

Галактиките във Вселената и някои проблеми около тях

Цв. Георгиев^{*,1,2}, О. Станчев,^{**2,3} Х. Консехо²

¹ Нов Български Университет, департамент „Науки за Земята и околната среда“ ул. Монтевидео 21, София 1618, България

² Институт по астрономия – БАН, София, България

³ Софийски университет „Св. Кл. Охридски“, Департамент по Астрономия, София, България

The galaxies in the Universe and some problems about them

Ts.Georgiev^{1,2}, O. Stanchev^{2,3}, J. Concejo²

¹ New Bulgarian University, Department of Earth and Environmental Sciences, 1618 Sofia, 21 Montevideo str. Bulgaria

² Institute of Astronomy and Rozhen NAO, Sofia

² Department of Astronomy, University of Sofia

Key words galaxies – structure, evolution.

The basic type galaxies and some problems of their structure and evolution are pointed out. Information about the Rozhen National Astronomical Observatory is added too, in connection with its 30 years anniversary.

1. Нашата галактика – Млечният път – и нейните компоненти

През 20-те – 30-те години на ХХ век в обсерваторията Маунт Уилсън, Калифорния, е работил най-големият тогава телескоп, с диаметър на огледалото 2.5 м. С този инструмент Едуин Хъбъл направил две от най-големите открития на ХХ век: (1) съществуването на галактиките и (2) разширяването на Вселената. Освен това Хъбъл е изявил и основните типове галактики – елиптични, спирални и ирегулярни. Днес е ясно, че докато звездите са сред най-простите обекти в неживата природа, защото техните строеж и еволюция зависят главно от началната маса, то галактиките са най-сложните обекти във Вселената.

Нашата галактика (НГ), Млечният път, е типична голяма спирална галактика като тези, показани на фиг. 1. Предполага се, че гледана анфас НГ е подобна на NGC 1231, с добре изразени спирални ръкави, а не на М 63, с разпокъсана спирална структура. В профил НГ би изглеждала като NGC 891.

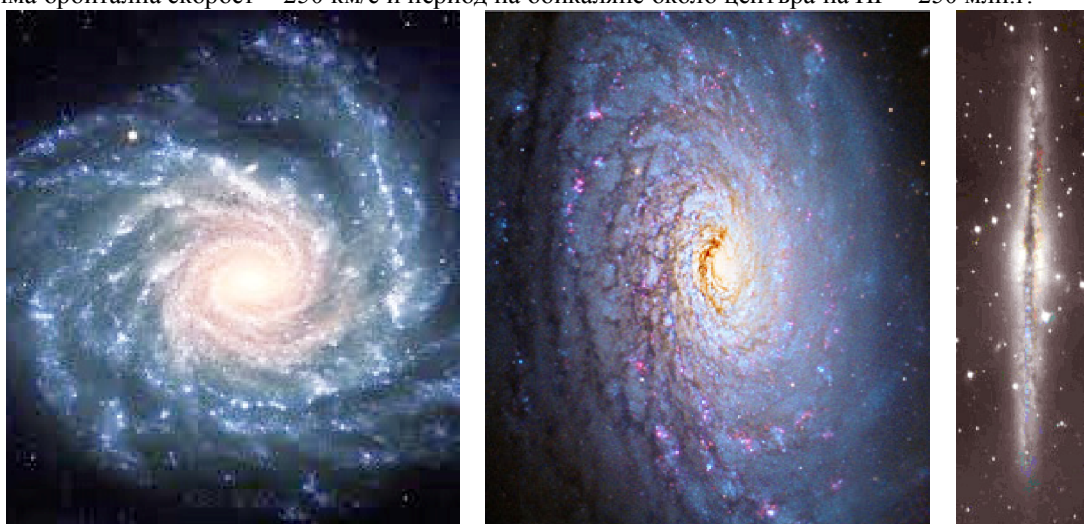
НГ има обширен елипсоидален компонент от старо звездно население, **хало**, с възраст ≈ 10 млрд.г., Звездите в халото имат хаотично разположени орбити, високи скорости (до ≈ 1000 км/с) и ниски металичности (съдържания на тежки елементи), до няколко пъти по-ниски отколкото при Слънцето. Типичните фотосферни температури на тези звезди са ≈ 3000 К, а типичните маси и светимости са подобни на слънчевите [Светимостта и масата на Слънцето са съответно $\approx 2 \times 10^{27}$ вт и $\approx 2 \times 10^{30}$ кг].

Докато външните части на халото са доста разреждени, в централната част на НГ (и на другите галактики) се наблюдава **балдж** – област на повишена концентрация на стари звезди, имащи малко по-висока металичност от звездите на халото. Често балджът е триосен елипсоид и тогава се нарича **бар**.

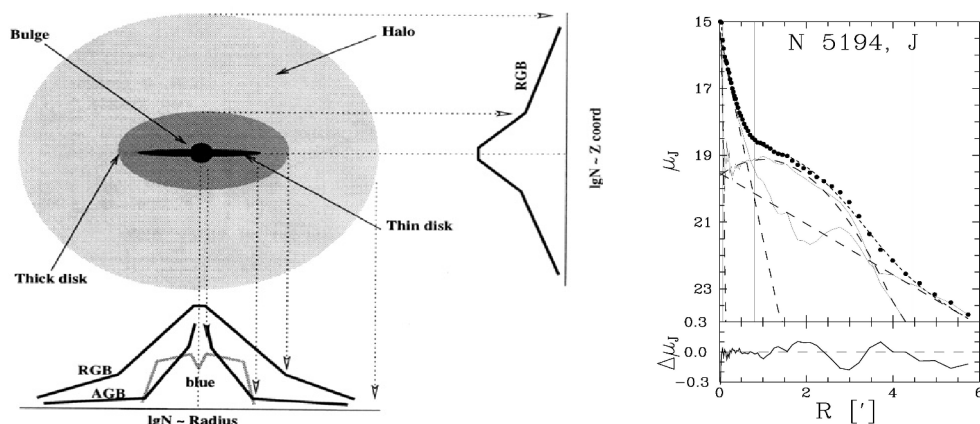
* Corresponding author: e-mail tsgeorgiev@nbu.bg

При големите галактики, като НГ, рамерите на балджовете са 5-10 кпк, а на халата – 40-50 кпк. [1 пк (парсек) е разстоянието, от което радиусът на земната орбита (≈ 150 млн.км) се вижда под ъгъл $1''$, $1 \text{ пк} = 30.94 \times 10^{12} \text{ км} \approx 31 \text{ блн.км} \approx 3.27 \text{ св.г.}$ (светлинни години); $1 \text{ св.г.} = 9.47 \times 10^{12} \text{ км} \approx 9.5 \text{ блн.км}$; $1 \text{ кпк} = .1000 \text{ пк}$; $1 \text{ мпк} = .1000 \text{ кпк}$]. И така, халото на НГ е само около 20 пъти по-малко от разстоянието до най-близките галактики – М 31 в Андромеда (≈ 800 кпк, фиг. 6) и М 33 в Триъгълник (≈ 1 мпк, фиг. 6), докато Слънцето е над 30 млн. пъти по-малко от разстоянието до най-близките звезди.

НГ има и дисковиден компонент – **диск**, с характерен диаметър ≈ 30 хил. пк и дебелина ≈ 3 хил. пк. Звездите от диска обикалят около центъра на НГ по законите на Кеплер, като с отдалечаване от центъра линейните скорости на тези звезди резонно намаляват. Различават се **тънък и дебел диск** (фиг. 2). В тънкия диск има екстремално плоска компонента от газ, прах и млади звезди, с възрасти от десетки млн. до 1 млрд. Г., с маси и металности до няколко пъти по-високи от слънчевата и с фотосферни температури 10-20 хил. К. В дебелия диск има малко по-стари звезди, «изпарени» с течение на времето от тънкия диск. Слънцето се намира в равнината на тънкия диск, на разстояние от центъра ≈ 8.5 кпк, има орбитална скорост ≈ 250 км/с и период на обикаляне около центъра на НГ ≈ 250 млн.г.



Фиг. 1. Вляво: Голямата спирална галактика NGC 1232, видима анфас, подобна на НГ, Млечния път (Европейската южна обсерватория (ЕЮО), Паранал, Чили, 8.2 м телескоп). В средата: Голямата спирална галактика М 63 (Слънчоглед), видима под наклон; Вдясно: Голямата спирална галактика NGC 891, видима в профил (последните две изображения са от Национална Астрономическа Обсерватория (НАО) Рожен, 2 м телескоп).



Фиг. 2. Вляво: Фундаментална структура на големите спирални галактики [3]. Отдолу и в дясно са показани в логаритмични величини разпределенията на два типа стари звезди от халото. Вдясно:

Декомпозиция на радиалния фотометричен профил на галактиката М 51 (NGC 5194, фиг. 3) на ядро, балдж, диск и хало (пунктири) [4].

При галактиките NGC 1232 и М 63 ярките петна, формиращи спирални ръкави, са образувания с размери до стотици пк. Те са звездни комплекси и асоциации, съдържащи до хиляди млади, горещи звезди. При галактиката NGC 891, видима в профил, тъмната ивица се дължи на поглъщането на светлината от газа и прахта в тънкия диск на галактиката, а малките синкави петна в тъмната ивица са звездни комплекси и асоциации. Смята се, че по-правилните спирални структури като при NGC 1232, се генерират от въртене на барове, а по-неправилните като при М 63 – от стохастично разпространяващо се звездообразиване, съчетано с диференциалното въртене на диска.

В центъра на всяка голяма галактика (вкл. НГ) има масивна черна дупка, процесите всмукване на вещество от околностите на която, се наблюдават като звездообразно **ядро** на галактиката. При М 31 черната дупка е двойна, а М 33 няма масивна централна черна дупка. Има корелация между масите на централните черни дупки и масите на галактиките. Ролята на черните дупки в строежа и еволюцията на галактиките е важен проблем [1, 2]

НГ съдържа ≈ 400 млрд. звезди, като светимостта и масата на светещото вещество в НГ слредва да съответстват грубо на 400 млрд. слънца. Обаче, пълната маса на НГ, оценена по орбиталните скорости на звездите (и по други методи) се оказва 5-6 пъти по-голяма. И при другите галактики е така, т.е. в галактиките и междугалактичното пространство присъства огромно количество тъмна материя с неизвестна природа, която се проявява само гравитационно. Това е голям проблем [3, 4].

Строежът и фотометричните компоненти на галактиките като НГ са показани на фиг. 2 [5, 6].

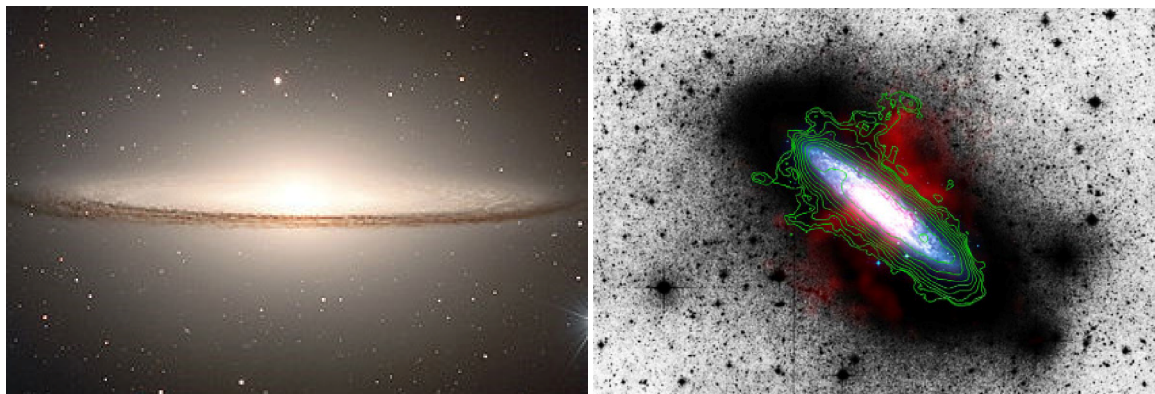
2. Големите галактики

През 20-те години на ХХ век Хъбъл е отделил и три основни типа галактики – елиптични, спирални и ирегулярни. Половин век по-късно е станало съвсем ясно, че тази чисто морфологична класификация отразява правилно фундаменталния строеж на галактиките: в елиптичните галактики доминира елипсоидалната звездна компонента, а диск почти няма; в спиралните и ирегулярните галактики доминира дисковата компонента, а халото е пренебрежимо. [Съвременната класификация на галактиките се базира на хъбълловите три типа, но е доста по-сложна.]

Елиптичните галактики са хало-доминирани звездни системи, които биват нормални и гигантски. Нормалните елиптични галактики са редки обекти и са по-скоро малки по маса и светимост. В тях доминира старо звездно население, количеството газ и прах е пренебрежимо, но понякога има намек за газово-прашен диск. Гигантските елиптични галактики се срещат в централните части на куповете от галактики (фиг. 8, вляво). Те са 10 и повече пъти по-масивни от НГ. В тези сравнително редки обекти няма дискови компоненти и спирални структури. Данните за тези галактики свидетелстват, че те са резултат от сливане на множество галактики с различни по възрасти и металичности звездни населения.

Спиралните галактики са диск-доминирани звездни системи, които биват нормални и пресечени (със силно изразени барове). Нормалните спирали са подобни на НГ и на галактиките, представени на фиг. 1. Ярките бели точки на техните кадри са фонове звезди от НГ, ярките централни части са техните балджове или барове. Яркостта на спиралните ръкави е по-висока само с $\approx 10\%$ над околния фон на диска. Затова, когато се правят такива илюстрации, контрастът на спиралните ръкави и звездните комплекси се повишава изкуствено, та спиралните ръкави да изглеждат впечатляващо. Пресечените спирали са по-рядко срещани.

Ирегулярните галактики са дисково-доминирани звездни системи без спирални структури, но с активно продължаващо звездообразуване. Те са обикновено малки, но има и сравнително големи, като Големия магеланов облак (фиг. 7), до около 2 пъти по-малки от неголямата спирална галактика М 33 (фиг. 6). Физическите процеси, които поддържат галактичните спирални структури и активното звездообразуване в големите спирални галактики, както и процесите, които поддържат активно звездообразуване в ирегулярните галактики, не са доизяснени [7].



Фиг. 3. Вляво: Голямата галактика М 104 (Сомбреро) в съзвездието Девица, притежаваща мощна елипсоидална компонента и относително слаб диск, поглъщащ светенето от по-далечните части на елипсоидалната компонента (ЕЮО, 8.2 м телескоп). Вдясно: Близката спирална галактика NGC 253 с изявено обширно слабо светещо хало, в негатив (Англо-австралийска обсерватория, 1.22 м Шмид-телескоп, Дейвид Малин).

Галактиките са изключително разнообразни. На фиг. 3, вляво, е показана галактиката М 104, с обширна елипсоидална компонента, съдържаща хиляди кълбовидни звездни купове и слаб газово-прашен диск. [В НГ има «само» около 150 кълбовидни звездни купове.]. На фиг. 3, вдясно, е показана специална, рекордно дълбока фотография, изявяваща халото на галактиката NGC 253. Яркият диск на тази галактика, както е видим на Паломарския атлас и обикновените снимки, е представен в синьо и бяло. С червено е показано разпределението на източниците на меко рентгеново излъчване според космическия телескоп ROSAT, а зелените линии показват концентрацията на неутралния водород според радиотелескопа Аресибо.

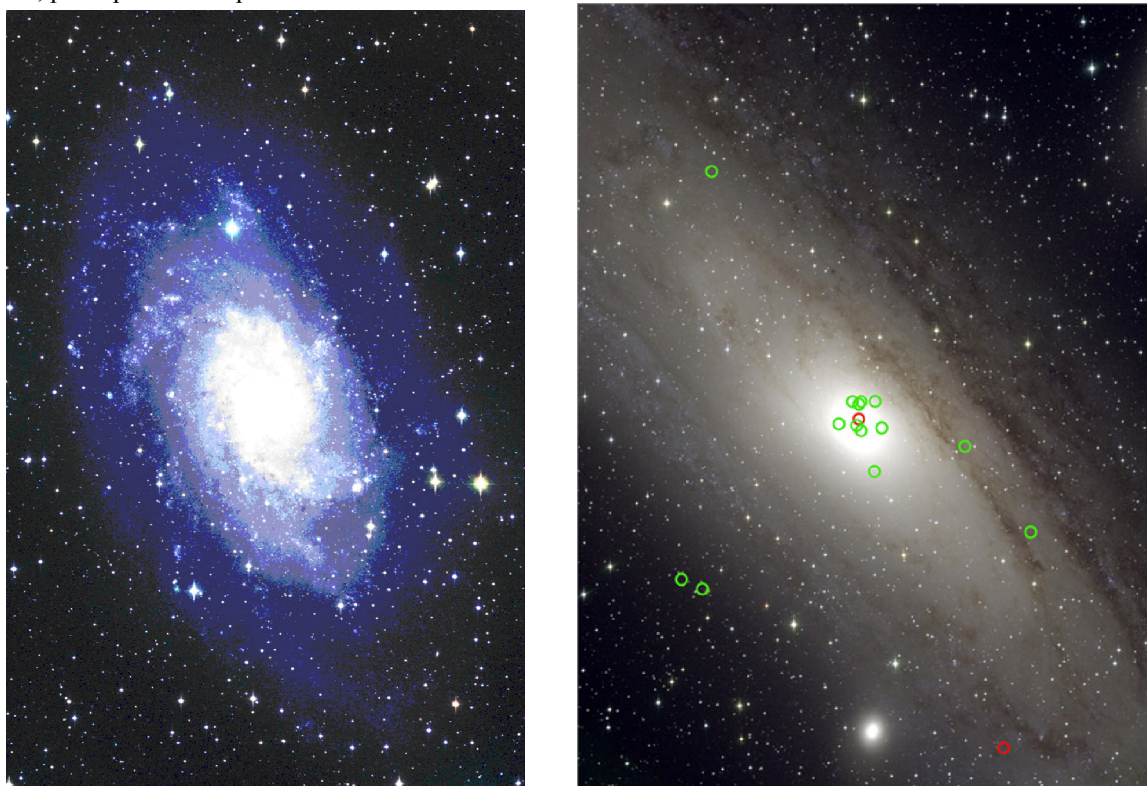


Фиг. 4. Вляво: Гигантската спирална галактика М 101 в Голяма мечка; Вдясно: Двойната галактика М 51 (Водовъртеж) в Ловджийски кучета. (НАО Рожен, 50 см Шмид-телескоп, Евгени Овчаров)



Фиг. 5. Галактиките с активни ядра (черни дупки) NGC 3227, NGC 4151 и Mrk 348, при които въртенето на ярките бавове в централните им части се смята за генератор на спирални структури (НАО Рожен, 2 м телескоп, Люба Славчева-Михова и Бойко Михов).

На фиг. 4, в ляво, е показана най-голямата близка спирална галактика, М 101, 1.5 пъти по-голяма от М 31, разпорожена на разстояние около 5 мпк.



Фиг. 6. Вляво: Неполямата близка спирална галактика М 33 (в Триъгълник), с продължаващо активно звездообразуване Вдясно: Централната част на голямата близка спирална галактика М 31 (в Андромеда) със спътник елиптичната галактика М 32 и отбелязани 16 избухвания на «нови» звезди, открити през последните 7 г в НАО Рожен (50 см Шмид-телескоп, Евгени Овчаров).

Сред галактиките има множество кратни и взаимодействащи. Взаимодействията са от приливен тип и стимулират звездообразуването. Те произвеждат „мостове“ и други конфигурации от звездно

население в междугалактичното пространство. Най-известна е системата М 51 (NGC 5494 - NGC 5495, фиг. 4, вдясно). В центровете на галактиките, показани на фиг. 5, има свръх-масивни черни дупки, проявяващи се като *активни галактични ядра* и съдържащи по няколко процента от масите на галактиките.

3. Малките галактики

Към средата на XX век, се е смятало, че големите галактики са по брой около $\frac{3}{4}$ от всички галактики. Днес е ясно, че огромното болшинство, над 95% от галактиките, са джуджета. Например, в Местната група галактики (в област от пространството с размер около 2 Мпк.) има 3 големи галактики – М 31, фиг. 6), НГ (почти 2 пъти по-малка от М 31) и М 33 (над 2 пъти по-малка от НГ, фиг. 6). Другите около 40 члена на Местната група са галактики – джуджета, като поне две такива са в процес на поглъщане от НГ. Така е и в другите близки трупи – в съзвездията Голяма мечка и Скулптор. Фактически всички типове галактики биват грубо казано големи, средни и малки.

Дисковите галактики, които са 10 и повече пъти по-малки от НГ и имат 10 – 100 пъти по-малки маси и светимости, са *дискови джуджета*. Те се делят на спирални и ирегулярни. Типични добре изследвани ирегулярни джуджета са спътниците на НГ – Големия магеланов облак (с намек за спирална структура) и Малкия магеланов облак отдалечени на ≈ 50 кпс и видими недалеч от южния небесен полюс (фиг. 7, вляво). Те имат достатъчно масивна междузвездна следа и продължаващо активно звездообразуване. Магелановите облаци, като всички дискови джуджета, имат и хало старо население.

Сред ирегулярните галактики-джуджета има и *сини компактни джуджета*. Те са крайно малки, без изявени дискове, и са подобни на звездни комплекси в големите галактики. Някои от тях са изключително активни огнища на звездообразуване. Природата на активното звездообразуване в екстремалните ирегулярни джуджета е проблем в астрономията [8].



Фиг.7. Вляво: Близките спътници на НГ, ирегулярните галактики-джуджета с продължаващо активно звездообразуване Магеланови облаци. Вдясно: Елипсоидалната галактика-джудже, с отдавна приключило звездообразуване Лео А, член на Местната група галактики.

Елипсоидалните галактики, които са по-малки от НГ 10-100 пъти и имат 100 – 10000 пъти по-малки маси и светимости, се наричат *елиптични джуджета*. Типичен пример е спътникът М 32 на галактиката М 31 (фиг. 6, вдясно, долу в средата). Предполага се, че М 32 е балджът на бивша спирална галактика, загубила диска си при близко преминаване до М 31.

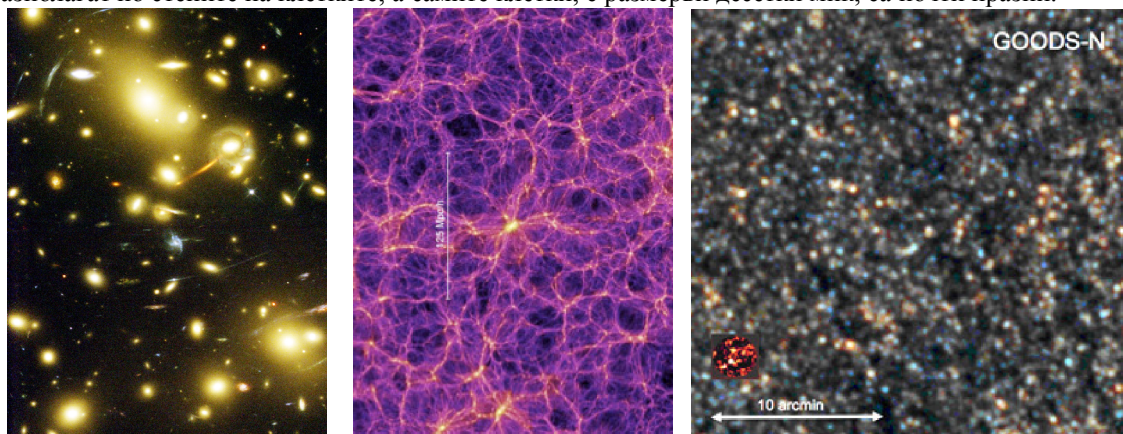
Сред елиптичните джуджета има и *сфероидални джуджета*, което са крайно-малки и крайно-разредени. Един спавнително ярък техен представител, е Лео А (фиг. 7, вдясно). Точно тези галактики джуджета са най-многобройни, но поради крайно ниската им повърхностна яркост, те се откриват много трудно. Предполага се, че в Местната група галактики има поне още десетина неоткрити.

Наскоро е изявен и клас най-малки, *ултра-компактни галактики – джуджета*. Те имат размери под 70 пк и съдържат от порядъка на 100 млн. звезди и са подобни на кълбовидните звездни купове, но са по-масивни и по-разредени. Смята се, че тези обекти са централните кондензации на неголеми

елиптични галактики, чието периферно звездно население е било отстранено по някакъв начин. Има предположение, че най-големият звезден куп в НГ – Омега Центаури, е бивша такава галактика – джудже, чието периферно звездно население е отнесено при навлизането ѝ в НГ. [8]

5. Галактиките във Вселената

Галактиките във Вселената се срещат главно в *групи* и в *купове* (фиг.ф8, вляво), като образуват *клетъчна едро-мощабна структура* (фиг.ф8, в средата). Куповете и свръх-куповете от галактики се разполагат по стените на клетките, а самите клетки, с размери десетки мпк, са почти празни.



Фиг. 8. Вляво: Купът от галактики А 2218 с прояви на гравитационни лещи (2.4 м Космически теле-скоп Хъбъл, визуални лъчи); В средата: Едро-мощабната клетъчна структура на Вселената (компу-търен модел); Вдясно: Галактиките на предела на наблюдаемата Вселена (3.5 м Космически телескоп Хершел, 250-500 микрона лъчи).

Ето, в заключение, на фиг. 8, вдясно, е показан видът на най-далечната достъпна за наблюдения част на Вселената, на характерно разстояние 10 млрд. св.г или 3 млрд. пк. Множеството светли петънца са галактики в пределно ранна фаза на своето развитие [9].

Благодарности. Авторът е много признателен на колегите Бойко Михов, Вакрил Цинцаров, Димитър Колев, Евгени Овчаров, Иван Вълчанов, Люба Славчева Михова и Пенчо Маркишки за вниманието към тази работа и за предоставените кадри.

Литература

- [1] King A., 2003. *The Astrophysical Journal Letters* 596 (1), 27-29, "Black Holes, Galaxy Formation, and the MBH- σ Relation"
- [2] Gillessen S., et al., 2009. *Astrophys J.* 692 (2): 1075, "Monitoring Stellar Orbits around the Massive Black Hole in the Galactic Center".
- [3] McNamara D.H. et al., 2000, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 112, 202-216, "The Distance to the Galactic Center"
- [4] Kroupa, P. Et al., 2010. *Astron. Astrophys.* **523**: 32–54, "Local-Group tests of dark-matter Concordance Cosmology: Towards a new paradigm for structure formation"
- [5] Tikhonov N.A. et al., 2005, *Astron. Astrophys.* **431**, 127-142, "Thick disks and halos of spiral galaxies M 81, NGC 55 and NGC 300"
- [6] Georgiev Ts. B., 2011, *AIP Conf. Proc.* 1356, 50-59, "Four-Component Modeling of Brightness Profiles of Spiral Galaxies and Model Total Magnitudes"
- [7] Francis C., Anderson E., 2009, *Proc. Roy. Soc. Lond.* A465: 3425-3446; arXiv:0901.3503v3, "Galactic Spiral Structure"
- [8] Tolstoy E., 2006, *Dwarf Irregular Galaxies*, in P. Murdin, Encyclopedia on Astronomy & Astrophysics, IOP Publishing
- [9] <http://www.stsci.edu/science/goods/>