

## О неустойчивостях мелкомасштабных мод колебаний на фоне коллапсирующей модели протогалактики

Ж.М. Ганиев<sup>1</sup>, К.Т. Миргаджиева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Астрономический институт Академии наук Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

### Постановка задачи

Для исследования эволюционных процессов различных звездных систем многие авторы использовали их аналог с газовой моделью для сферических систем с показателем адиабаты, равным 5/3, а для дискообразных – равным 2. В работах Антонова (1962), Бинни и Трейман (2008), Поляченко и Фридмана (1984), и Фридмана и Хоперскова (2013) использованы приложения результатов по газовой среде к чисто звездным системам.

В работах Нуриддинова и др ((2000), (2014), (2015)) этот метод использован в обратном порядке, т.е. имея теоретические результаты в области бесстолкновительной сферической звездной системы, можно применить их к газовой системе и качественно изучить соответствующие динамические процессы.

При коллапсе сферической протогалактики из-за конкретных мелкомасштабных возмущений в первую очередь могут образоваться такие структурные образования, как протошаровые скопления звезд.

Интересно выяснить, что может соответствовать неустойчивости мелкомасштабных возмущений в самогравитирующем диске. На наш взгляд неустойчивость мелкомасштабных возмущений в дисковой подсистеме может привести к формированию газовых и молекулярных облаков, а далее, очевидно, к формированию системы рассеянных звездных скоплений (РЗС).

Известно, что плоская подсистема нашей Галактики содержит, прежде всего, систему РЗС. Вопросы происхождения системы РЗС нашей Галактики исследованы многими авторами в зависимости от металличности и возраста, а также от положения РЗС в системе.

Несмотря на многие имеющиеся данные по РЗС, вопросы происхождения их системы до сих пор остаются нерешенными. Поскольку эволюция коллапсирующего протогалактического облака происходит под воздействием гравитационной неустойчивости, для ее анализа необходимо построить радиально нестационарную модель а также на ее фоне провести расчет и анализ мелкомасштабных возмущений в коллапсирующих дискообразных системах, что до сих пор никем еще не выполнено.

В связи с этим нами была исследована проблема гравитационной неустойчивости трех мелкомасштабных возмущений на фоне модели коллапсирующего диска. Результаты численных расчетов нестационарных дисперсионных уравнений (НДУ) могут быть использованы для изучения проблемы формирования системы РЗС нашей Галактики.

### Коллапсирующая модель протогалактики

Нуриддиновым (1992) была построена модель пульсирующего диска с анизотропной диаграммой скоростей:

$$\Psi_{Aniz} = \frac{\sigma_0}{\pi} \left[ 1 + \Omega \cdot (xv_y - yv_x) \right] \cdot \chi \left( (1 - r^2/\Pi^2)(1 - \Pi^2 v_r^2) - \Pi^2 (v_r - v_a)^2 \right). \quad (1)$$

$$\Pi(t) = \frac{1 + \lambda \cos \psi}{1 - \lambda^2}, \quad t = \frac{\psi + \lambda \sin \psi}{(1 - \lambda^2)^{3/2}}, \quad v_a = -\lambda \frac{r \sin \psi}{\sqrt{1 - \lambda^2} \Pi^2}, \quad v_b = \frac{\Omega r}{\Pi^2}, \quad \sigma(\bar{r}, t) = \sigma_0 \sqrt{1 - \left( \frac{r}{\Pi} \right)^2}.$$

Где

$\Omega$  есть параметр вращения диска.

Амплитуда радиальной пульсации:  $\lambda = 1 - (2T/|U|)_0$ , ( $0 \leq \lambda \leq 1$ ),

причем  $(2T/|U|)_0$  - начальное вириальное отношение

### Нестационарное дисперсионное уравнение (НДУ)

$$a_{аниз}(\psi) = \frac{4}{N(N^2 - 1)\Pi^3} \gamma_m^N (N - 1)(N^2 + N - m^2) \overline{D}_N + i \Omega m (N^2 + N - m^2) d_N \quad (2)$$

$$\gamma_m^N = \frac{(N + m - 1)!!(N - m - 1)!!}{(N + m)!!(N - m)!!}; \quad \overline{D}_N = \int_{-\infty}^{\psi} E W^{N-1} \frac{dP_N}{d(\cosh)} d\psi; \quad W = \frac{1 + \lambda \cos \psi_1}{1 + \lambda \cos \psi};$$

$$E = \Pi^3(\psi_1) S(\psi, \psi_1) a(\psi_1); \quad d_N = \int_{-\infty}^{\psi} E I_N d\psi; \quad I_N = W^{N-1} \left[ \frac{1}{N + 2} \frac{d^2 P_{N+1}}{d(\cosh)^2} - \frac{P_N}{d(\cosh)} \right] \text{tgh};$$

$$\cosh = \frac{(\cos \psi + \lambda)(\cos \psi_1 + \lambda) + (1 - \lambda^2) \sin \psi \sin \psi_1}{(1 + \lambda \cos \psi)(1 + \lambda \cos \psi_1)}; \quad P_N(\cosh) \text{ - Полином Лежандра.}$$

### Результаты расчетов

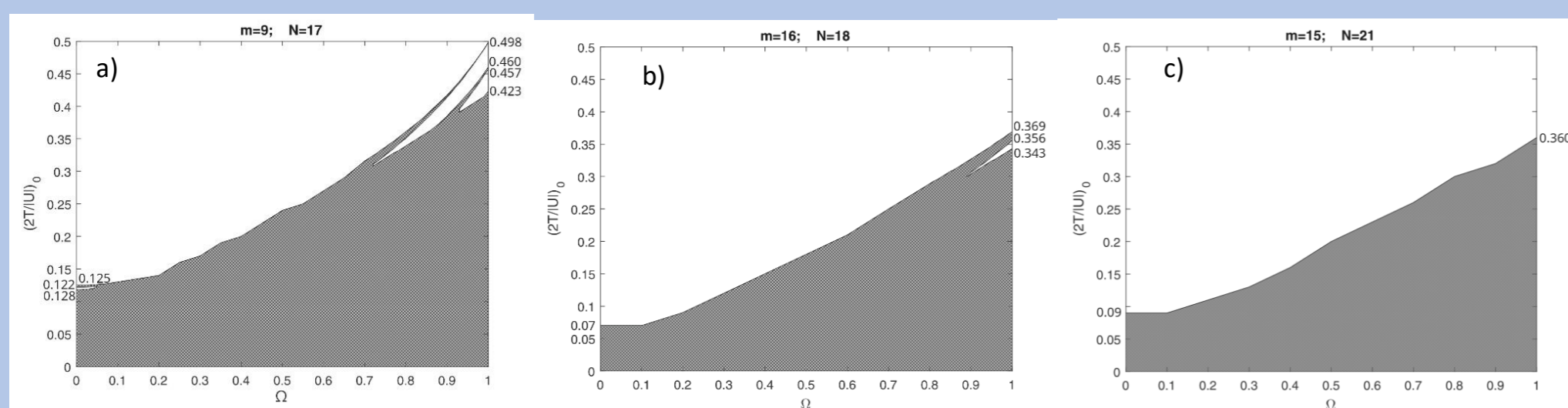


Рис. 1. Критические зависимости начального вириального отношения от параметра вращения для мод возмущений: а)  $m=9$ ;  $N=17$ , б)  $m=16$ ;  $N=18$ , в)  $m=15$ ;  $N=21$

Видно, что с ростом степени мелкомасштабности область неустойчивости постепенно сужается (Рис.1). Заметим, что при  $\Omega=0$  критические начальные значения равны  $(2T/|U|)_0 \leq 0.118$ ,  $(2T/|U|)_0 \leq 0.070$ ,  $(2T/|U|)_0 \leq 0.090$  для мод  $m=9$ ,  $N=17$ ,  $m=16$ ,  $N=18$ ,  $m=15$ ,  $N=21$  соответственно.

Результаты наших предыдущих расчетов показывают, что с ростом степени мелкомасштабности области устойчивости в критических диаграммах также растут, а значения начальных условий, наоборот, уменьшаются. Но в рассматриваемом нами случае, независимо от значения  $N$ , значения начальных условий для моды (16;18) меньше, чем у моды (15;21). Возможно, это связано с азимутальным волновым числом  $m$ , которое сильно влияет на результаты.

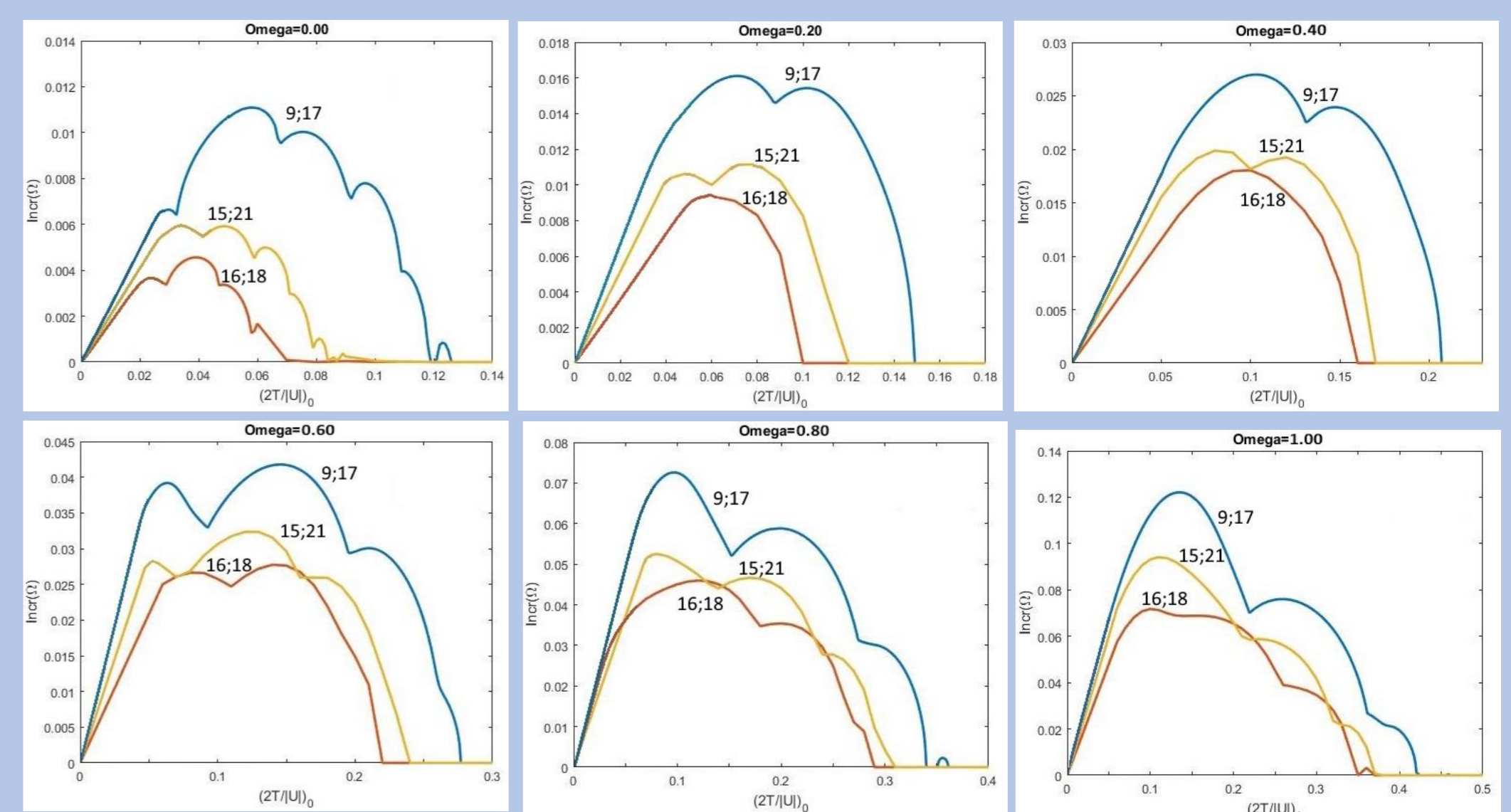


Рис. 2. Сравнение инкрементов неустойчивостей рассмотренных нами мелкомасштабных мод возмущений для различных значений параметра вращения.

### Выводы

В этой работе мы рассмотрели три мелкомасштабные моды возмущений ( $m=9$ ;  $N=17$ ,  $m=16$ ;  $N=18$  и  $m=15$ ;  $N=21$ ) на фоне коллапсирующей модели самогравитирующего диска и провели исследования проблемы их гравитационных неустойчивостей.

Построены критические диаграммы начального вириального отношения от параметра вращения и вычислены инкременты неустойчивостей.

Мы видим, что с ростом степени мелкомасштабности области устойчивости в критических диаграммах также растут. Отметим, что начальные условия для моды (16;18) имеет меньшее значения, чем у (15;21).

Найдены возможные начальные условия для формирования систем РЗС для нашей Галактики в зависимости от начального вириального параметра, характеризующего темпа коллапса.