

УДК 524.74

ДИСПЕРСИЯ СКОРОСТЕЙ ЗВЁЗД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ ОКРУЖЕНИЯ ПРИ ФИКСИРОВАННЫХ ПАРАМЕТРАХ ИЛИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕМЕЙСТВ ГАЛАКТИК ОСНОВНОЙ ВЫБОРКИ ОБЗОРА SDSS DR 10

© 2015 Дэн Синьфа*, Цзян Пэн, Чжун Шуанъин, Дин Инпин

School of Science, Nanchang University, Jiangxi, 330031 China

Поступила в редакцию 05 июня, 2014; принята в печать 18 сентября, 2014

Используя ограниченную по видимым величинам Основную выборку галактик (Main Galaxy Sample) Слоуновского цифрового обзора неба (SDSS DR10), мы исследовали зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения при фиксированных параметрах или для разных семейств галактик. Ограничение или фиксирование некоторых параметров оказывает существенное влияние на эту зависимость, что может означать, что соотношение «дисперсия скоростей звезд–плотность» по большей части обусловлено связью между плотностью окружения и другими параметрами галактик. Для красных галактик зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения очень сильна на некоторых красных смещениях. Эта зависимость еще наблюдается в некоторых интервалах красного смещения для галактик поздних типов, галактик с большими (HSM) и малыми (LSM) массами звездной составляющей, но достаточно слаба во всех бинах для галактик ранних типов и голубых галактик.

Ключевые слова: *галактики: фундаментальные параметры — галактики: статистика*

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение корреляций между свойствами галактик и их окружением давно является важной темой в астрофизике (например, [1–27]). Статистические результаты в этой области могут обеспечить проверку моделей формирования и эволюции галактик. Иерархические модели формирования галактик предсказывают наличие корреляций между светимостями и силами кластеризации или внешней средой галактик (например, [28, 29]). Такая тенденция была подтверждена многими статистическими исследованиями наблюдательного материала (например, [7, 9–11, 18, 21–24]). Льюис и др. [8] показали, что низкие темпы звездообразования далеко за пределами вириализованного скопления могут исключить интенсивные физические процессы, такие как выветривание газа диска за счет динамического давления [30]. Несколько исследований продемонстрировали, что галактики в разреженной среде в основном моложе галактик в среде с высокой плотностью (например, [31–44]). Такая зависимость «возраст–плотность» согласуется с современной парадигмой иерархического формирования (например, [45, 46]). Харкер и

др. [47] утверждали, что изменение свойств галактик в зависимости от окружения, скорее всего, происходит за счет связи между свойствами галактики.

Согласно Основной выборке галактик (Main Galaxy Sample) [48] SDSS DR 10 [49, 50], дисперсия звездных скоростей галактик сильно зависит от их окружения: галактики с большими дисперсиями скоростей звезд, как правило, находятся в плотных областях Вселенной, тогда как галактики с малыми дисперсиями звездных скоростей обычно находятся в областях низкой плотности. После открытия сильных корреляций между некоторыми свойствами галактик и их окружением стало обычным изучать зависимость этих свойств от среды при фиксированных параметрах или для разных семейств галактик [11, 15, 20, 27, 51–61]. Например, Дэн [61] исследовал зависимость светимости в фильтре u от окружения при фиксированных параметрах или для разных типов галактик, используя основную выборку галактик SDSS DR 8 [62], ограниченную по видимым величинам. Было найдено, что аномальная зависимость светимости в фильтре u от плотности окружения для галактик поздних типов и галактик с малой звездной массой (LSM) достаточно сильна в диапазоне красных смещений $0.03 \leq z \leq 0.09$, тогда как для галактик ранних ти-

*E-mail: xinfadeng@163.com

пов, галактик с большой звездной массой (HSM), красных и голубых галактик эта зависимость очень слаба почти на всех красных смещениях. В данной работе мы исследуем зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения при фиксированных параметрах или для разных типов галактик.

Статья построена следующим образом. В разделе 2 описаны используемые данные. В разделе 3 мы обсуждаем зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения при фиксированных параметрах или для разных типов галактик. Наши основные результаты и заключения представлены в разделе 4.

При вычислении расстояний мы используем космологическую модель с плотностью вещества $\Omega_0 = 0.3$, космологической константой $\Omega_\Lambda = 0.7$ и постоянной Хаббла $H_0 = 70 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$.

2. ДАННЫЕ

Основная выборка галактик SDSS [48] включает галактики ярче $r_{\text{petro}} = 17.77$ (видимые величины Петросяна в фильтре r) и представляет собой самую большую и ценную выборку галактик в Местной Вселенной. В этой выборке медианное красное смещение составляет 0.10, и она почти не содержит галактик дальше $z = 0.25$; большинство галактик находятся в диапазоне красных смещений $0.02 \leq z \leq 0.2$.

Дэн [50] загрузил данные Основной выборки галактик SDSS Data Release 10 с сервера Catalog Archive Server [49], пользуясь поисковой системой SDSS SQL Search (<http://www.sdss3.org/dr10/>), извлек 633 172 галактик с красными смещениями в интервале $0.02 \leq z \leq 0.2$ (Основная выборка соответствует `LEGACY_TARGET1 & (64 | 128 | 256) > 0`) и построил Основную выборку галактик, ограниченную по видимым величинам. Эта выборка используется и в настоящей работе. Набор данных по измерениям дисперсии скоростей звезд загружен из таблицы `emissionLinesPort`. Так как мы хотим исследовать зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для фиксированных масс звезд, мы также загрузили набор данных по измерениям звездных масс из таблицы `stellarMassStarformingPort`, полученной с использованием шаблона звездообразования и начальной функции масс Кroupa [63]. Мы учитываем потерю массы за счет эволюции звезд и используем максимально подходящие значения звездных масс (в $\lg M_\odot$). При вычислении цветов галактик мы учитываем галактическую экстинкцию и используем звездные величины Петросяна.

3. ЗАВИСИМОСТЬ ДИСПЕРСИИ ЗВЕЗДНЫХ СКОРОСТЕЙ ОТ ПЛОТНОСТИ ОКРУЖЕНИЯ ПРИ ФИКСИРОВАННЫХ ПАРАМЕТРАХ ИЛИ ДЛЯ РАЗНЫХ СЕМЕЙСТВ ГАЛАКТИК

Следуя предыдущим работам [50, 61, 64], мы применили проекцию локальной плотности $\Sigma_5 = N/\pi d_5^2$ (число галактик на Мпс^{-2} , $N = 5$), где d_5 — расстояние до пятой ближайшей соседней галактики в пределах $\pm 1000 \text{ км с}^{-1}$ по красному смещению [51, 65, 66], и разделили полную Основную выборку галактик, ограниченную по видимой величине, на подвыборки с размером бина красного смещения $\Delta z = 0.01$. Как и в работе Дэна и др. [22], в каждой подвыборке мы выстраиваем галактики в порядке от самой маленькой плотности до самой большой и выбираем примерно 5% галактик для построения двух выборок из объектов с крайними значениями плотности. Выборка из объектов с низкой плотностью содержит первые 5% галактик в порядке плотности, а выборка с высокой плотностью состоит из последних 5% галактик.

3.1. Зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения при фиксированной морфологии

Индекс концентрации является часто используемым параметром, который близко связан с морфологическим типом [67–72] и может служить в качестве инструмента морфологической классификации [70–73]. Как и в предыдущих работах [20, 22, 24, 56, 61], в настоящей статье мы используем индекс концентрации в фильтре r $c_i = R_{90}/R_{50}$ для отделения галактик ранних типов ($c_i \geq 2.86$) от галактик поздних типов ($c_i < 2.86$) [70, 71]. R_{50} и R_{90} — радиусы, охватывающие 50% и 90% потока в системе Петросяна соответственно. Мы разделили Основную выборку галактик SDSS DR 10, ограниченную по видимым величинам, на две подвыборки: выборка ранних типов (содержит 201 630 галактик) и выборка поздних типов (содержит 431 542 галактик).

Многие исследования проливают свет на зависимость свойств галактик от окружения для определенных морфологических типов: ранних или поздних. Томас и др. [74] сообщают, что соотношение $\alpha/\text{Fe}-\sigma$ (и его разброс) для галактик ранних типов очень слабо зависит от локальной плотности. Бернарди и др. [75] также продемонстрировали, что свойства галактик ранних типов почти не зависят от окружения. Болл и др. [76] показывают, что ни цвет, ни морфология красных/ранних галактик не

меняются существенно с плотностью, в то время как голубые/поздние галактики с увеличением плотности краснеют. Парк и др. [53], Дэн и др. [56] и Дэн [20, 61] показали, что корреляции между многими свойствами галактик и плотностью окружения в выборках галактик позднего типа существенно сильнее корреляций в выборках галактик раннего типа. Однако в галактиках ранних типов также есть некоторые параметры, которые сильно коррелируют с плотностью окружения. Ла Барбера и др. [77] нашли, что от окружения сильно зависят градиенты цветов в галактиках ранних типов. Томас и др. [37] показали, что массивные ранние галактики в областях низкой плотности кажутся в среднем примерно на 2 Гуг моложе своих аналогов в областях с высокой плотностью. Парк и др. [53] и Дэн и др. [56] заметили, что зависимость светимости в фильтре r от плотности окружения сильнее для галактик ранних типов.

На рис. 1–2 показаны распределения дисперсии звездных скоростей для обоих экстремальных значений плотности в разных интервалах красного смещения для выборок ранних и поздних типов. Мы также провели тест Колмогорова–Смирнова (КС). Статистические результаты теста приведены в таблице 1.

Дэн [50] продемонстрировал, что в Основной выборке галактик, ограниченной по видимым величинам, дисперсия скоростей звезд в галактиках сильно зависит от локальной среды почти на всех красных смещениях (см. рис. 2 и таблицу 1 в [50]). В этой работе, как показано на рис. 2 и в таблице 1, при заданной морфологии галактик зависимость дисперсии скоростей звезд в галактиках от плотности окружения сильно уменьшается, но еще наблюдается в нескольких интервалах красного смещения для поздних типов. Данные говорят о том, что ограничение или фиксация морфологии галактик оказывает значительное влияние на зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения в исследуемых галактиках, из чего следует, что соотношение дисперсия звездных скоростей—плотность выполняется по большей части за счет соотношения между морфологией и плотностью.

3.2. Зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения для галактик с большими и малыми массами звездной составляющей

Кауффманн и др. [78] продемонстрировали наличие резкого перехода в физических свойствах галактик при звездной массе $3 \times 10^{10} M_{\odot}$. Галактики с малыми массами звездной составляющей (LSM) имеют низкую поверхностную плотность массы, низкие индексы концентрации, типичные для дисков, и молодое звездное население, тогда как галактики с большой звездной массой (HSM)

Таблица 1. Вероятности по критерию Колмогорова–Смирнова (КС) того, что два независимых распределения в каждом интервале красного смещения на рис. 1–2 выбраны из одного исходного распределения

Интервал красного смещения	Ранний тип		Поздний тип	
	Число галактик	P	Число галактик	P
0.02–0.03	4571	0.046	19350	0.053
0.03–0.04	6177	2.98×10^{-5}	23517	1.99×10^{-7}
0.04–0.05	7075	0.0026	25167	8.46×10^{-5}
0.05–0.06	8372	1.90×10^{-5}	28009	7.96×10^{-13}
0.06–0.07	11561	6.71×10^{-8}	35390	2.08×10^{-7}
0.07–0.08	15181	1.42×10^{-6}	42233	9.37×10^{-16}
0.08–0.09	15263	1.88×10^{-8}	39731	2.51×10^{-17}
0.09–0.10	13007	2.19×10^{-9}	31309	1.30×10^{-8}
0.10–0.11	13668	1.18×10^{-8}	30365	3.33×10^{-12}
0.11–0.12	15875	2.33×10^{-9}	31015	1.30×10^{-11}
0.12–0.13	14602	1.12×10^{-8}	26622	1.01×10^{-9}
0.13–0.14	15531	5.42×10^{-10}	25198	1.21×10^{-7}
0.14–0.15	13057	1.40×10^{-7}	19603	4.35×10^{-5}
0.15–0.16	11872	2.71×10^{-5}	16316	0.011
0.16–0.17	10857	1.71×10^{-5}	13011	0.0015
0.17–0.18	9486	2.97×10^{-5}	10409	0.30
0.18–0.19	8412	0.34	8170	0.37
0.19–0.20	7063	0.031	6127	0.066

имеют высокую поверхностную плотность массы, высокие индексы концентрации, типичные для балджей, и в основном старое звездное население. Поэтому для сравнительного анализа выборки галактик часто делят на две различные группы по звездной массе больше или меньше $3 \times 10^{10} M_{\odot}$: HSM- и LSM-галактики. Таким же образом, следуя Кауффманну и др. [78], мы разделили ограниченную по видимым величинам Основную выборку галактик SDSS DR 10 на две выборки по звездной массе больше или меньше $3 \times 10^{10} M_{\odot}$: выборку HSM (250 653 галактик) и выборку LSM (382 519 галактик). В таблице 2 приведено количество HSM- и LSM-галактик в каждом интервале красного смещения.

Кауффманн и др. [15] и Бамфорд и др. [54] показали, что при фиксированной звездной массе цвет, звездообразование и ядерная активность все равно сильно зависят от локальной плотности, тогда как морфология, размер и концентрация слабо коррелируют с плотностью окружения. Дэн и др. [58] продемонстрировали, что для HSM- и

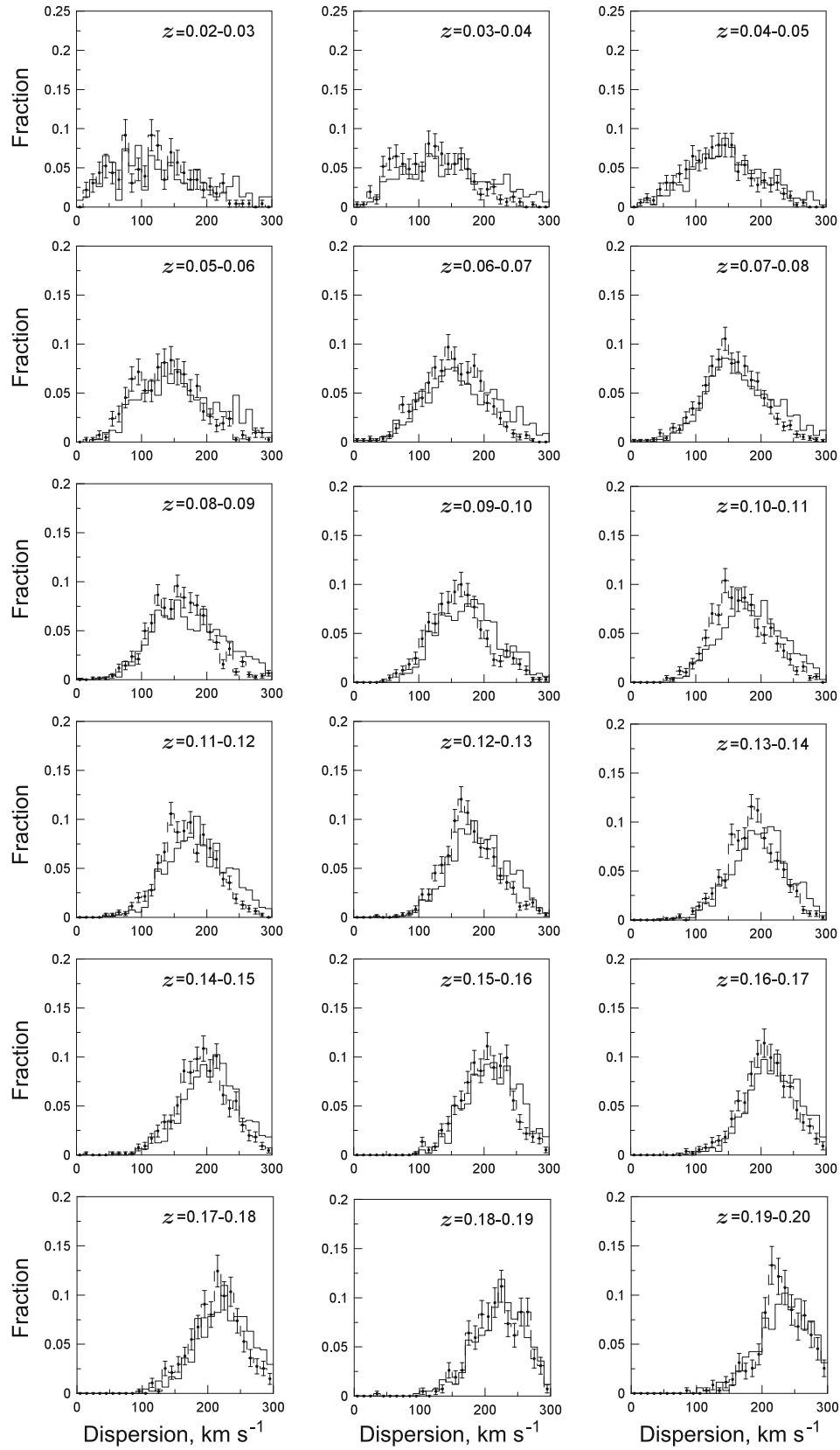


Рис. 1. Распределения дисперсии скоростей звезд в галактиках ранних типов при двух крайних значениях плотности окружения в разных интервалах красного смещения: сплошными линиями показаны выборки с высокой плотностью, штриховыми — с малой. Усы погрешностей на штриховых линиях показывают пуассоновские ошибки 1σ . Для наглядности ошибки опущены для сплошных линий.

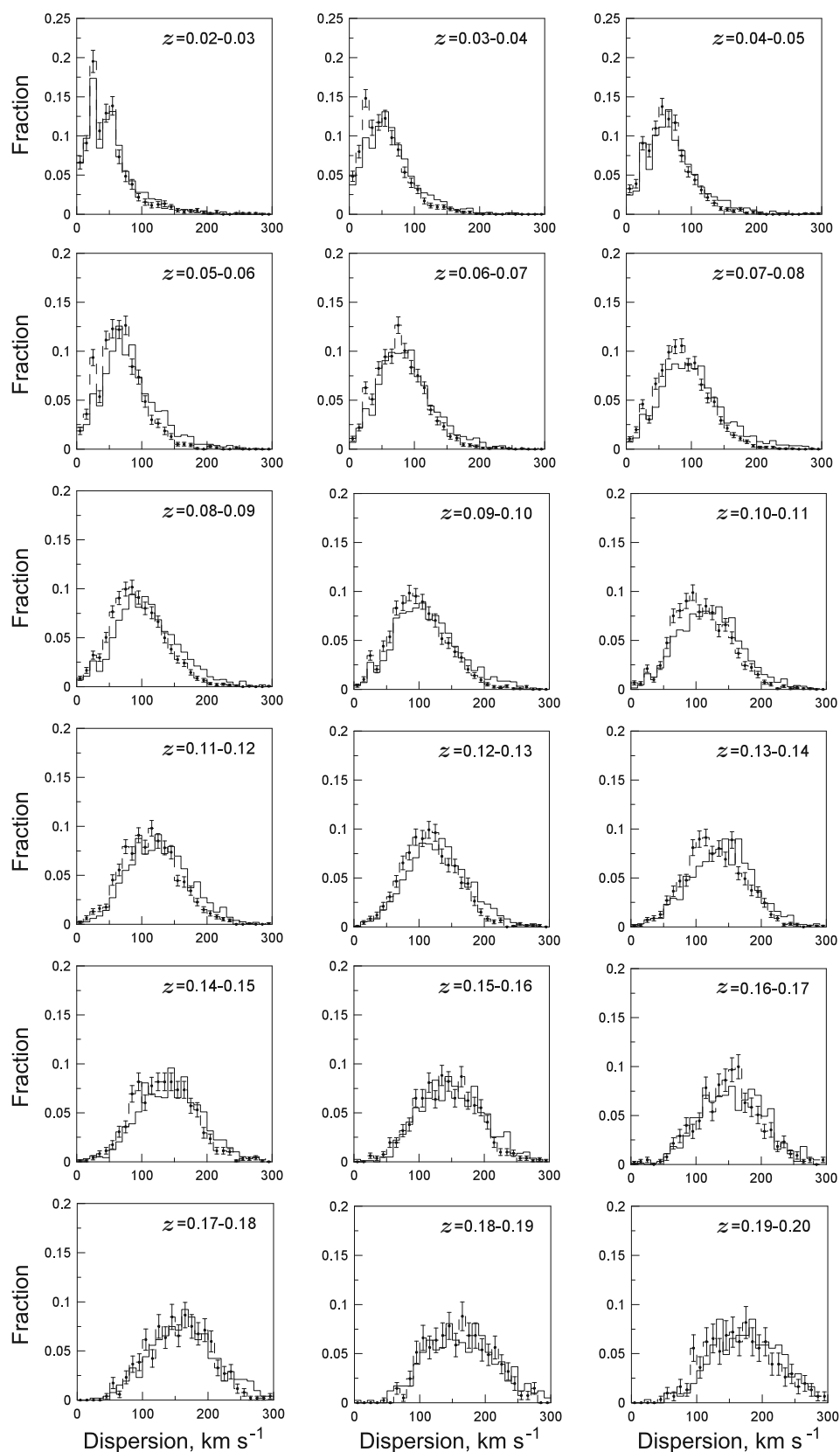


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но для распределений дисперсии звездных скоростей в галактиках поздних типов при двух крайних значениях плотности в разных интервалах красного смещения.

Таблица 2. Вероятности по критерию Колмогорова–Смирнова (КС) того, что два независимых распределения в каждом интервале красного смещения на рис. 3–4 выбраны из одного исходного распределения

Интервал красного смещения	Массивные		Маломассивные	
	Число галактик	P	Число галактик	P
0.02–0.03	2065	0.00074	21856	2.25×10^{-5}
0.03–0.04	3196	0.0012	26498	7.00×10^{-15}
0.04–0.05	4364	3.67×10^{-6}	27878	3.45×10^{-11}
0.05–0.06	5747	0.00055	30634	1.11×10^{-12}
0.06–0.07	9231	5.20×10^{-7}	37720	3.90×10^{-13}
0.07–0.08	13995	1.37×10^{-6}	43419	2.45×10^{-15}
0.08–0.09	16155	1.14×10^{-13}	38839	1.87×10^{-12}
0.09–0.10	15118	6.92×10^{-16}	29198	5.60×10^{-06}
0.10–0.11	17307	1.85×10^{-15}	26726	7.38×10^{-07}
0.11–0.12	21273	1.69×10^{-13}	25617	2.66×10^{-06}
0.12–0.13	20473	3.64×10^{-14}	20751	0.0053
0.13–0.14	22552	1.41×10^{-18}	18177	0.0086
0.14–0.15	19920	7.62×10^{-16}	12740	0.25
0.15–0.16	19144	2.02×10^{-9}	9044	0.48
0.16–0.17	17834	2.31×10^{-11}	6034	0.39
0.17–0.18	16069	7.60×10^{-9}	3826	0.83
0.18–0.19	14354	6.29×10^{-7}	2228	0.32
0.19–0.20	11856	5.25×10^{-8}	1334	0.059

LSM-галактик цвет, морфология и звездообразование также очень чувствительны к плотности окружения, в то время как размер зависит от нее очень слабо. Дэн и др. [27] показали, что зависимость от плотности окружения темпа звездообразования (SFR) и удельного темпа звездообразования (SSFR, темп звездообразования на единицу звездной массы) для ярких HSM-галактик и слабых LSM-галактик остается очень сильной, тогда как эта зависимость для ярких LSM-галактик существенно слабее. Дэн и др. [27] также нашли, что доля AGN в HSM-галактиках уменьшается с увеличением плотности, а в LSM-галактиках почти не зависит от локальной плотности. В ограниченной по видимым величинам Основной выборке галактик Дэн [61] обнаружил, что аномальная зависимость светимости в фильтре u от плотности окружения для LSM-галактик достаточно сильна в диапазоне красного смещения $0.03 \leq z \leq 0.09$, тогда как эта зависимость для HSM-галактик очень слаба почти во всех бинах красного смещения. Дэн [61] предположил, что такое поведение мо-

жет быть характерным для большинства LSM-галактик, соответствующих поздним типам.

На рис. 3–4 представлены распределения дисперсии звездных скоростей для двух крайних значений плотности в различных интервалах красного смещения для выборок HSM и LSM. Как следует из рис. 3–4 и таблицы 2, зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для HSM- и LSM-галактик гораздо слабее, чем эта же зависимость для полной ограниченной по видимым величинам Основной выборки галактик, но все еще может наблюдаться на некоторых красных смещениях. Сложно сделать заключение о том, для какого из двух галактических населений дисперсия звездных скоростей сильнее зависит от плотности окружения. Мы видим, что зависимость свойств галактик от окружения при фиксированных звездных массах действительно сложна. Этот вопрос заслуживает дальнейшего исследования.

3.3. Зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для голубых и красных галактик

Блантон и др. [11] утверждают, что цвет галактики — это то свойство, которое лучше всего предсказывает локальные окружения. Дэн и Зоу [55], Скибба и др. [79] и Дэн и др. [60] продемонстрировали, что ограничение цвета в исследуемом наборе данных оказывает существенное влияние на зависимость от плотности окружения некоторых галактических свойств, таких как светимость галактики, индекс концентрации, морфология, SFR, SSFR и звездная масса. Дэн и др. [73] даже заключили, что цвет является фундаментальным параметром в корреляциях между свойствами галактик и их окружением, и что многие другие соотношения между галактическими свойствами и плотностью, вероятно, обусловлены соотношением между цветом и плотностью. В данном разделе мы исследуем зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для голубых и красных галактик. Мы классифицируем галактики из ограниченной по видимым величинам Основной выборки SDSS DR 10, находящиеся выше порога (наблюдаемое $u - r = 2.22$), определенного Стратовой и др. [80], как «красные», ниже порога — как «голубые». Красная выборка содержит 354 337 галактик, синяя — 278 835.

Дэн [61] заметил, что аномальная зависимость светимости в фильтре u от плотности окружения для голубых и красных галактик достаточно слаба почти на всех красных смещениях. На рис. 5–6 и в таблице 3 показано, что зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения для красных галактик очень сильна в некоторых интервалах красного смещения, но эта зависимость для

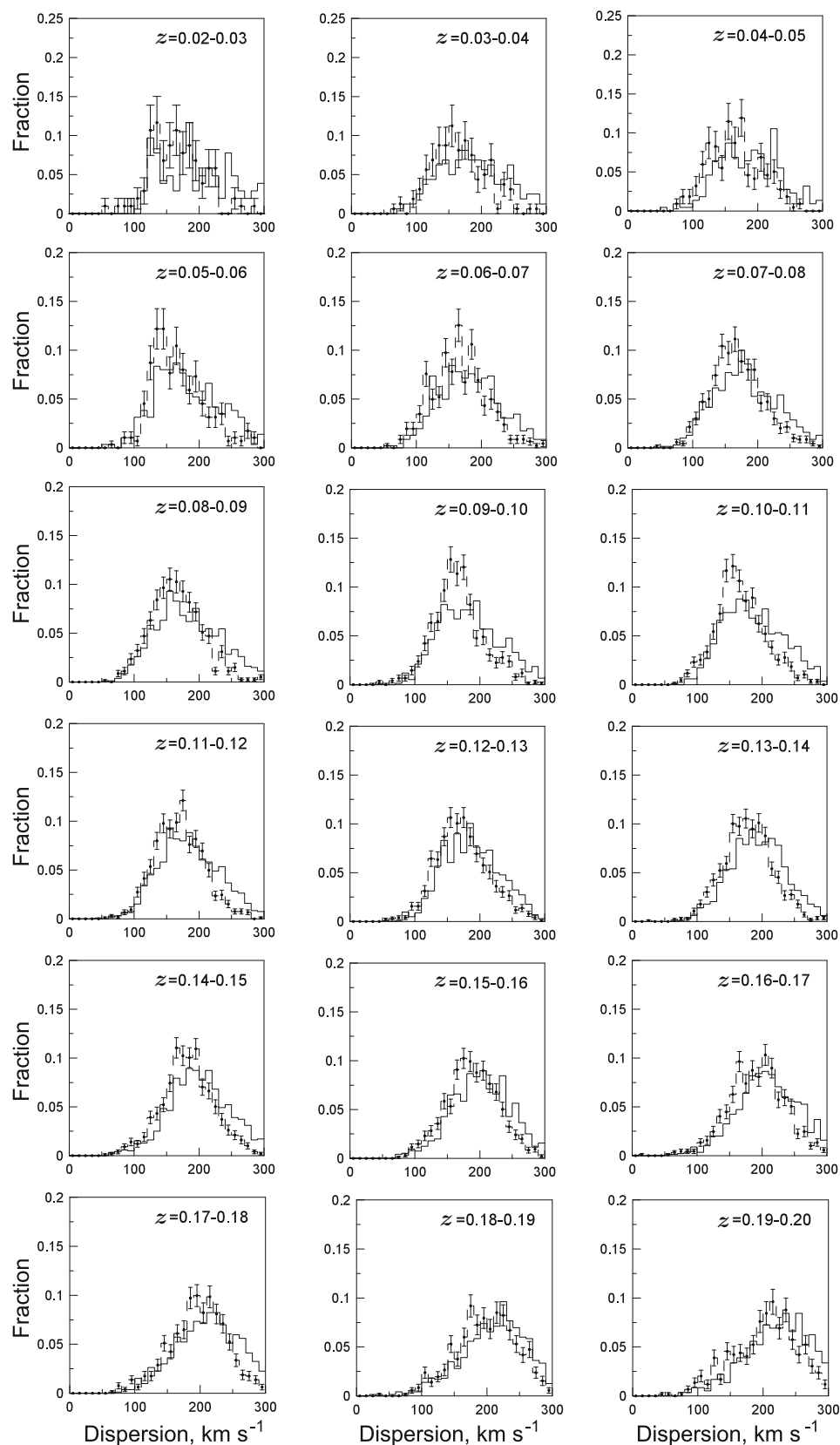


Рис. 3. То же, что на рис. 1, но для распределений дисперсии звездных скоростей в HSM-галактиках при двух крайних значениях плотности в разных интервалах красного смещения.

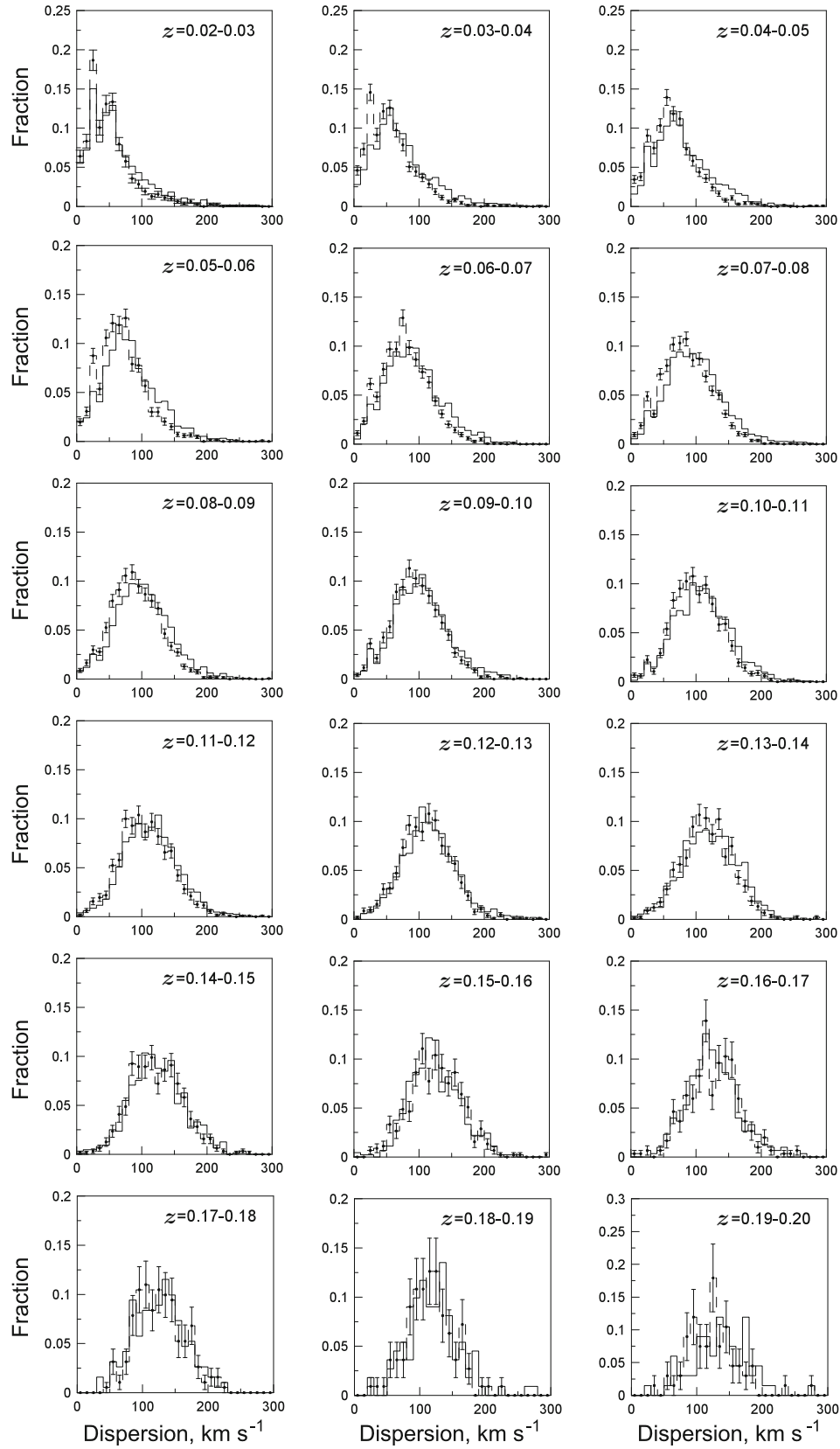


Рис. 4. То же, что на рис. 1, но для распределений дисперсии звездных скоростей в LSM-галактиках при двух крайних значениях плотности в разных интервалах красного смещения.

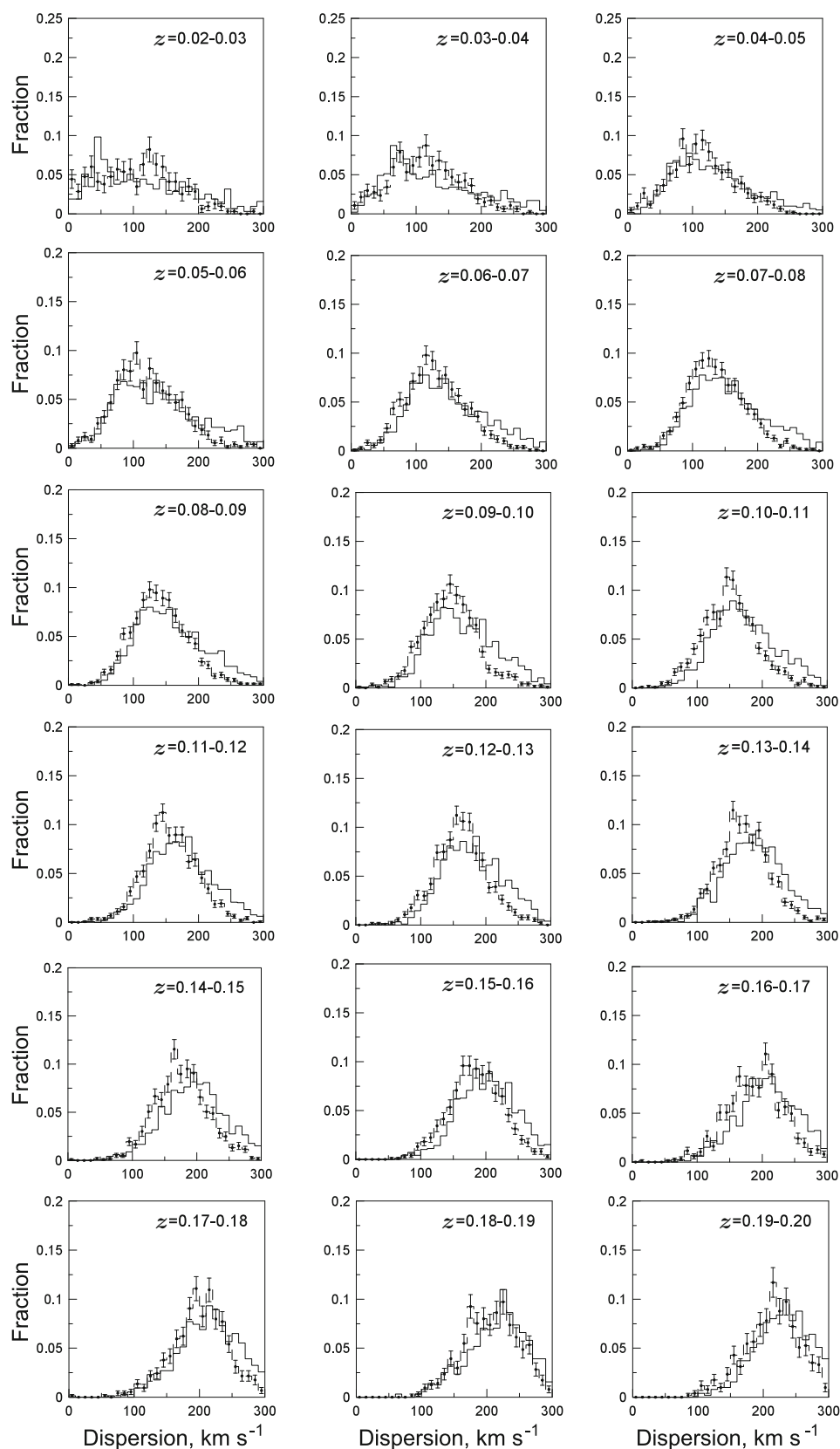


Рис. 5. То же, что на рис. 1, но для распределений дисперсии звездных скоростей в красных галактиках при двух крайних значениях плотности в разных интервалах красного смещения.

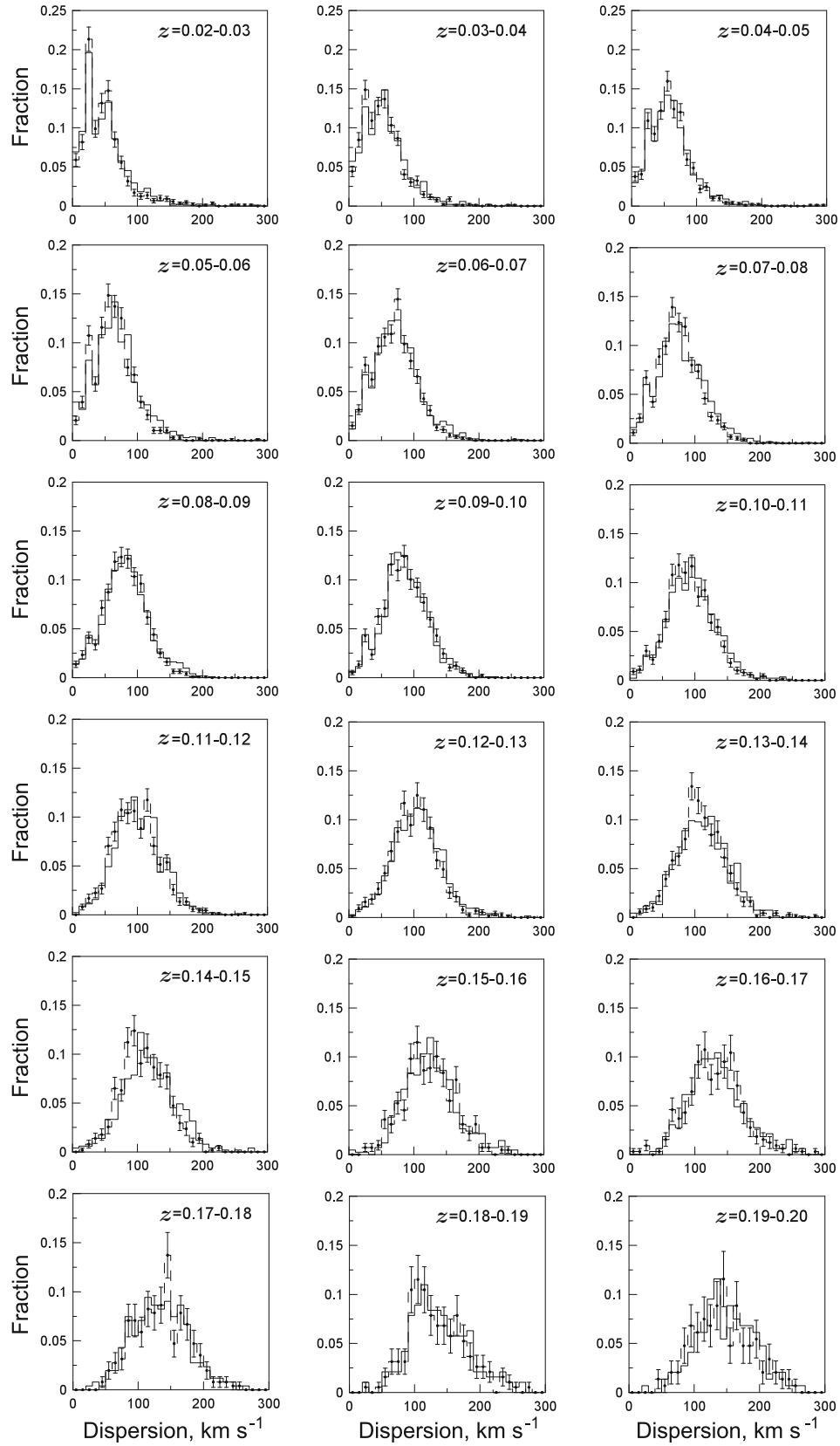


Рис. 6. То же, что на рис. 1, но для распределений дисперсии звездных скоростей в голубых галактиках при двух крайних значениях плотности в разных интервалах красного смещения.

голубых галактик довольно слаба во всех бинах. Дэн и др. [60] также нашли, что зависимость SFR и SSFR от плотности окружения очень слаба для голубых галактик, тогда как она достаточно сильна для красных. Это означает, что корреляции между цветами галактик и некоторыми другими параметрами, такими как морфология и звездная масса, не сильны, иначе зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для галактик ранних типов или для HSM-галактик была бы сильнее, чем для галактик поздних типов или LSM-галактик. Действительно, Дэн и др. [81] и Скибба и др. [79] заметили, что существенная часть красных галактик не принадлежит к ранним типам.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя ограниченную по видимым величинам Основную выборку галактик (Main Galaxy Sample) SDSS Data Release 10 [49], мы исследовали зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения при фиксированных параметрах или для разных типов галактик. Как и работе Дэна [64], мы разделили всю ограниченную по видимой величине Основную выборку галактик на две подвыборки с шагом разбиения по красному смещению $\Delta z = 0.01$ и проанализировали зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения для этих подвыборок в каждом интервале красного смещения. Ниже изложены основные результаты.

(1) При заданной морфологии галактик зависимость дисперсии скоростей звезд от плотности окружения существенно уменьшается, но еще наблюдается в нескольких интервалах красного смещения для галактик поздних типов.

(2) Зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для HSM- и LSM-галактик гораздо слабее, чем для полной Основной выборки галактик, ограниченной по видимой величине, но еще наблюдается на некоторых красных смещениях. Сложно сделать вывод о том, дисперсия звездных скоростей которого из двух галактических населений сильнее зависит от окружения.

(3) Для красных галактик зависимость дисперсии скоростей звезд от окружения очень сильна на некоторых красных смещениях, а для синих галактик эта зависимость слаба во всех интервалах красного смещения. Учитывая зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения при фиксированной морфологии или звездной массе, это открытие еще раз демонстрирует, что корреляции между цветом галактик и некоторыми другими параметрами, такими как морфология и звездная масса, не сильны.

(4) Дисперсия скоростей звезд близко коррелирует с морфологическим типом, звездной массой и

Таблица 3. Вероятности по критерию Колмогорова–Смирнова (КС) того, что два независимых распределения в каждом интервале красного смещения на рис. 5–6 выбраны из одного исходного распределения

Интервал красного смещения	Красные		Голубые	
	Число галактик	P	Число галактик	P
0.02–0.03	6310	0.0029	17611	0.22
0.03–0.04	9376	0.00048	20318	0.18
0.04–0.05	12076	0.00012	20166	0.83
0.05–0.06	14956	2.00×10^{-6}	21425	0.0013
0.06–0.07	21635	1.44×10^{-12}	25316	0.11
0.07–0.08	29385	2.91×10^{-15}	28029	0.00052
0.08–0.09	30042	2.26×10^{-17}	24952	0.29
0.09–0.10	24814	9.02×10^{-24}	19502	0.81
0.10–0.11	26051	1.26×10^{-20}	17982	0.030
0.11–0.12	29017	2.55×10^{-21}	17873	0.051
0.12–0.13	26187	2.22×10^{-22}	15037	0.060
0.13–0.14	27000	9.22×10^{-20}	13729	0.15
0.14–0.15	22510	2.10×10^{-21}	10150	0.0038
0.15–0.16	19824	1.09×10^{-13}	8364	0.48
0.16–0.17	17345	2.71×10^{-12}	6523	0.69
0.17–0.18	14792	2.00×10^{-8}	5103	0.93
0.18–0.19	12766	5.12×10^{-6}	3816	0.35
0.19–0.20	10251	2.38×10^{-6}	2939	0.69

цветом. Как следует из рис. 1–6, галактики поздних типов, LSM-галактики и голубые галактики имеют преимущественно меньшие дисперсии скоростей звезд, чем галактики ранних типов, HSM- и красные галактики. Следовательно, ограничение или фиксация этих параметров оказывают существенное влияние на зависимость дисперсии звездных скоростей от плотности окружения для исследуемых галактик. Это означает, что отношение дисперсия звездных скоростей—плотность может быть обусловлено по большей части соотношениями между этими галактическими параметрами и плотностью.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим анонимного рецензента за большое количество полезных комментариев и советов. Данная работы выполнена при поддержке Национального фонда естественных наук Китая (NSFC, грант 11263005). Финансовая поддержка для SDSS-III предоставлена Фондом Альфреда П. Слоуна, институтами-участниками,

Национальным научным фондом и Министерством энергетики США. Веб-сайт SDSS-III: <http://www.sdss3.org/>. SDSS-III находится под руководством Ассоциации астрофизических исследований, организованной институтами-участниками SDSS-III, включая университет Аризоны, бразильскую группу, Брукхейвенскую национальную лабораторию, Кембриджский университет, Флоридский университет, французскую группу, немецкую группу, Канарский институт астрофизики, группу штата Мичиган/Нотр Дам/JINA, университет Джона Хопкинса, Национальную лабораторию Лоуренса Беркли, Институт астрофизики Макса Планка, государственный университет Нью-Мехико, Нью-Йоркский университет, государственный университет Огайо, государственный университет Пенсильвании, Портсмутский университет, Принстонский университет, испанскую группу, Токийский университет, университет Юты, Вандербильтский университет, университет Вирджинии, Вашингтонский университет и Йельский университет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Postman and M. J. Geller, *Astrophys. J.* **281**, 95 (1984).
2. A. Dressler, A. J. Oemler, W. J. Couch, et al., *Astrophys. J.* **490**, 577 (1997).
3. M. L. Balogh, D. Schade, S. L. Morris, et al., *Astrophys. J.* **504**, L75 (1998).
4. Y. Hashimoto, A. Oemler, J. H. Lin, et al., *Astrophys. J.* **499**, 589 (1998).
5. M. J. I. Brown, R. L. Webster, and B. J. Boyle, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **317**, 782 (2000).
6. G. Fasano, B. M. Poggianti, W. J. Couch, et al., *Astrophys. J.* **542**, 673 (2000).
7. P. Norberg, C. M. Baugh, E. Hawkins, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **328**, 64 (2001).
8. I. Lewis, M. Balogh, R. D. Propris, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **334**, 673 (2002).
9. I. Zehavi, M. R. Blanton, J. A. Frieman, et al., *Astrophys. J.* **571**, 172 (2002).
10. M. R. Blanton, D. W. Hogg, N. A. Bahcall, et al., *Astrophys. J.* **594**, 186 (2003).
11. M. R. Blanton, D. Eisenstein, D. W. Hogg, et al., *Astrophys. J.* **629**, 143 (2005).
12. P. L. Gómez, R. C. Nichol, C. J. Miller, et al., *Astrophys. J.* **584**, 210 (2003).
13. T. Treu, R. S. Ellis, J. Kneib, et al., *Astrophys. J.* **591**, 53 (2003).
14. D. W. Hogg, M. R. Blanton, J. Brinchmann, et al., *Astrophys. J.* **601**, L29 (2004).
15. G. Kauffmann, S. D. M. White, T. M. Heckman, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **353**, 713 (2004).
16. M. Tanaka, T. Goto, S. Okamura, et al., *Astron. J.* **128**, 2677 (2004).
17. C. Li, G. Kauffmann, Y. P. Jing, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **368**, 21 (2006).
18. A. Zandivarez, H. J. Martínez, M. E. Merchán, et al., *Astrophys. J.* **650**, 137 (2006).
19. S. G. Patel, B. P. Holden, D. D. Kelson, et al., *Astrophys. J.* **705**, L67 (2009).
20. X. F. Deng, *Astrophys. J.* **721**, 809 (2010).
21. X. F. Deng, J. Z. He, and P. Jiang, *Astrophys. J.* **671**, L101 (2007).
22. X. F. Deng, J. Z. He, J. Song, et al., *Publ. Astron. Soc. Pacific* **120**, 487 (2008).
23. X. F. Deng, J. Z. He, and P. Wu, *Astron. and Astrophys.* **484**, 355 (2008).
24. X. F. Deng, J. Z. He, and X. Q. Wen, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **395**, L90 (2009).
25. X. F. Deng, Y. Q. Chen, and P. Jiang, *Chinese J. Phys.* **49**, 1137 (2011).
26. X. F. Deng, P. Wu, X. X. Qian, et al., *Publ. Astron. Soc. Japan* **64**, 93 (2012).
27. X. F. Deng, J. Song, Y. Q. Chen, et al., *Astrophys. J.* **753**, 166 (2012).
28. S. D. M. White, M. Davis, G. Efstathiou, et al., *Nature* **330**, 451 (1987).
29. G. Kauffmann, A. Nusser, and M. Steinmetz, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **286**, 795 (1997).
30. J. E. Gunn and J. R. I. Gott, *Astrophys. J.* **176**, 1 (1972).
31. M. Bernardi, A. Renzini, and L. da Costa, *Astrophys. J.* **508**, L143 (1998).
32. S. C. Trager, S. M. Faber, G. Worthey, et al., *Astron. J.* **120**, 165 (2000).
33. H. Kuntschner, R. J. Smith, M. Colless, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **337**, 172 (2002).
34. A. Terlevich and D. Forbes, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **330**, 547 (2002).
35. R. Proctor, D. Forbes, G. Hau, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **349**, 1381 (2004).
36. C. Mendes de Oliveira, P. Coelho, J. J. González, et al., *Astrophys. J.* **130**, 55 (2005).
37. D. Thomas, C. Maraston, R. Bender, et al., *Astrophys. J.* **621**, 673 (2005).
38. A. Gallazzi, S. Charlot, J. Brinchmann, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **370**, 1106 (2006).
39. P. Sánchez-Blázquez, J. Gorgas, N. Cardiel, et al., *Astron. and Astrophys.* **457**, 809 (2006).
40. O. K. Silchenko, *Astrophys. J.* **641**, 229 (2006).
41. D. S. Reed, F. Governato, T. Quinn, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **378**, 777 (2007).
42. K. Rakos, J. Schombert, and A. Odell, *Astrophys. J.* **658**, 929 (2007).
43. G. Wegner and N. A. Grogin, *Astron. J.* **136**, 1 (2008).
44. R. J. Smith, J. R. Lucey, J. Price, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **419**, 3167 (2012).
45. B. Lanzoni, B. Guiderdoni, G. A. Mamon, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **361**, 369 (2005).
46. G. De Lucia, V. Springel, S. D. M. White, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **366**, 499 (2006).
47. G. Harker, S. Cole, J. Helly, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **367**, 1039 (2006).
48. M. A. Strauss, D. H. Weinberg, R. H. Lupton, et al., *Astron. J.* **124**, 1810 (2002).

49. C. P. Ahn, R. Alexandroff, C. Allende Prieto, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **211**, 17 (2014).
50. X. F. Deng, *Central European J. Phys.* (in press).
51. M. L. Balogh, I. K. Baldry, R. Nichol, et al., *Astrophys. J.* **615**, L101 (2004).
52. I. K. Baldry, M. L. Balogh, R. G. Bower, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **373**, 469 (2006).
53. C. Park, Y. Y. Choi, M. S. Vogele, et al., *Astrophys. J.* **658**, 898 (2007).
54. S. P. Bamford, R. C. Nichol, I. K. Baldry, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **393**, 1324 (2009).
55. X. F. Deng and S. Y. Zou, *Astroparticle Phys.* **32**, 129 (2009).
56. X. F. Deng, J. Z. He, and X. Q. Wen, *Astrophys. J.* **693**, L71 (2009).
57. X. F. Deng, B. Yang, J. Z. He, et al., *Astrophys. J.* **708**, 101 (2010).
58. X. F. Deng, X. Q. Wen, J. Y. Xu, et al., *Astrophys. J.* **716**, 599 (2010).
59. X. F. Deng, Y. Xin, C. H. Luo, and W. Ping, *Astrophysics* **54**, 355 (2011).
60. X. F. Deng, Y. Q. Chen, and P. Jiang, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **417**, 453 (2011).
61. X. F. Deng, *Publ. Astron. Soc. Japan* **66**, 22 (2014).
62. H. Aihara, C. A. Prieto, D. An, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **193**, 29 (2011).
63. C. Maraston, J. Pforr, B. M. Henriques, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **435**, 2764 (2013).
64. X. F. Deng, *Astron. J.* **143**, 15 (2012).
65. T. Goto, C. Yamauchi, Y. Fujita, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **346**, 601 (2003).
66. M. L. Balogh, V. Eke, C. Miller, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **348**, 1355 (2004).
67. W. W. Morgan, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **70**, 364 (1958).
68. M. Doi, M. Fukugita, and S. Okamura, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **264**, 832 (1993).
69. R. G. Abraham, F. Valdes, H. K. C. Yee, and S. van den Bergh, *Astrophys. J.* **432**, 75 (1994).
70. K. Shimasaku, M. Fukugita, M. Doi, et al., *Astron. J.* **122**, 1238 (2001).
71. O. Nakamura, M. Fukugita, N. Yasuda, et al., *Astron. J.* **125**, 1682 (2003).
72. C. Park and Y. Y. Choi, *Astrophys. J.* **635**, L29 (2005).
73. X. F. Deng, *Research in Astron. Astrophys.* **13**, 651 (2013).
74. D. Thomas, C. Maraston, and R. Bender, *Astrophys. and Space Sci.* **281**, 371 (2002).
75. M. Bernardi, R. K. Sheth, J. Annis, et al., *Astron. J.* **125**, 1866 (2003).
76. N. M. Ball, J. Loveday, and R. J. Brunner, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **383**, 907 (2008).
77. F. La Barbera, R. R. de Carvalho, R. R. Gal, et al., *Astrophys. J.* **626**, L19 (2005).
78. G. Kauffmann, T. M. Heckman, S. D. M. White, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **341**, 54 (2003).
79. R. A. Skibba, S. P. Bamford, R. C. Nichol, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **399**, 966 (2009).
80. I. Strateva, Z. Ivezic, G. R. Knapp, et al., *Astron. J.* **122**, 1861 (2001).
81. X. F. Deng, J. Z. He, and X. Q. Wen, *Astrophys. J.* **699**, 948 (2009).

Перевод Е. Чмырёвой

Environmental Dependence of the Stellar Velocity Dispersion at Fixed Parameters or for Different Galaxy Families in the Main Galaxy Sample of SDSS DR 10

Deng Xinfu, Jiang Peng, Zhong Shuangying, and Ding Yingping

Using the apparent magnitude-limited Main Galaxy Sample of Sloan Digital Sky Survey Data Release 10 (SDSS DR 10), we examine the environmental dependence of the stellar velocity dispersion at fixed parameters or for different galaxy families. Limiting or fixing certain parameters exerts substantial influence on the environmental dependence of the stellar velocity dispersion of the galaxies which suggests that much of the stellar velocity dispersion-density relation is likely attributable to the relations between other galaxy parameters and density. The environmental dependence of the stellar velocity dispersion for red galaxies is very strong in certain redshift bins. This dependence can still be observed in some redshift bins for late-type galaxies, HSM galaxies, and LSM galaxies but is fairly weak in all redshift bins for early-type galaxies and blue galaxies.

Keywords: *galaxies: fundamental parameters—galaxies: statistics*