальной скорости	\hbar/m_e	\hbar_G/m_G
Постоянная тонкой структуры	$\alpha = e^2/(\hbar c)$	$\alpha_G = GMm_G/(\hbar_G c) = V_{G0}^2 R_0 m_G /(\hbar_G c)$
Произведение двух последних констант	$e^2/(m_e c)$	$GM/c = (V_{G0}^2 R_0)/c$

Характеристики планет солнечной системы.
Земная группа [3]

Планета	Средний радиус орбиты			Орбитальная скорость		N
	R[10]	R (Т-Б)	R_N	V	V_N	
Меркурий	0.39	0.40	0.38	47.9	48.7	3
Венера	0.72	0.70	0.67	35.0	36.5	4
Земля	1.00	1.00	1.03	29.8	29.2	5
Марс	1.52	1.60	1.49	24.1	24.4	6
Астероиды	2.90	2.80	2.66	-	18.2	8

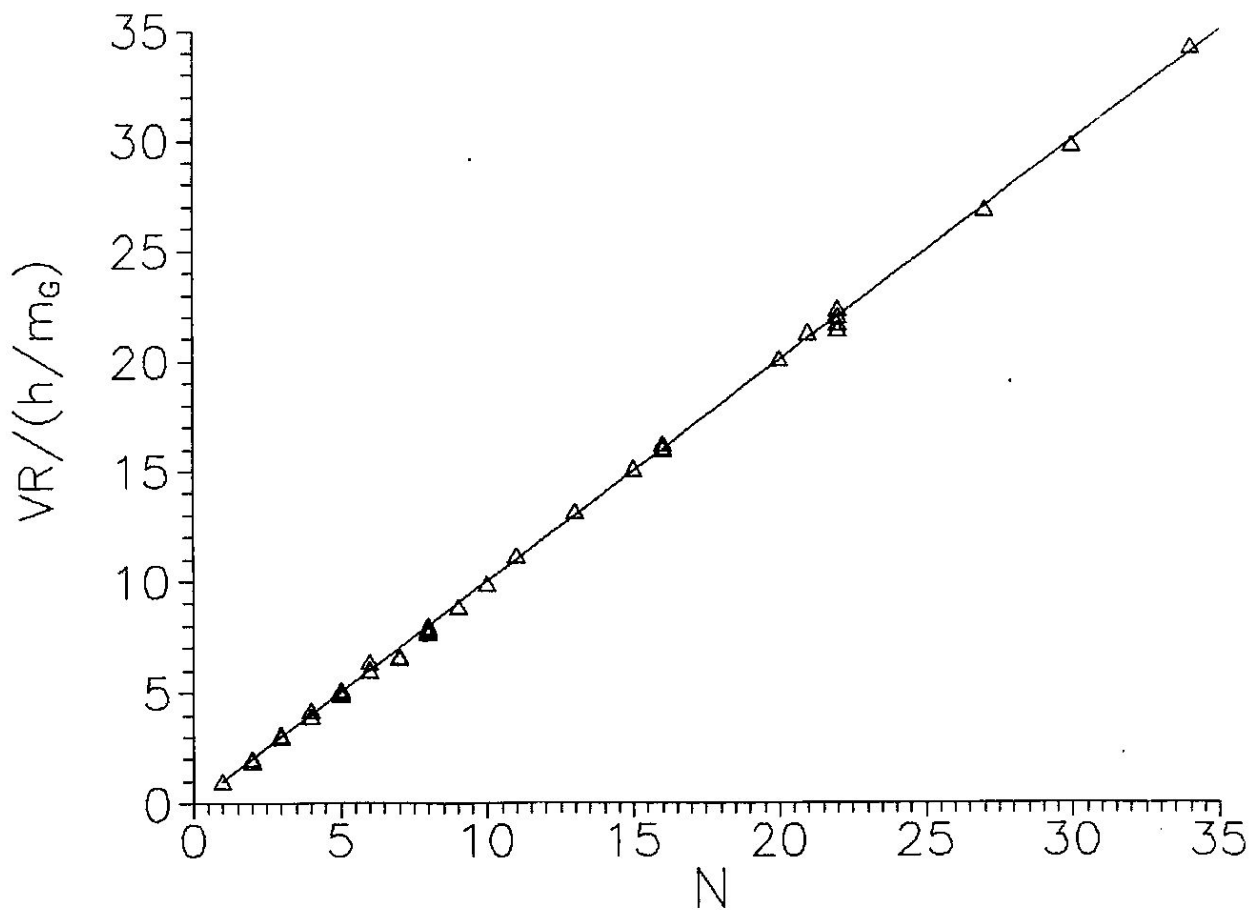
Характеристики планет солнечной системы. Юпитерианская группа [3]

Планета	Средний радиус орбиты			Орбитальная скорость		N
	R[10]	R _(Т-Б)	R _N	V	V _N	
Юпитер	5.20	5.20	5.00	13.1	13.3	11
Сатурн	9.54	10.0	9.35	9.64	9.74	15
Уран	19.2	19.6	20.1	6.81	6.64	22
Нептун	30.1	38.8	30.3	5.43	5.41	27
Плутон	39.4	77.2	37.4	4.74	4.87	30

Квантовые числа (N) спутников Урана (N_{mu}) и Нептуна (N_{mn}), открытых КА *Voyager-2* [4, 5]

N	N_{MU}	N_{MN}	N	N_{MU}	N_{MN}	N	N_{MU}	N_{MN}
9	-	8.85	11	10.7	-	12	11.6	-
	-	9.03		10.9	-		12.0	-
	-	9.25		11.0	11.0	13	12.9	-
10	9.72	10.0		11.1	-	14	-	13.9
	10.1	-		11.3	-	24	-	24.0

Зависимость удвоенной секториальной скорости, нормированной к ее кванту, от квантового числа N [3]



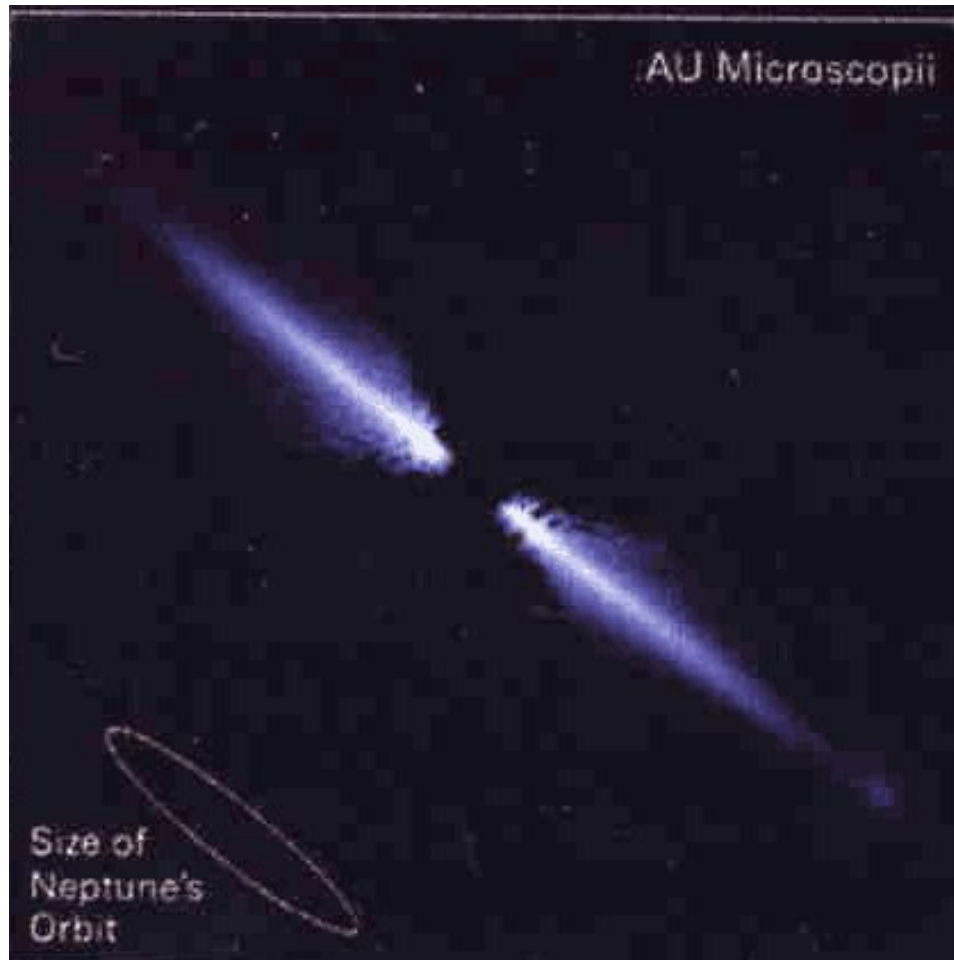
Принцип Четаева-Молчанова

Устойчивые планетарные и спутниковые системы, подобные соответствующим элементам Солнечной системы, обладают следующими свойствами:

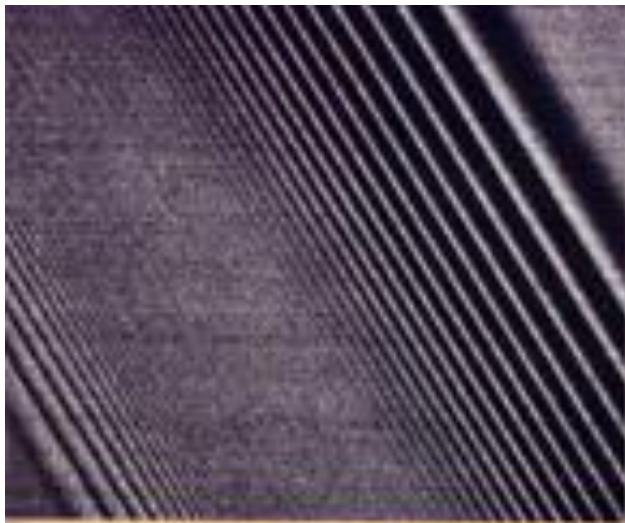
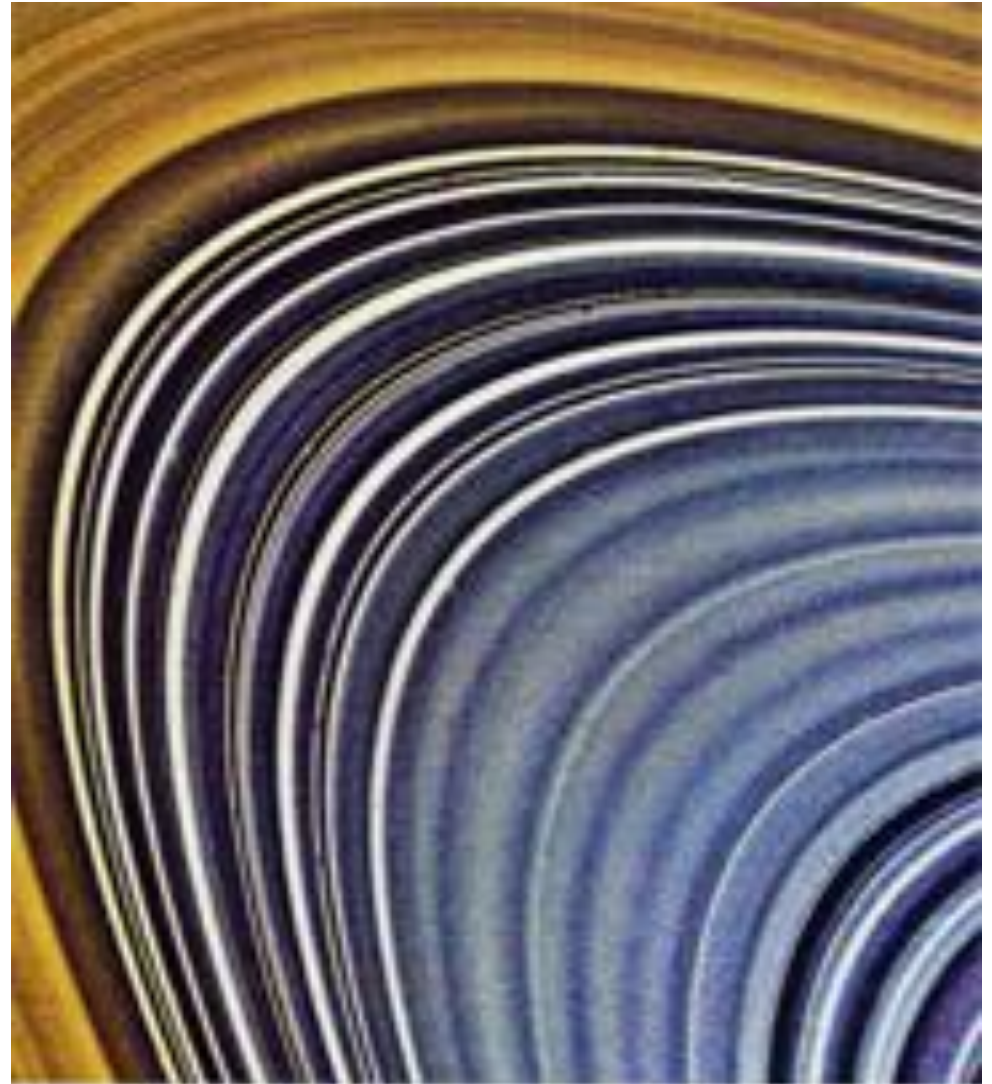
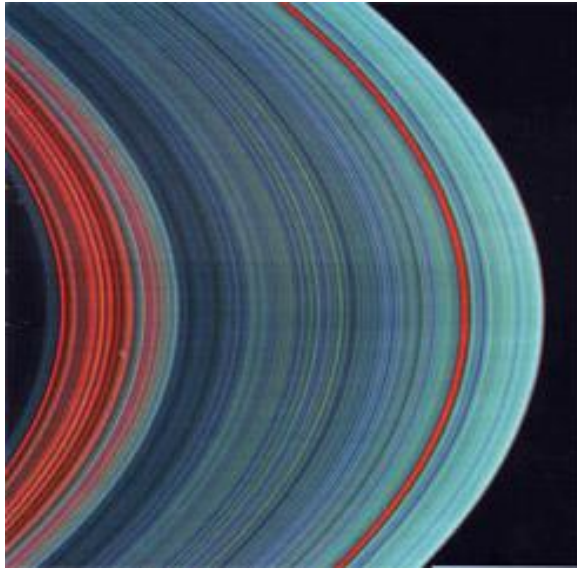
- 1. Орбиты планет и спутников квантуются.*
- 2. Соответствующие подсистемы близки к резонансным, то есть их движение является периодическим или очень близким к нему.*

ПЛАНЕТНЫЕ КОЛЬЦА КАК РЕЛИКТЫ ПЛАЗМЕННЫХ ПРАКОЛЕЦ

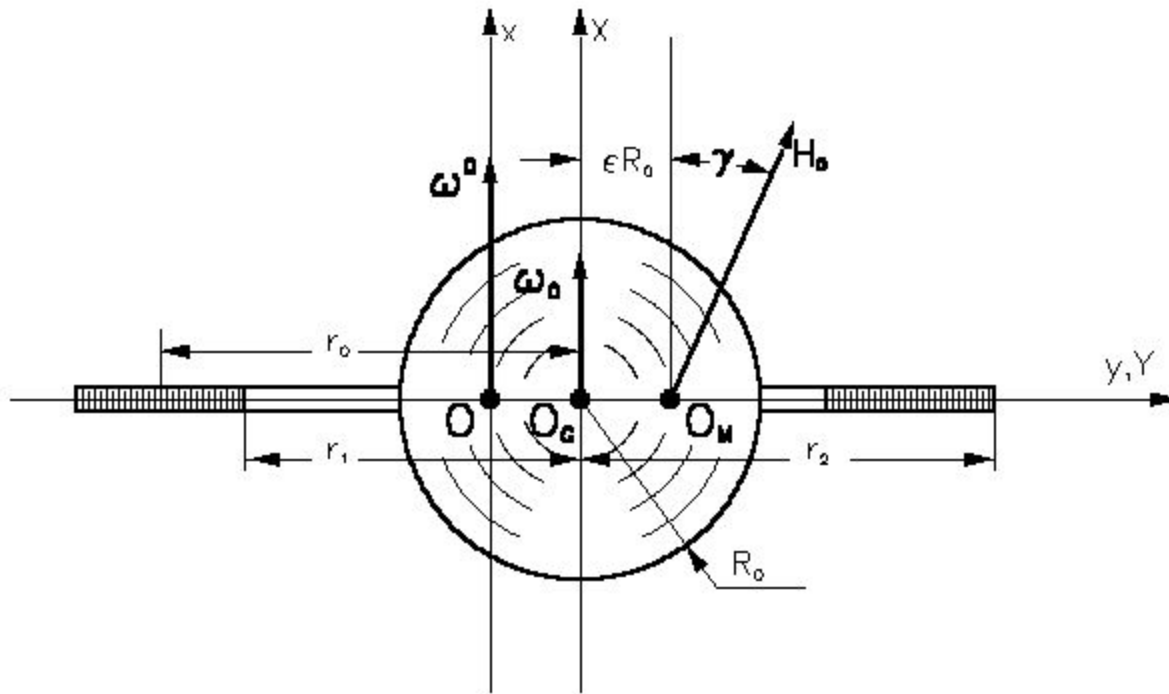
Диск вокруг молодой звезды AU Microscopii



Кольца Сатурна: общая картина; кольца В, С; А



Модель пракольца



Уравнения границ ES-области

$$Al_0 > (1/3)^{1/2}; \quad r_{01}/R_0 < r_0/R_0 < r_{02}/R_0;$$

$$r_{01}/R_0 = 3^{1/5} Al_0^{2/5}; \quad r_{02}/R_0 = 8^{1/5} Al_0^{2/5};$$

$$Al_0 = a_0/V_{G0}; \quad a_0 = H_0(\mu_0/\rho)^{1/2}. \quad (1)$$

ОТОБРАЖЕНИЕ ЕС-ОБЛАСТИ НА СОВРЕМЕННУЮ ЭПОХУ

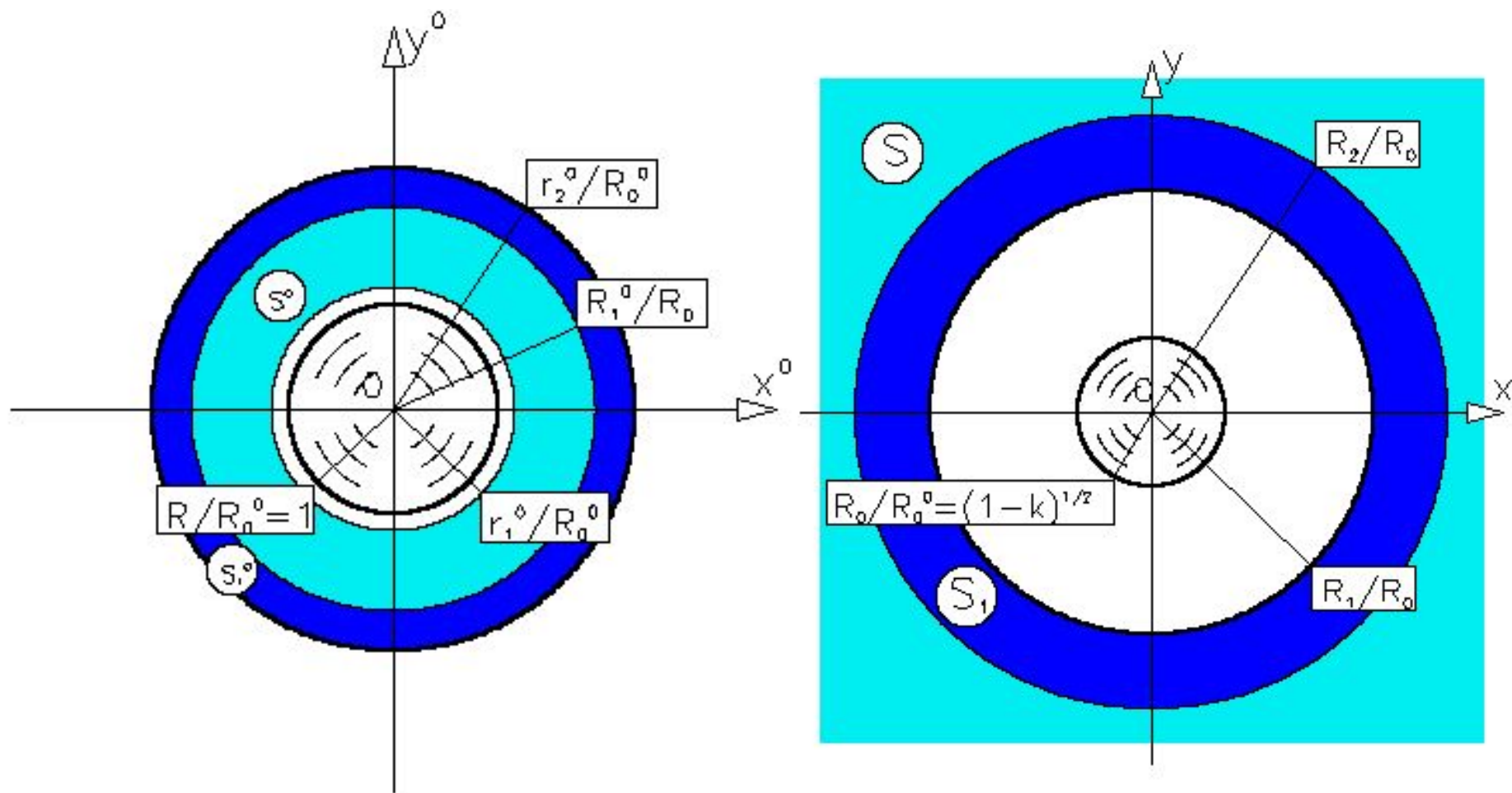
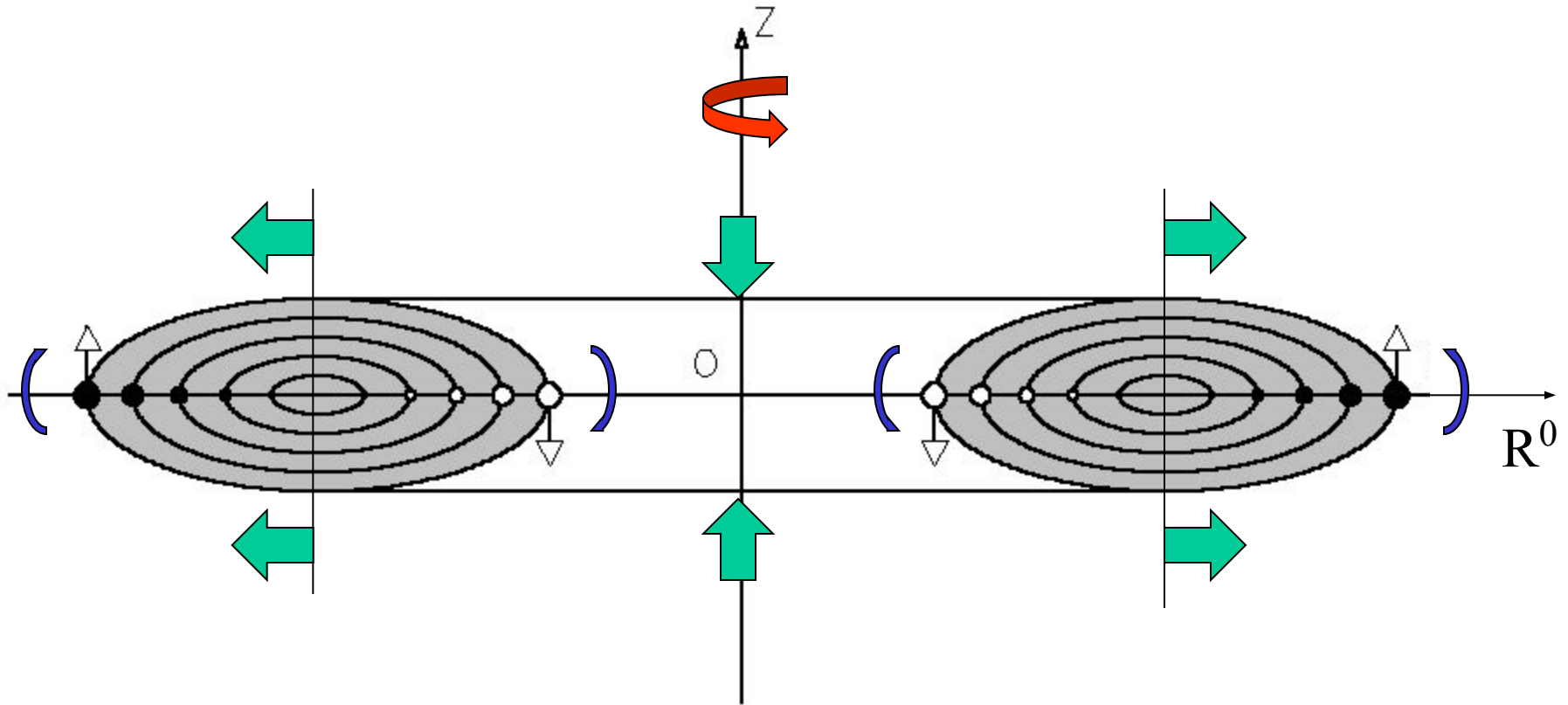
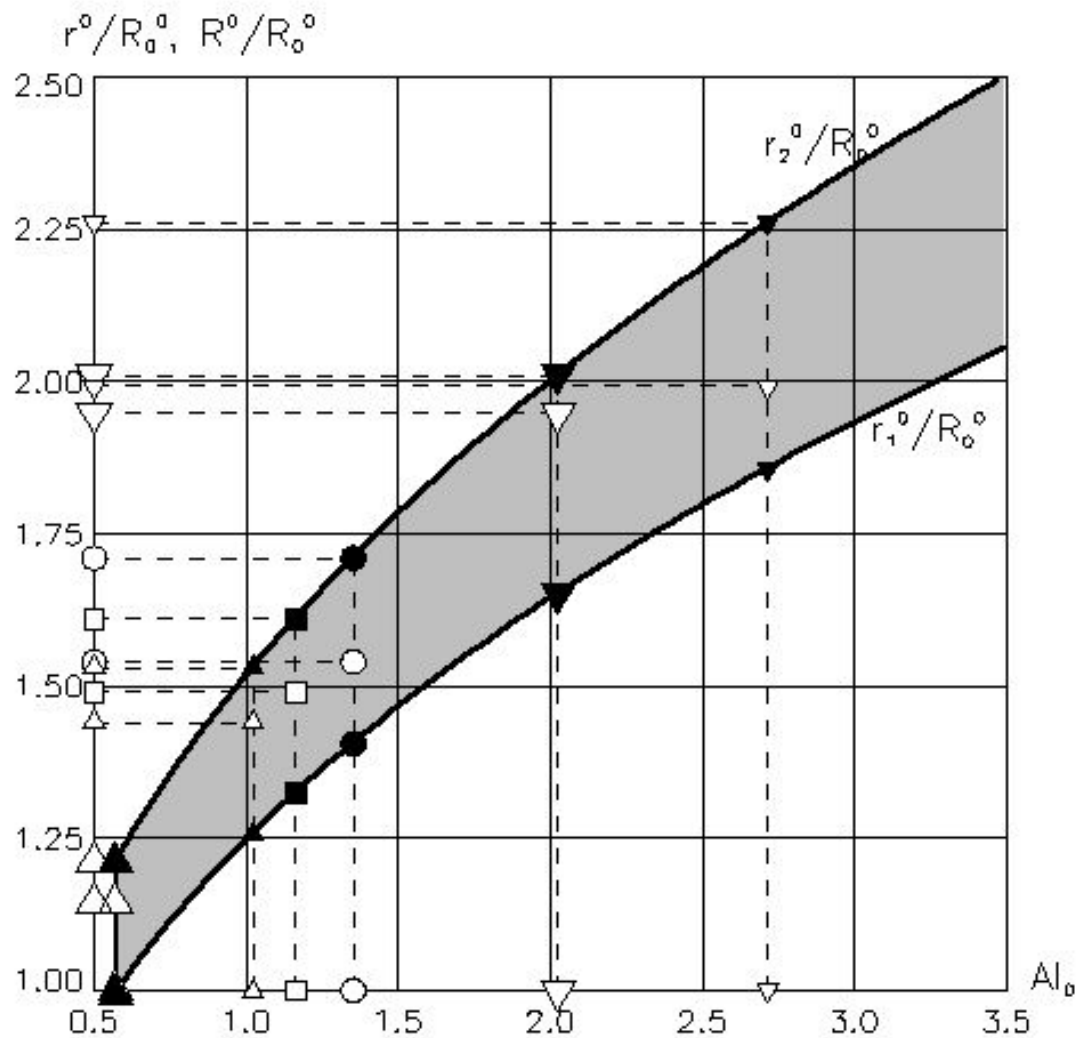


СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ПРАТОРА

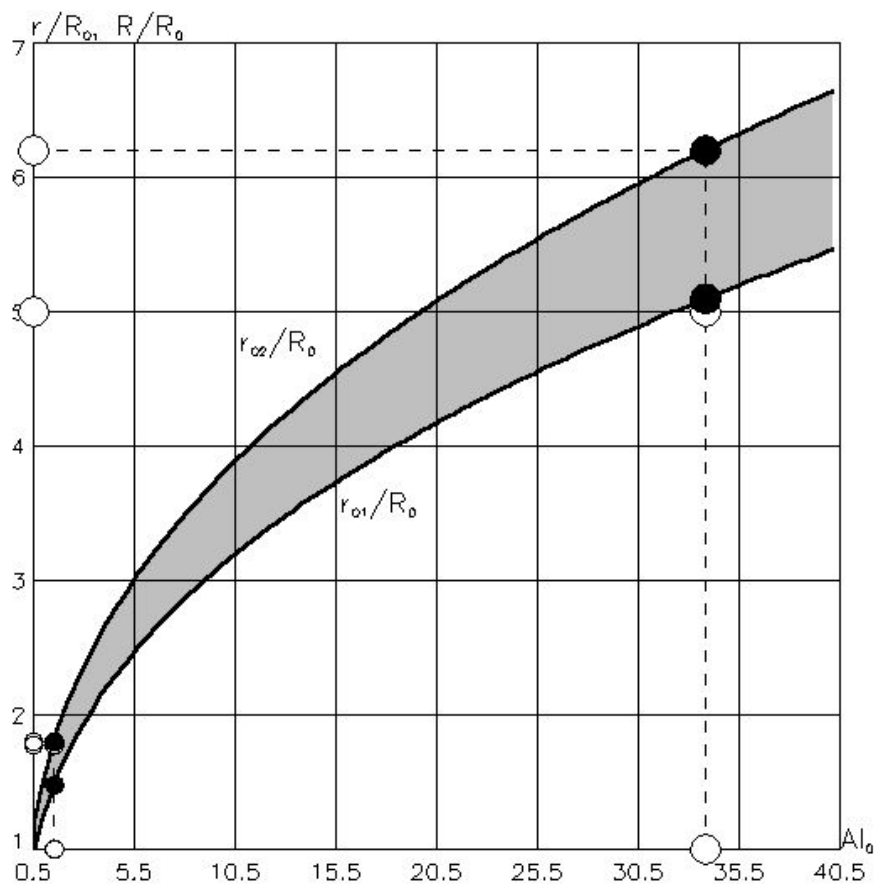


ES-область для праколец Юпитера, Сатурна и Урана



- ● Юпитер
- △ ▲ Сатурн, С
- △ ▲ Сатурн, В
- ▽ ▼ Сатурн, А
- ▽ ▼ Сатурн, F
- ■ Уран

ES-ОБЛАСТЬ ДЛЯ J-ТОРА



ПАРАМЕТР Ω И ПЛОТНОСТЬ ПЛАЗМЫ

$$\gamma\Omega = (V_M r_0/R_0)/(a r_0/R_0);$$

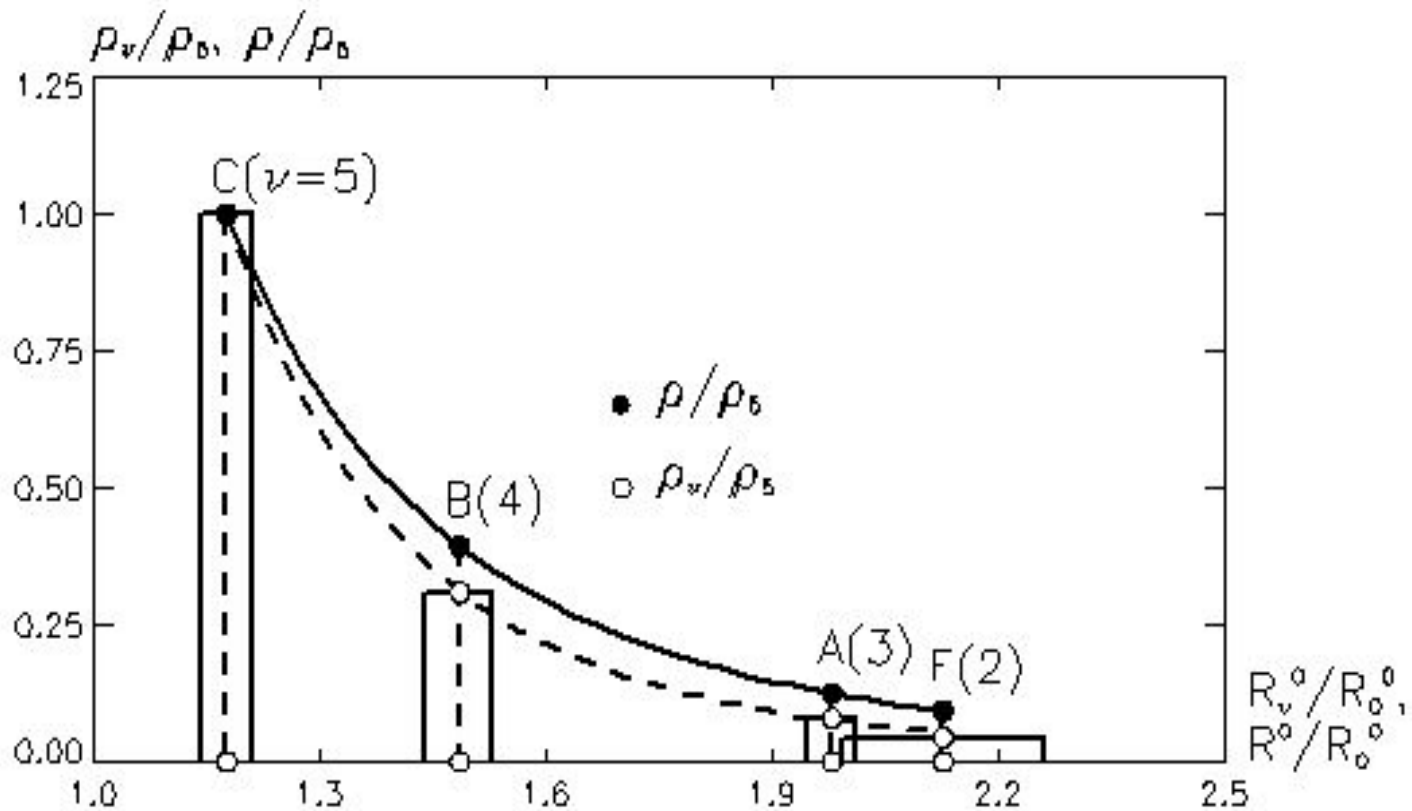
$$a r_0/R_0 = \text{const} = a_0, \quad V_M \gg \omega_0 r_0;$$

$$a = a_0 (R_0/r_0)^3 (\rho/\rho_0)^{-1/2}. \quad (2)$$

$$\rho/\rho_0 = (R_0/r_0)^4, \quad a = a_0 R_0/r_0,$$

$$\begin{aligned} (\gamma\Omega)^2 &= (V_M r_0)^2 / (a_0 R_0)^2 = \\ &= (V_{G0}/a_0)^2 (r_0/R_0) - 3. \end{aligned} \quad (3)$$

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙ ПРАКОЛЦА САТУРНА, В НАПРАВЛЕНИИ РАДИУСА



ПАРАМЕТР Ω И ЕГО ЭЛИТНЫЕ СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

РАЗРЕШАЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ

$$z_{k+2} - 2 \operatorname{ch} \alpha z_{k+1} + z_k = 0; \quad (4)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, K-1; K = N/2;$$

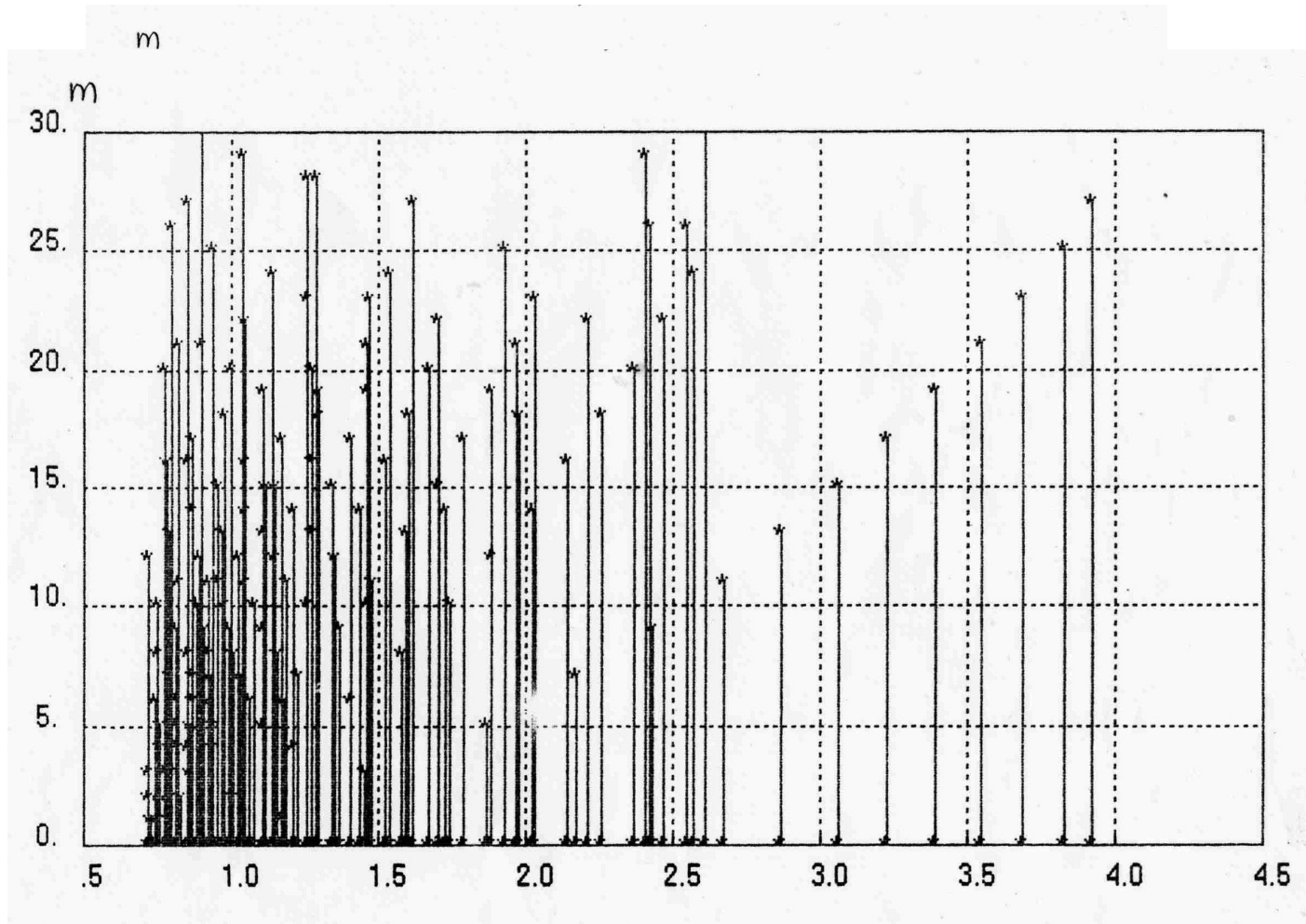
$$z_0 = 0; z_{K+1} = 0.$$

$$k = (\mu - 1)/2; m = \mu + 1 - \nu; \mu \gg 1;$$

$$p = i(\mu + 1 - \nu)\Omega = i[2(k + 1) - \nu]\Omega,$$

$$2 \operatorname{ch} \alpha = 2[1 - \nu \Omega^2 / (k + 1)]. \quad (5)$$

СПЕКТР ЭЛИТНЫХ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРА Ω



АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ Ω

$$\Omega_{vs} = ((K+1)/v)^{1/2} \sin(\pi s)/(2(K+1)); \quad (6)$$

$s = K - v + 1, K - v, K - v - 1, \dots, 1;$
 $k = s + v - 2; v = 1, 2, \dots, K; K = N/2.$

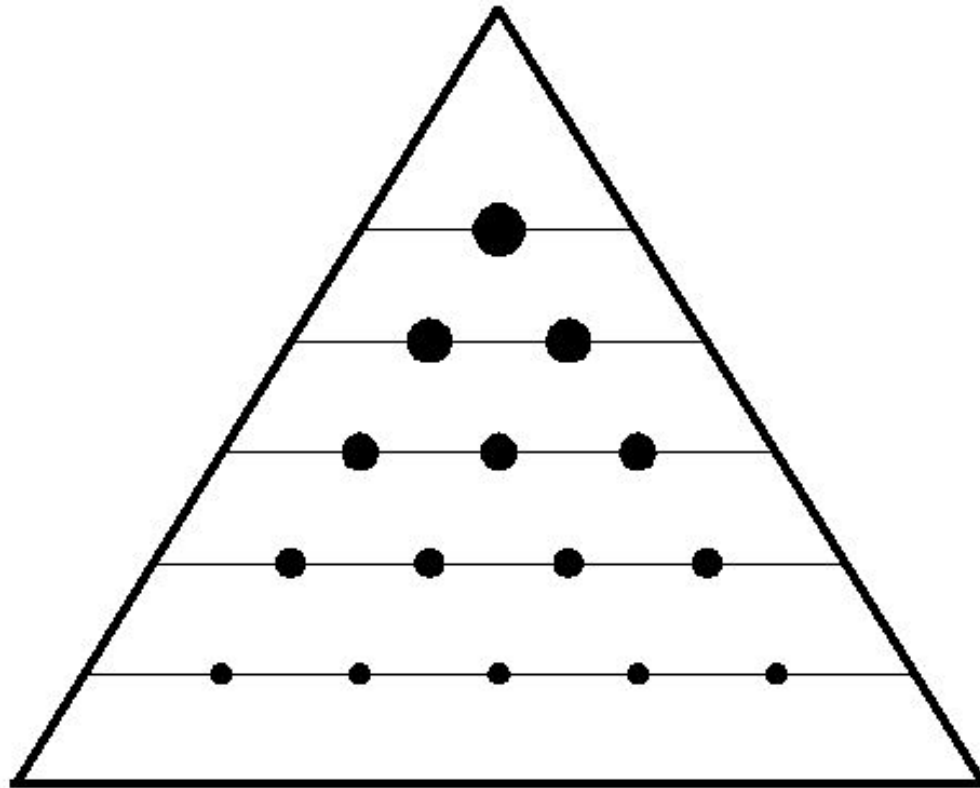
$$\Omega_{vkn} = (n/v)^{1/2} \sin(\pi k)/2n; \quad (7)$$

$k = 0, \pm l; l = K + 1 - v; n = K + 1; v = 1, 2, \dots, K.$

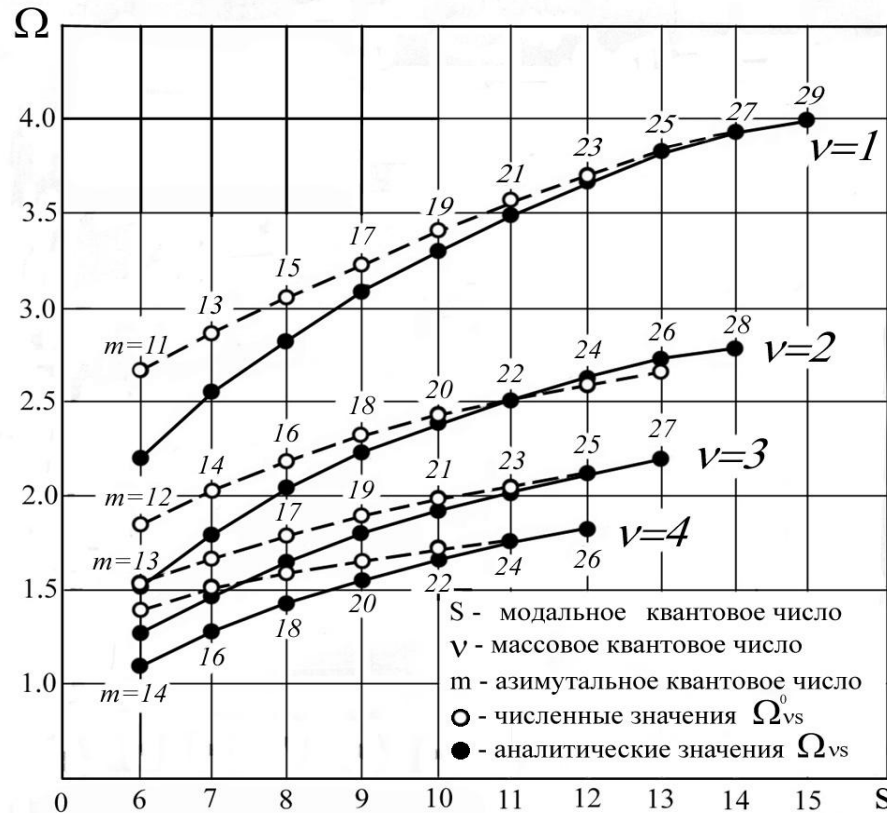
$$\Omega_{n\lambda_j} = (n/v)^{1/2} \sin(j\pi)/(2n); \quad (8)$$

$j = \pm \lambda; \lambda = K - v + 1/2; n = K + 1; v = 1, 2, \dots, K$

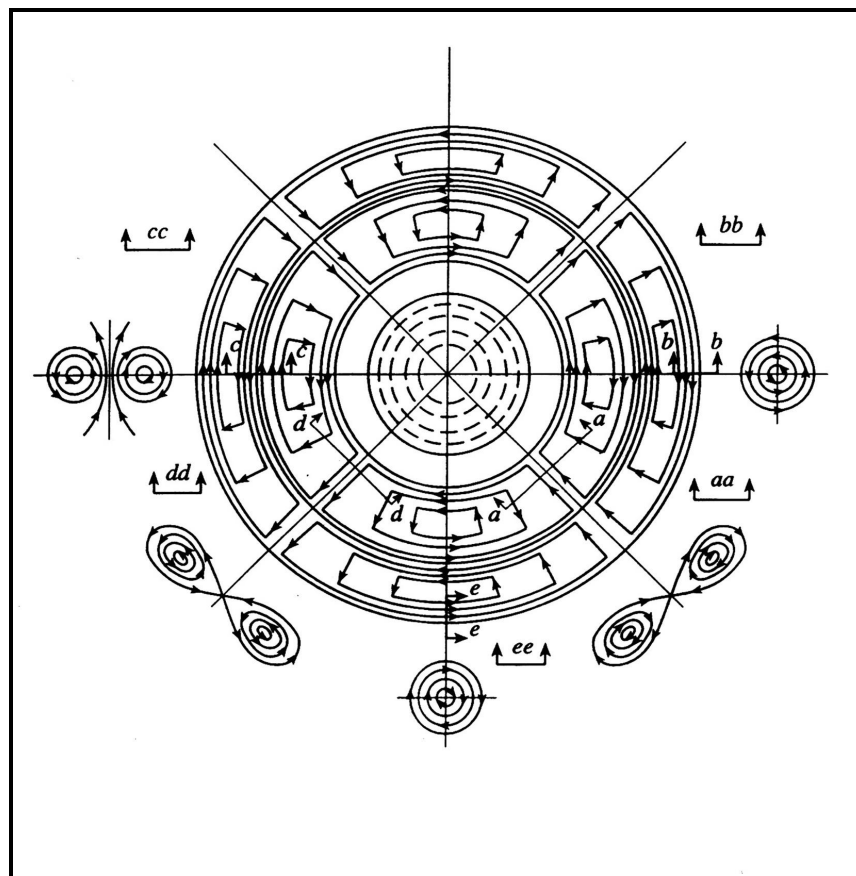
МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЭЛИТНЫХ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ Ω ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЕ



СМЕЖНЫЕ ЭЛИТНЫЕ ВИХРЕВЫЕ КОЛЬЦА. ДОМИНАНТНАЯ МОДА



Принцип элитных колец

Плазменное кольцо, вращающееся в гравитационно-магнитном поле, эволюционирует к системе дискретных элитных колец со средними радиусами, соответствующими элитным собственным значениям параметра Ω . Эти кольца характеризуются наличием долго живущих стационарных возмущений. Эволюционно зрелое плазменное кольцо представляет собой систему элитных колец, разделенных антикольцами, т.е. щелями. Радиусы средних линий первых объектов соответствуют целым квантовым числам n , l , m^ , а вторых – целому квантовому числу n и полуцелым квантовым числам λ и j*

СУПЕРЭЛИТНЫЕ КОЛЬЦА

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАДИУСОВ ЭЛИТНЫХ КОЛЕЦ

$$\begin{aligned}\tilde{R} &= \kappa (a_0 / V_{G0})^2 (\gamma\Omega + 3 / \gamma\Omega)^2; \\ \kappa &= \tilde{M} / \tilde{R}_0^2 = (R_0 / R_0^0) (\rho_* / \rho_*^0).\end{aligned}\tag{9}$$

$$\begin{aligned}\tilde{M} &= \kappa \tilde{R}_0^2; \quad \tilde{J} = J / J^0 = \kappa \tilde{R}_0^4; \\ \tilde{\omega}_0 &= \omega_0 / \omega_0^0 = \tilde{J}^{-1}; \quad \tilde{m} = m / m^0 = \tilde{R}^{-1}.\end{aligned}\tag{10}$$

Квантовые числа N и суперэлитные кольца

$$\gamma \Omega_v = v^{-1/2}; v = v_{PM}, v_{PM} + 1, \dots, v_{max} \ll [\gamma^{-2}] \quad (11)$$

$$\tilde{R}_v = (a_0 / V_{G0})^2 v [1 + 1/(3v)]^2; v = v_{PM}, v_{PM} + 1, \dots, v_{max}.$$

$$\rho_0 / \rho = (\overset{\boxtimes}{R}^0)^4 = A l_0^2 (\gamma^2 \Omega^2 + 3)^4 = [(a_0 / V_{G0})^2 / \tilde{M}]^4 [1 + 1/(3v)]^4.$$

$$N^2 = v; \quad \tilde{R}_N = (R_N / R_0) = (a_0 / V_{G0})^2 N^2; \quad (12)$$

$$k = 1/9; N = N_{PM}, N_{PM} + 1, \dots, N_{max} \ll \gamma^{-1}.$$

ИЗОМОРФНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И АТОМА ВОДОРОДА

Характеристика	Через изоморфные параметры	Через параметры прайкольца и центр. тела
Удвоенная секториальная скорость	$(RV)_N = (\hbar_G/m_G)N$	$(RV)_N = R_0 a_0 N$
Орбитальная скорость	$V_N = \alpha_G c/N$	$V_N = [(V_{G0})^2/a_0]/N$
Средний радиус орбиты	$R_N = (\hbar_G/m_G)/(\alpha_G c) N^2$	$R_N = (a_0/V_{G0})^2 R_0 N^2$
Период обращения	$T_N = 2\pi(\hbar_G/m_G)/(\alpha_G c)^2 N^3$	$T_N = 2\pi R_0 a_0^3/(V_{G0}^4) N^3$
Квант удвоенной секториальной скорости	\hbar_G/m_G	$R_0 a_0$
Постоянная тонкой структуры	$\alpha_G = GMm_G/(\hbar_G c)$	$\alpha_G = GM/(R_0 a_0 c)$

Критерий Блехмана [6]

Необходимым условием устойчивости системы отвечают такие начальные положения взаимодействующих тел, движущихся вокруг центрального тела по кеплеровым орбитам, при котором средняя потенциальная энергия системы является минимальной.

Критерий Блехмана (продолжение)

- 1. В случае круговой орбиты $N+1$ -го тела и эллиптической орбиты N -го тела устойчивости системы соответствует соединение при прохождении внутренним телом своего перицентра.*
- 2. В случае эллиптической орбиты $N+1$ -го тела и круговой орбиты N -го тела устойчивости системы соответствует противостояние при прохождении внешним телом своего апоцентра*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сценарий эволюции пракольца

1. Элитные кольца, возникающие на начальной стадии эволюции плазменного пракольца.
2. Суперэлитные кольца, из которых формируются вследствие гравитационной неустойчивости будущие планеты или спутники.

Сценарий эволюции пракольца (продолжение)

3. Отсутствие фазовой дестабилизации каждого из этих объектов гравитационными возмущениями со стороны всех остальных (необходимое условие устойчивости).
4. Амплитудно - фазовая стабилизация каждого из этих объектов гравитационными возмущениями со стороны всех остальных (достаточное условие устойчивости).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Благодаря учету магнитогидродинамических эффектов в эпоху предыстории праоблака удалось получить на основе асимптотического решения краевой задачи механики сплошных сред квантование орбит в возникших из него в ходе эволюции планетарных и спутниковых системах, то есть доказать первый пункт сформулированного принципа Четаева-Молчанова. В то же время второй пункт этого принципа продолжает пока носить эвристический характер.

Слова Макса Планка о кванте действия

«...Когда я оглядываюсь на времена двадцатилетней давности, времена, когда впервые из опытных фактов начали вырисовываться понятия и величины физического кванта действия, и на долгий и извилистый путь, приведший в конце концов к его открытию, то все это кажется мне теперь иллюстрацией к давно доказанным словам Гете, что человек заблуждается покуда у него есть стремления. И вся напряженная работа духа могла бы показаться прилежному исследователю тщетной и безнадежной, если бы иногда поразительные факты не давали ему в руки неопровержимые доказательства того, что он в конце своего тернистого пути, по крайней мере, хоть на шаг приблизился к истине...»

Из Нобелевской лекции, 1920 г.

Благодарности

Автор благодарен
Владимиру Игоревичу Арнольду,
представившему к публикации первую версию работы,
Равилю Равильевичу Назирову
за постоянное внимание и поддержку,
Михаилу Яковлевичу Марову
за благожелательное обсуждение концептуального базиса
работы,
Виктории Прохоренко
за творческое участие в подготовке доклада

Литература

1. *Четаев Н.Г.* Об устойчивых траекториях динамики. В сб. Устойчивость движения. Работы по аналитической механике. М.: Изд. АН СССР, 1962. С. 255.
2. *Молчанов А.М.* О резонансной структуре Солнечной системы. // Современные проблемы небесной механики и астродинамики. М.: Наука. Главная редакция физ. мат. литературы, 1973.
3. *Гареев Ф.А.* Геометрическое квантование микро- и макросистем. Планетарно-волновая структура адронных резонансов // Сообщения Объединенного Института Ядерных Исследований. Дубна, 1996. Р. 296-456.
4. *Чечельницкий А.М.* Система Урана. Солнечная система и волновая астродинамика. Прогноз теории и наблюдения КА "Вояджер 2" // ДАН СССР, 1988. Т. 303. № 5. С. 1082-1088.
5. *Chechelnitzsky A.M.* Neptune – unexpected and predicted. Prognosis of theory and Voyager 2 observations // Report (IAF-92-0009) to the World Space Congress. Washington, DC. AIAA Prepr., 1992.
6. *Блехман И.И.* Синхронизация в природе и в технике. М.: Наука. Главная редакция физ. мат. литературы, 1981.

Литература (продолжение)

7. *Альвен Х.* Космическая плазма. М.: Мир, 1983.
8. *Рабинович Б.И.* Магнитогидродинамика вращающихся вихревых колец из замагниченной плазмы // ДАН, 1996. Т. 351. № 3. С. 335 - 338.
9. *Рабинович Б.И.* Плазменное кольцо, вращающееся в гравитационно-магнитном поле. Вопросы устойчивости // ДАН, 1999. Т. 367. № 3. С. 345 - 348.
10. *Рабинович Б.И., Прохоренко В.И.* Задача Альвена и планетные пракольца. Проблема частичной коротации // Препринт ИКИ РАН, 1998. Пр –2000. С. 26.
11. *Рабинович Б.И., Прохоренко В.И.* Задача Альвена и планетные пракольца. Проблема квантования и устойчивости // Препринт ИКИ РАН, 1999. Пр –2007. С. 29.
12. *Рабинович Б.И.* Планетные кольца как реликты плазменных праколец // Препринт ИКИ РАН, 2005. Пр –2105. С. 26.