

Слайд 1

Здравствуйте, меня зовут Александр Марчук, тема моего диплома «Двухжидкостная неустойчивость и крупномасштабное звездообразование в дисковых галактиках».

Слайд 2

Давно известна связь между крупномасштабным звездообразованием и количеством газа в дисковых галактиках. В основе физики этой связи лежит критерий гравитационной неустойчивости газового диска, который был сформулирован еще в 65 году. Если отношение поверхностной плотности газа к некоторой критической оказывается больше 1, то газовый диск становится неустойчивым. Это отношение выражается через характеристики газа — поверхностную плотность, эпициклическую частоту и скорость звука — или через безразмерное число, которое часто называют числом Тумре. В 89 году Киннекатт применил этот критерий для ряда галактик, и показал, что области, где наблюдается активное звездообразование, неустойчивы с точки зрения этого критерия, т. е. там это отношение > 1 .

Однако, такой простейший критерий не учитывает дестабилизирующее влияние звездного диска. Если учесть это влияние, то критерий гравитационной неустойчивости становится гораздо более сложным. В этом случае мы имеем задачу о двухжидкостной неустойчивости. Критерий двухжидкостной неустойчивости сформулирован Jog и Solomon в 1984 году, но в наиболее корректном виде он рассмотрен в работе Rafikov 2001 года. Критерий также сформулирован в терминах отношения поверхностной плотности газового диска к критической. В соответствующую формулу входят безразмерные числа Q для газового и звездного дисков, соответствующие выражения для которых аналогичны формуле слева. Также в формуле присутствует параметр s , определяемый как отношение скорости звука в газе к дисперсии скоростей в радиальном направлении, и k с чертой — безразмерное волновое число. Точно так же, как для одножидкостного критерия, если отношение поверхностной плотности газа к критической > 1 , то звездный диск неустойчив. На рисунке на левой половине слайда проиллюстрировано дестабилизирующее влияние звездного диска. На рисунке показана зависимость квадрата частоты возмущения от волнового числа. Если квадрат частоты больше нуля, то диск устойчив. На рисунке видно, что газовый диск устойчив, звездный диск — устойчив маргинально, а совместный газовой-звездный диск оказывается неустойчивым.

Применение одножидкостного критерия далеко не всегда дает неустойчивый диск в тех областях, где наблюдается звездообразование, особенно это касается периферии галактик. Если оставаться в рамках предположения о том, что крупномасштабное звездообразование регулируется гравитационной неустойчивостью, то естественно проверить динамический статус газовых дисков с точки зрения критерия двухжидкостной неустойчивости. Основная задача дипломной работы в этом и заключалась: применить критерий двухжидкостной неустойчивости к конкретным галактикам. Корректно такая работа ранее не проводилась по той причине, что для нее требуется большое количество наблюдательных данных, которые сложно получить.

Слайд 3

(перечислить какие наблюдательные данные, подчеркнуть пункты 2 и 3 как самые трудоемкие для наблюдений и отметить, что в совокупности данные имеются не более, чем для двух десятков объектов)

Слайд 4

Самих наблюдательных данных недостаточно, для применения критерия двухжидкостной неустойчивости необходимо из них восстановить трехмерное распределение звезд по скоростям, иначе — восстановить эллипсоид скоростей. Вся совокупность формул, связывающая наблюдаемые характеристики с профилями дисперсий скоростей в трех направлениях, представлена на этом слайде. Первые две формулы получены из условия равновесия звездного диска, вторые две связывают дисперсии скоростей вдоль луча зрения с компонентами эллипсоида скоростей. Массовая модель галактики, а именно профиль поверхностной плотности звездного диска, строится на основе профиля поверхностной

яркости и знания отношения масса-светимость, которое определяется из двухмерной фотометрии с учетом калибровок, представленных в работе Bell-a. Наиболее полное рассмотрение двухжидкостного критерия гравитационной неустойчивости требует знания о толщине звездного диска, которая может вносить стабилизирующий эффект, в отличие от дестабилизирующего эффекта самого звездного диска. Оценки толщины можно сделать из условия равновесия звездного диска в вертикальном направлении. Теперь у нас есть все необходимые данные, чтобы определить главные параметры задачи — безразмерные параметры Q для газового и звездного дисков, и, следовательно, значения эффективного безразмерного параметра Q , а следовательно, и отношение поверхностной плотности газа к критической, которое, напомним, должно быть больше 1 в областях, где диск неустойчив.

Слайд 5

Данные для моей работы были взяты из открытых источников или получены по личному запросу. Данные по распределению газа и газовая кинематика были взяты из вестерборгского радиообзора. Данные по звездной кинематике были взяты из нескольких перечисленных источников, данные по поверхностной фотометрии и декомпозиции галактики на балдж и диск брались из вот этих перечисленных работ.

Слайд 6

Была составлена выборка из 7 галактик. На этом слайде представлены изображения этих галактик либо в JRI цветах из обзора SDSS, либо в линии H-альфа. Обратим внимание на галактику NGC7217. На периферии этой галактики хорошо видно яркое кольцо из голубых звезд, в котором идет активное звездообразование, при этом известно, что с точки зрения одножидкостного критерия в этой области газовый диск устойчив. Это же касается и некоторых других галактик. Все эти галактики были обработаны с точки зрения двухжидкостного критерия и я продемонстрирую полученные результаты на примере галактики NGC7217.

Слайд 7

На этих картинках представлены полученные результаты. На верхних картинках изображены наблюдаемые кинематические профили. Слева сверху располагаются кривые вращения по газу, по звездам, которые были сглажены для того, чтобы можно было их использовать в теоретических моделях. Справа сверху показан профиль дисперсии скоростей вдоль луча зрения вдоль большой оси, также сглаженный. Внизу изображены восстановленные величины. Слева — профили дисперсии скоростей в трех направлениях (радиальном, азимутальном и вертикальном). И, наконец, самая главная картинка — профили отношения поверхностной плотности газа к критическому значению. Красным цветом вдоль оси x показаны области звездообразования на периферии. Синяя кривая — это результат применения одножидкостного критерия для этого случая. Как видно, везде рассматриваемое отношение существенно меньше 1, т. е. диск устойчив. Зеленая и красная линии — это результат применения двухжидкостного критерия в разных формулировках. Хотя отношение поверхностной плотности газа к критическому немного меньше 1, но оно близко к пограничному значению и можно считать, что газовый диск лишь маргинально устойчив именно в тех областях, где наблюдается звездообразование. Таким образом, можно связать звездообразование в этих областях с неустойчивостью газового диска. Я также рассмотрел вопрос о дестабилизирующем влиянии толщины звездного диска. Для NGC7217 оно оказалось значительным, но нет уверенности, что профиль толщины был восстановлен корректно.

Слайд 8

В результате проведенной работы были получены как методические выводы, так и важные результаты, касающиеся динамического статуса газового диска галактик. Ряд из них я перечислю (читаю пункты 2-3-4, но не совсем по тексту, а близко).

Слайд 9

У меня все, спасибо за внимание.