



Конференция молодых ученых стран СНГ

50 лет космической эры: реальные и виртуальные исследования неба

21-25 ноября 2011 г., Ереван, Армения

Труды конференции

Conference of young scientists of CIS countries

50 years of cosmic era: real and virtual studies of the sky

21-25 November 2011, Yerevan, Armenia

Proceedings of the Conference

Организаторы:
Organizers:

При поддержке:
With support:



**Национальная Академия Наук Республики Армения
Бюраканская астрофизическая обсерватория
им. В.А. Амбарцумяна**

Конференция молодых ученых стран СНГ

*“50 лет космической эры:
реальные и виртуальные исследования неба”*

21-25 ноября 2011г., Ереван, Армения

Труды конференции

Редакторы:

Арег Микаелян, Олег Малков, Николай Самусь

Ереван – 2012

**National Academy of Sciences of the Republic of Armenia
V.A. Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory**

Conference of Young Scientists of CIS Countries

*“50 years of Cosmic Era:
Real and Virtual Studies of the Sky”*

21-25 November 2011, Yerevan, Armenia

Proceedings of the Conference

Editors:

Areg Mickaelian, Oleg Malkov, Nikolay Samus

Yerevan – 2012

Содержание

Предисловие	7
Preface	9
Список участников	11
List of Participants	14
<i>Приглашенные лекции: Астрономические обзоры, каталоги, виртуальные обсерватории, переменность и кросс-корреляции</i>	
Микаелян А.М. – Крупномасштабные астрономические обзоры и каталоги	19
Микаелян А.М. – Астрономические архивы, базы данных и Виртуальные Обсерватории	29
Самусь Н.Н., Антипин С. – Новые космические эксперименты и наземные обзоры и следствия для исследований переменных звезд	39
Малков О.Ю. – Виртуальная обсерватория: кросс-отождествление обзоров и параметризация звезд	48
Саркисян А., Арзуманян Э., Микаелян А.М., Бертье Ж., Тьюйо У., Ваше Ф. – Виртуальная обсерватория в планетологии, два научных применения: астероиды и экзопланеты	56
<i>Доклады молодых ученых: Солнечная система и экзопланеты</i>	
Ибадинов Х.И., Буриев А.М. – Наблюдение распада ядра кометы 17P/Холмса в Таджикистане	67
Верещагина И.А., Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Соков Е.Н. – Исследование избранных двойных и кратных астероидов из группы АСЗ и главного пояса на основе фотометрических наблюдений	71
Казарян С.А., Алесян Ж., Арутюнян Г.А. – Анализ кривых блеска N2 CoRoT исправленных с помощью новой квази-автоматической процедуры	77
Попова Е.А., Шевченко И.И. – Планетная динамика в системе Alpha Centauri: ляпуновские спектры и устойчивость	81
Соков Е.Н., Верещагина И.А., Девяткин А.В., Гнедин Ю.Н., Горшанов Д.Л. – Транзитные наблюдения экзопланет и их исследование	86
<i>Доклады молодых ученых: Звёзды и туманности</i>	
Росси К., Гигоян К.С., Автандилян М.Г., Склави С. – Пересмотренная классификация SBS кандидатов в углеродные звезды включая открытие новой эмиссионной карликовой углеродной звезды	94
Золотухина А. – Наблюдения с помощью Киевского меридианного осевого круга	98
Исаева А., Трушин Д. – Распределения параметров визуальных двойных с учетом эффектов селекции и их применение для определения начальной функции масс звезд	99
Эглитис И., Казиня Э. – Исследование углеродных звёзд с помощью Шмидтовского телескопа Балдоне	108
Маланчев К.Л., Мещеряков А.В., Шакура Н.И. – Моделирование кривых блеска рентгеновских Новых	114
Масколиунас М. – Фотометрическое Исследование Темного Облака в Созвездии Цефея	120
Медведева А. – Движение звезд в тесных двойных системах с консервативным обменом масс	125
Титаренко А.Р., Семенко Е.А., Рябчикова Т.А. – Детальное исследование химической структуры атмосферы Ар-звезды HD8441	135
Чулков Д. – Статистические свойства двойных звёзд и звездообразование	142
Долгов А.А., Шляпников А.А. – Оценка состояния звёзд с активностью солнечного типа по виртуальным наблюдениям КрАВО	147

Якунин И., Романюк И., Кудрявцев Д., Семенко Е. – Результаты наблюдений магнитного поля звёзд с гелиевыми аномалиями на 6-м телескопе	148
 <i>Доклады молодых ученых: Галактика и космология</i>	
Арутюнян Г.С., Микаелян А.М. – Исследование и классификация спектров SDSS для Бюракан-IRAS галактик	157
Бабик Ю., Вавилова И.Б. – Распределение темной материи в скоплении галактик Abell 1689	162
Блинов Д.А. – Разделение компонентов в поляризованном оптическом излучении блазаров	168
Горбовской Е.С. – Наблюдения оптических компонентов гамма-всплесков с помощью сети телескопов-роботов МАСТЕР	174
Каспарова А. – Атомарная и молекулярная газовые компоненты в спиральных галактиках скопления Virgo	175
Морозова Д.А., Троицкий И.С. – Многоволновые наблюдения блазаров с сильным гамма-излучением	181
Мосенков А.В., Сотникова Н.Я., Решетников В.П. – Фотометрия спиральных галактик наблюдаемых с ребра: структурные параметры и масштабные соотношения балдзов	187
Муфухаров Т. – Частотно-временная эволюция радио спектра объекта типа BL Lacertae AO 0235+16	193
Назарян Т., Петросян А.Р. – Сравнительное изучение соседей галактик Первого и Второго Бюраканских обзоров	199
Новикова А. – Фотометрия, кинематика и параметры звездного населения линзовидной галактики NGC 6340	201
Паронян Г.М., Микаелян А.М. – Многоволновое исследование рентгеновских активных галактических ядер (AGN)	202
Пружинская М.В., Горбовской Е.С., Липунов В.М. – “Чистые” сверхновые и ускоренное расширение вселенной	209
Сафонова Е. – Содержание атомарного водорода в голубых компактных галактиках (BCG) и галактиках скоплений Караченцева и др. (2004)	210
Троицкий И.С., Морозова Д.А., Блинов Д.А., Ларионов В.М., Эрштадт С.Г. – Мониторинг блазаров на 16” телескопе СПбГУ	211
Укленн Р., Макаров Д. – Группы Карликовых Галактик в Местном Сверхскоплении	216
 <i>Доклады молодых ученых: Реальные и виртуальные обсерватории</i>	
Абрамян А.В., Микаелян А.М., Князян А.В., Арутюнян Г.С. – Объединенный каталог IRAS PSC/FSC	223
Балуев Р. – Поиск периодичностей в наблюдательных данных при помощи искусственных нейронных сетей	230
Варданян В. – Программирование на языке Python для анализа астрономических данных	232
Вирун Н., Пакуляк Л., Казанцева Л. – Исторические фотографические архивы астрономических обсерваторий Украины	236
Габриелян В.В. – Разработка новой системы управления телескопа Шмидта	242
Сафонов Б.С., Корнилов В.Г. – Дифференциальные дрожания изображений в приближении коротких экспозиций	247
Шляпников А.А. – Крымская астрономическая виртуальная обсерватория (КрАВО)	248
Авторский указатель	250
Author Index	251

Contents

Предисловие	7
Preface	9
Список участников	11
List of Participants	14
<i>Invited Lectures: Astronomical Surveys, Catalogs, Virtual Observatories, Variability and Cross-Matching</i>	
Mickaelian A.M. – Large-area astronomical Surveys and Catalogs	19
Mickaelian A.M. – Astronomical Archives, Databases and Virtual Observatories	29
Samus N.N., Antipin S. – Recent Space Missions and Ground-Base Surveys and their Implication for Variable-Star Studies	39
Malkov O.Yu. – Cross survey matching with virtual observatory and parameterization of stars	48
Sarkissian A., Arzoumanian E., Mickaelian A.M., Berthier J., Thuillot W., Vachier F. – The Virtual Observatory in planetology, two scientific use cases: asteroids and exoplanets	56
<i>Talks by Young Scientists: Solar System and Exoplanets</i>	
Ibadinov K.I., Buriev A.M. – Observations of the Splitting of the Nucleus of Comet 17p/ Holmes in Tajikistan	67
Vereshagina I.A., Devyatkin A.V., Gorshanov D.L., Sokov Ye.N. – Photometric research of binary and triple asteroids with the use automatic telescopes of Pulkovo Observatory	71
Ghazaryan S.A., Alecian G., Harutyunyan H.A. – Analysis of CoRoT N2-light curves corrected with a new quasi-automatic procedure	77
Popova E.A., Shevchenko I.I. – Planetary dynamics in the Alpha Centauri system: Lyapunov spectra and stability	81
Sokov E.N., Vereshchagina I.A., Devyatkin A.V., Gnedin Yu.N., Gorshanov D.L. – Observations and investigations of transiting exoplanets	86
<i>Talks by Young Scientists: Stars and Nebulae</i>	
Rossi C., Gigoyan K.S., Avtandilyan M.G., Sclavi S. – Revised classification of the SBS carbon star candidates including the discovery of a new emission line dwarf carbon star	94
Zolotukhina A. – Observations with Kyiv Meridian Axial Circle	98
Isaeva A., Trushin D. – Distributions of parameters of visual binaries with respect to selection effects and their application the initial mass function stellar inition mass function determination	99
Eglitis I., Kazina E. – Investigations of carbon stars with Baldone Schmidt telescope	108
Malanchev K.L., Meshcheryakov A.V., Shakura N.I. – Modeling of light curves of X-ray Novae	114
Maskoliūnas M. – Photometric Investigation in the Direction of the Dark Clouds in Cepheus Flare	120
Medvedeva A. – Stellar motions in close binary systems with conservative mass exchange	125
Titarenko A.R., Semenko Ye.A., Ryabchikova T.A. – Detailed Study of Chemical Structure of the Atmosphere of Ap-star HD8441	135
Chulkov D. – Statistical properties of binary stars and star formation	142
Dolgov A.A., Shlyapnikov A.A. – Estimation of the state of solar activity type stars by virtual observations of CrAVO	147

Yakunin I., Romanyuk I., Kudryavtsev D., Semenko E. – Results of magnetic field observations of stars with Helium anomalies on 6-m telescope	148
 <i>Talks by Young Scientists: Galaxies and Cosmology</i>	
Harutyunyan G.S., Mickaelian A.M. – Study and classification of SDSS spectra for Byurakan-IRAS Galaxies	157
Babyk I., Vavilova I.B. – The dark matter distribution in the Abell 1689 galaxy cluster	162
Blinov D.A. – Separation of components in polarized optical emission of blazars	168
Gorbovskey E.S. – Observations of optical components of gamma-bursts by means of the network of MASTER robotic telescopes	174
Kasparova A. – Atomic and molecular gas components in spiral galaxies of the Virgo cluster	175
Morozova D.A., Troitskiy I.S. – Multiwavelength observations of Gamma-Ray Bright Blazars	181
Mosenkov A.V., Sotnikova N.Ya., Reshetnikov V.P. – Photometry of edge-on spiral galaxies: structural parameters and scaling relations of bulges	187
Mufakharov T. – Time and frequency evolution of radio spectrum of the BL Lacertae type object AO 0235+16	193
Nazaryan T., Petrosian A.R. – Comparative Study of the Neighbors of the First and Second Byurakan surveys galaxies	199
Novikova A. – Photometry, kinematics and parameters of stellar population of the lenticular galaxy NGC 6340	201
Paronyan G.M., Mickaelian A.M. – Multiwavelength investigation of X-ray active galactic nuclei (AGN)	202
Pruzhinskaya M.V., Gorbovskey E.S., Lipunov V.M. – “Pure” Supernovae and Accelerated Expansion of the Universe	209
Safonova E. – Abundance of Atomic Hydrogen in Blue Compact Galaxies (BCG) and Galaxies of Karachentsev et al. (2004) Clusters	210
Troitskiy I.S., Morozova D.A., Blinov D.A., Larionov V.M., Ershtadt S.G. – Monitoring of blazars on the SPbSU 16” telescope	211
Uklein R., Makarov D. – Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster	216
 <i>Talks by Young Scientists: Real and Virtual Observatories</i>	
Abrahamyan H.V., Mickaelian A.M., Knyazyan A.V., Harutyunyan G.S. – Joint catalogue of IRAS PSC/FSC	223
Baluev R. – Search for periodicity in the observational data by means of artificial neuron networks	230
Vardanyan V. – Python Programming for Astronomical Data Analysis	232
Virun N., Pakuliak L., Kazantseva L. – Photographic Plate Archive of Astronomical Observatory of Ivan Franko National University of Lviv	236
Gabrielyan V.V. – Designing a New Control System for the Schmidt Telescope	242
Safonov B.S., Kornilov V.G. – Differential wobbling of images in short exposures approximation	247
Shlyapnikov A.A. – The Crimean Astronomical Virtual Observatory (CrAVO)	248
Авторский указатель	250
Author Index	251

Предисловие

Конференция молодых ученых «50 лет космической эры: реальные и виртуальные исследования неба» была посвящена 50-летию полета Юрия Гагарина в космос. Она состоялась 21-25 ноября 2011 года в Национальной академии наук Республики Армения и в Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения).

Юрий Алексеевич Гагарин (9 марта 1934 – 27 марта 1968) – лётчик-космонавт СССР. Он был первым человеком, совершивший полёт в космическое пространство, когда его космический корабль «Восток» завершил оборот вокруг Земли 12 апреля 1961 года. Гагарин стал международной знаменитостью и был награжден многими медалями и наградами, в том числе Героя Советского Союза, высшей наградой страны. «Восток» 1 отмечен как его единственный полет, но он служил в качестве дублирующего экипажа в миссии Союз-1 (который закончился аварией). Гагарин позже стал заместителем директора Центра Подготовки Космонавтов, который впоследствии был назван его именем. Гагарин погиб в 1968 году, когда разбился тренировочный самолёт МиГ-15УТИ, который он пилотировал.

50-летие полёта Гагарина в космос был отмечен в 2011 году событиями по всему миру. Фильм под названием *Первая Орбита* был снят с борта Международной космической станции и отснятый материал был нарезан вместе с оригинальными аудиозаписями миссии Гагарина. Экипаж российской, американской и итальянской Экспедиции 27 с борта МКС отправил специальное видеосообщение с пожеланием “Счастливой Ночи Гагарина” людям мира, одетые в футболки с изображением Гагарина. Немецкий часовщик из Швейцарии Бернارد Ледерер в честь 50-летия полета Юрия Гагарина в космос ограниченным тиражом создал 50 Гагарин вихрей. Запуск Союза ТМА-21 4 апреля 2011 года был посвящен 50-летию первого полета человека в космос.

Эта конференция тоже была частью мироприятий, посвящённых 50-летию первого полета человека в космос.

Основной целью конференции было собрать молодых ученых из стран СНГ для ознакомления с последними достижениями астрофизики и космической физики, в том числе с использованием новейшей техники и методов. Такие мероприятия способствуют обучению студентов и молодых ученых, повышению их профессионального уровня, общению с известными учеными, обмену опытом, установлению новых контактов и сотрудничества.

Среди участников конференции были 47 молодых ученых и исследователей из Армении, Латвии, Литвы, России, Таджикистана и Украины. В течение трех дней для молодых ученых

были организованы лекции и практические занятия по различным областям астрофизики и космических исследований, а также им предоставилась возможность представить свои работы. Участвовали 5 приглашенных докладчиков (лекторов) из Армении, Франции и России, которые провели 5 лекций и 2 разные практические занятия для молодых ученых. Каждый из молодых участников представил короткий доклад с презентацией о своих текущих научных работах. Всего было 38 докладов молодых учёных. Официальными языками конференции являлись английский и русский.

22 ноября была организована экскурсия в Бюраканскую астрофизическую обсерваторию и встреча с директором обсерватории Гайком Арутюняном. У участников была возможность ознакомиться с текущими проектами и с будущими планами обсерватории, а также с крупнейшим 2.6м телескопом обсерватории. 23 ноября была организована экскурсия в храм Гарни и в монастырь Гегард.

Организаторами конференции являлись Национальная академия наук республики Армения (НАН РА), Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Армянское астрономическое общество (АрАО) и общественная организация *"Развитие международного сотрудничества"*. Конференция была организована при поддержке Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств-участников СНГ (МФГС).

Редакторы выражают благодарность секретарю оргкомитета конференции Г.С. Арутюнян за помощь в подготовке сборника.

Арег Микаелян, Олег Малков, Николай Самусь
редакторы

Preface

The Young Scientists Conference “50 Years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky” was dedicated to the 50th anniversary of Yuri Gagarin’s flight to the Space. It was held on November 21-25, 2011 at the Armenian National Academy of Sciences and the Byurakan Astrophysical Observatory (Armenia).

Yuri Alekseyevich Gagarin (9 March 1934 – 27 March 1968) was a Soviet pilot and cosmonaut. He was the first human to journey into outer space, when his *Vostok* spacecraft completed an orbit of the Earth on 12 April 1961. Gagarin became an international celebrity, and was awarded many medals and honours, including Hero of the Soviet Union, the nation's highest honour. *Vostok I* marked his only spaceflight, but he served as backup crew to the *Soyuz I* mission (which ended in a fatal crash). Gagarin later became deputy training director of the Cosmonaut Training Centre outside Moscow, which was later named after him. Gagarin died in 1968 when a MiG 15 training jet he was piloting crashed.

The 50th anniversary of Gagarin's journey into space was marked in 2011 by tributes around the world. A film entitled *First Orbit* was shot from the International Space Station, combining the original flight audio with footage of the route taken by Gagarin. The Russian, American, and Italian Expedition 27 crew aboard the ISS sent a special video message to wish the people of the world a "Happy Yuri's Night", wearing shirts with an image of Gagarin. Swiss-based German watchmaker Bernhard Lederer created a limited edition of 50 Gagarin Tourbillons to commemorate the 50th anniversary of Yuri Gagarin's flight. The launch of Soyuz TMA-21 on 4 April 2011 was devoted to the 50th anniversary of the first manned space mission.

This conference also was a part of these events devoted to the 50th anniversary of the first manned space mission.

The main goal of the Conference was to gather young scientists from CIS countries to familiarize them with the latest developments of Astrophysics and Space Physics, including the using of the latest technology and techniques. Such events contribute to the education of students and young researchers, as well as improve their professional skills, communication with famous scientists, exchange of experience, new contacts and cooperation.

Among the participants of the conference there were 47 young scientists and researchers from Armenia, Latvia, Lithuania, Russia, Tajikistan and Ukraine. Within three days for young scientists lectures and practical exercises on various fields of Astrophysics and Space Research were organized, as well as an opportunity was given to present their own works. There were 5 invited speakers (lecturers) from Armenia, France and Russia, who had 5 lectures and 2 different practical exercises (tutorials) for young scientists. Each of the young participants had a short talk with

presentation of his/her current research works. Altogether 38 talks by young scientists were given. The official conference languages were English and Russian.

On November 22, an excursion to the Byurakan Astrophysical Observatory and a meeting with the director of the observatory Haik Harutyunian was organized. The participants had opportunity to get familiar with the observatory current projects and future plans, as well as with the observatory's largest 2.6 telescope. On November 23, an excursion to the Garni Temple and Geghard Monastery was organized.

The organizers of the conference were the Armenian National Academy of Sciences (NAS), the Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), the Armenian Astronomical Society and "*Development of the International Cooperation*" NGO. The conference was organized with the support of The Intergovernmental Foundation for Educational, Scientific and Cultural Cooperation.

The editors acknowledge the secretary of the organizing committee of the Conference G.S. Harutyunyan for her help in preparing these proceedings.

Areg Mickaelian, Oleg Malkov, Nikolay Samus

Editors

Список участников

Фамилия	Имя, отчество	Страна	Учреждение	Эл-почта
Абрамян	Айк В.	Армения	БАО	abrahamyanhayk@gmail.com
Автандилян	Марине Г.	Армения	АГПУ	mar_avt@hotmail.com
Арзуманян	Эммануэль	Франция	ЛАТМОС,УВСК	Emmanuel.Arzoumanian@lisa.u-pec.fr
Арутюнян	Ваагн	Армения	ЕГУ	vahag1890@yahoo.com
Арутюнян	Гоар С.	Армения	ЕГУ	goharutyunyan@gmail.com
Аршакян	Артур	Армения	ЕГУ	artur.arshakyan.1991@mail.ru
Атанесян	Лена	Армения	ЕГУ	atanesyan.lena@mail.ru
Бабик	Юрий	Украина	АО Киев и ГАО НАНУ	babikyura@ukr.net , babikyura@gmail.com
Балуев	Роман	Россия	ГАО РАН	roman@astro.spbu.ru
Бархударян	Лилит	Армения	ЕГУ	lilitbarkhudaryan@mail.ru
Блинов	Дмитрий А.	Россия	АИС СПбГУ	dmitriy.blinov@gmail.com
Буриев	Анварджон М.	Таджикистан	ИА Душанбе	anvar10@mail.ru
Вардазарян	Анаит	Армения	ЕГУ	anahit9490@mail.ru
Варданын	Ани	Армения	ЕГУ	aninani99@mail.ru
Варданын	Валерий	Армения	ЕГУ	vardanyanv@gmail.com
Варданын	Татевик	Армения	ЕГУ	v.tatev@gmail.com
Верещагина	Ираида А.	Россия	ГАО РАН	Iraida.Anna@gmail.com
Вирун	Наталия	Украина	АО Львов	virun@astro.franko.lviv.ua
Габриелян	Вазген	Армения	ЕГУ и БАО	vazgen.gabrielyan@hotmail.com
Горбовской	Евгений С.	Россия	МГУ	gorbovskoy@gmail.com
Золотухина	Анастасия	Украина	ГАО НАНУ	nastya@mao.kiev.ua
Исаева	Анастасия	Россия	ГАИШ МГУ	Is.stasya@yahoo.com
Казарян	Сатеник А.	Армения и Франция	БАО и ОБСПМ	satenik.ghazaryan@obspm.fr
Казиня	Элина	Латвия	ИА УЛ	elina.kazina@inbox.lv
Карапетян	Арпине	Армения	ЕГУ	k-arpi@mail.ru
Каспарова	Анастасия	Россия	ГАИШ МГУ	anastasya.kasparova@gmail.com
Маланчев	Константин	Россия	МГУ	hombit@gmail.com
Малков	Олег Ю.	Россия	ИА РАН и МГУ	malkov@inasan.ru
Масколиунас	Мариус	Литва	ИТФА	Marius.Maskoliunas@tfai.vu.lt
Медведева	Анна	Россия	ГАИШ МГУ	mizar-alcora@rambler.ru
Микаелян	Арег М.	Армения	БАО и АрАО	aregmick@aras.am , aregmick@yahoo.com

Морозова	Дарья А.	Россия	АИС СПбГУ	comitcont@gmail.com
Мосенков	Александр В.	Россия	СПбГУ и ГАО РАН	mosenkovAV@gmail.com
Муфахаров	Тимур	Россия	САО РАН	timmy23@mail.ru
Назарян	Тигран	Армения	ЕГУ и БАО	nazaryan.tigran@gmail.com
Новикова	Александра	Россия	ГАИШ МГУ	sasha.novikova@gmail.com
Паронян	Гурген М.	Армения	БАО	gurgen@bao.sci.am
Попова	Елена А.	Россия	ГАО РАН	m02pea@hotmail.com
Пружинская	Мария В.	Россия	ГАИШ МГУ	pruzhinskaya@gmail.com
Самусь	Николай Н.	Россия	ИА РАН, ГАИШ и АО	samus@sai.msu.ru
Саркисян	Ален	Франция	ЛАТМОС, УВСК	alain.sarkissian@latmos.ipsl.fr
Сафонов	Борис С.	Россия	МГУ	safonov10@gmail.com
Сафонова	Евгения	Россия	ГАИШ МГУ	eshaldenkova@gmail.com
Соков	Евгений Н.	Россия	ГАО РАН	jenias06@gmail.com
Тарзян	Арсен	Армения	ЕГУ	arsen130991@mail.ru
Титаренко	Анастасия Р.	Россия	ГАИШ МГУ	2chlaidze@gmail.com
Троицкий	Иван С.	Россия	СПбГУ	void@star.math.spbu.ru
Уклеин	Роман	Россия	САО РАН	uklein@sao.ru
Хачатрян	Кнарник	Армения	ЕГУ	knarik1990@rambler.ru
Чулков	Дмитрий	Россия	ГАИШ МГУ	chulkov@physics.msu.ru
Шляпников	Алексей А.	Украина	КраО	aas@crao.crimea.ua
Якунин	Илья	Россия	САО РАН	elias@sao.ru

Сокращения названий учреждений

АГПУ – Армянский государственный педагогический университет им. Х. Абовяна, Ереван, Армения

АИС СПбГУ – Астрономический институт им. В.В. Соболева, Санкт-Петербургский Государственный Университет, Россия

АО – Международная общественная организация «Астрономическое Общество», Москва, Россия

АО Киев – Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, Украина

АО Львов – Астрономическая обсерватория Львовского национального университета им. Ивана Франко, Украина

АрАО – Армянское астрономическое общество, Бюракан, Армения

БАО – Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А. Амбарцумяна, Армения

ГАИШ – Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга, Московский
Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ГАО НАНУ – Главная астрономическая обсерватория, Национальная Академия Наук Украины,
Украина

ГАО РАН – Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

ЕГУ – Факультет Физики, Ереванский государственный университет, Армения

ИА Душанбе – Институт астрофизики Академии Наук Республики Таджикистан, Душанбе,
Таджикистан

ИА РАН – Институт астрономии Российской Академии Наук, Москва, Россия

ИА УЛ – Институт астрономии, Университет Латвии, Латвия

ИТФА – Институт теоретической физики и астрономии Вильнюсского университета, Литва

КрАО – Крымская астрофизическая обсерватория, Украина

ЛАТМОС, УВСК – LATMOS, UVSQ, Франция

МГУ – Физический факультет Московского Государственного Университета, Россия

ОБСПМ – LUTH, Парижская обсерватория, CNRS, Университет Парижа им. Дидро, Медон, Франция

САО РАН – Специальная астрофизическая обсерватория, Российская Академия Наук, Нижний
Архыз, Россия

СПбГУ – Санкт-Петербургский Государственный Университет, Россия

List of participants

Surname	First name	Country	Institution	E-mail
Abrahamyan	Hayk V.	Armenia	BAO	abrahamyanhayk@gmail.com
Arshakyan	Artur	Armenia	YSU	artur.arshakyan.1991@mail.ru
Arzoumanian	Emmanuel	France	LATMOS, UVSQ	Emmanuel.Arzoumanian@lisa.u-pec.fr
Atanesyan	Lena	Armenia	YSU	atanesyan.lena@mail.ru
Avtandilyan	Marine G.	Armenia	ASPU	mar_avt@hotmail.com
Babiyk	Iurii	Ukraine	AO Kyiv and MAO UNAS	babikyura@ukr.net , babikyura@gmail.com
Baluev	Roman	Russia	MAO RAS	roman@astro.spbu.ru
Barkhudaryan	Lilit	Armenia	YSU	lilitbarkhudaryan@mail.ru
Blinov	Dmitriy A.	Russia	SAI SPbSU	dmitriy.blinov@gmail.com
Buriev	Anvarjohn M.	Tajikistan	IA Dushanbe	anvar10@mail.ru
Chulkov	Dmitry	Russia	SAI MSU	chulkov@physics.msu.ru
Gabrielyan	Vazgen V.	Armenia	YSU and BAO	vazgen.gabrielyan@hotmail.com
Ghazaryan	Satenik A.	Armenia and France	BAO and OBSPM	satenik.ghazaryan@obspm.fr
Gorbovskoy	Evgeniy S.	Russia	MSU	gorbovskoy@gmail.com
Harutyunyan	Gohar S.	Armenia	YSU	goharutyunyan@gmail.com
Harutyunyan	Vahagn	Armenia	YSU	vahag1890@yahoo.com
Isaeva	Anastasia	Russia	SAI MSU	Is.stasya@yahoo.com
Karapetyan	Arpine	Armenia	YSU	k-arpi@mail.ru
Kasparova	Anastasiya	Russia	SAI MSU	anastasya.kasparova@gmail.com
Kazina	Elina	Latvia	IA UL	elina.kazina@inbox.lv
Khachatryan	Knarik	Armenia	YSU	knarik1990@rambler.ru
Malanchev	Konstantin L.	Russia	MSU	hombit@gmail.com
Malkov	Oleg Yu.	Russia	IA RAS and MSU	malkov@inasan.ru
Maskoliūnas	Marius	Lithuania	ITPA	Marius.Maskoliunas@tfai.vu.lt
Medvedeva	Anna	Russia	SAI MSU	mizar-alcora@rambler.ru
Mickaelian	Areg M.	Armenia	BAO and ArAS	aregmick@aras.am , aregmick@yahoo.com
Morozova	Daria A.	Russia	SAI SPbSU	comitcont@gmail.com
Mosenkov	Aleksandr V.	Russia	SPbSU and MAO RAS	mosenkovAV@gmail.com
Mufakharov	Timur	Russia	SAO RAS	timmy23@mail.ru

Nazaryan	Tigran	Armenia	YSU and BAO	nazaryan.tigran@gmail.com
Novikova	Alexandra	Russia	SAI MSU	sasha.novikova@gmail.com
Paronyan	Gurgen M.	Armenia	BAO	gurgen@bao.sci.am
Popova	Elena A.	Russia	MAO RAS	m02pea@hotmail.com
Pruzhinskaya	Maria V.	Russia	SAI MSU	pruzhinskaya@gmail.com
Safonov	Boris S.	Russia	MSU	safonov10@gmail.com
Safonova	Evgeniya	Russia	SAI MSU	eshaldenkova@gmail.com
Samus	Nikolay N.	Russia	IA RAS, SAI MSU and EAAS	samus@sai.msu.ru
Sarkissian	Alain	France	LATMOS, UVSQ	alain.sarkissian@latmos.ipsl.fr
Shlyapnikov	Aleksey A.	Ukraine	CrAO	aas@crao.crimea.ua
Sokov	Evgeniy N.	Russia	MAO RAS	jenias06@gmail.com
Tarzyan	Arsen	Armenia	YSU	arsen130991@mail.ru
Titarenko	Anastasiya R.	Russia	SAI MSU	2chlaidze@gmail.com
Troitskiy	Ivan S.	Russia	SPbSU	void@star.math.spbu.ru
Uklein	Roman	Russia	SAO RAS	uklein@sao.ru
Vardanyan	Ani	Armenia	YSU	aninani99@mail.ru
Vardanyan	Tatevik	Armenia	YSU	v.tatev@gmail.com
Vardanyan	Valeri	Armenia	YSU	vardanyanv@gmail.com
Vardazaryan	Anahit	Armenia	YSU	anahit9490@mail.ru
Vereshagina	Iraida A.	Russia	MAO RAS	Iraida.Anna@gmail.com
Virun	Natalia	Ukraine	AO Lviv	virun@astro.franko.lviv.ua
Yakunin	Ilya	Russia	SAO RAS	elias@sao.ru
Zolotukhina	Anastasiya	Ukraine	MAO UNAS	nastya@mao.kiev.ua

Abbreviations in institutions names

AO Kyiv – Astronomical Observatory, National Taras Shevchenko University of Kyiv, Ukraine

AO Lviv – Astronomical Observatory of the Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

ArAS – Armenian Astronomical Society, Byurakan, Armenia

ASPU – Armenian State Pedagogical University after Kh. Abovyan, Yerevan, Armenia

BAO – V.A. Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory, Armenia

CrAO – Crimean Astrophysical Observatory, Ukraine

EAAS – Euro-Asian Astronomical Society, Moscow, Russia

IA Dushanbe – Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

IA RAS – Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
IA UL – Institute of Astronomy, University of Latvia, Riga, Latvia
ITPA – Institute of Theoretical Physics and Astronomy of Vilnius University, Lithuania
LATMOS, UVSQ – LATMOS, UVSQ, France
MAO RAS – Main (Pulkovo) Astronomical Observatory of RAS, St. Petersburg, Russia
MAO UNAS – Main Astronomical Observatory, Ukrainian National Academy of Sciences, Ukraine
MSU – Faculty of physics, Moscow State University, Russia
OBSPM – LUTH, Observatoire de Paris, CNRS, Université Paris Diderot, Meudon, France
SAI MSU – Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
SAI SPbSU – Sobolev Astronomical Institute, St. Petersburg State University, Russia
SAO RAS – Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhny Arkhyz, Russia
SPbSU – St. Petersburg State University, Russia
YSU – Faculty of Physics, Yerevan State University, Armenia



Приглашенные лекции

**Астрономические обзоры, каталоги,
виртуальные обсерватории,
переменность и кросс-корреляции**

Invited Lectures

**Astronomical Surveys, Catalogs,
Virtual Observatories,
Variability and Cross-Matching**

Крупномасштабные астрономические обзоры и каталоги

Арег М. Микаелян

*Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область,
Армения; E-mail: aregmick@aras.am*

Резюме. Приводится обзор статуса крупных астрономических обзоров всего неба и их каталогизированных данных по всему диапазону электромагнитного спектра, от гамма до радио, таких как ROSAT в рентгеновском диапазоне, GALEX в УФ, SDSS и несколько каталогов на основе POSS1/2 (APM, MAPS, USNO, GSC) в оптическом диапазоне, 2MASS и WISE в ближнем ИК, IRAS и AKARI в среднем и далёком ИК, NVSS и FIRST в радио и многих других, а так же наиважнейших обзоров дающих оптические изображения (DSS, SDSS), переменность (GCVS, NSVS, ASAS) и спектроскопию (FBS, SBS, HQS, HES, SDSS). Дано общее представление покрытия вдоль всего диапазона длин волн и сравнения между различными обзорами: красных смещений галактик, квазаров, радио, галактической структуры и темной энергии.

Ключевые слова: обзоры – каталоги: гамма, рентгеновские, УФ, оптические, ИК, радио

Large-area astronomical Surveys and Catalogs

Areg M. Mickaelian

*Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia;
E-mail: aregmick@aras.am*

Abstract. We review the status of all-sky and large astronomical surveys and their catalogued data over the whole range of electromagnetic spectrum, from gamma-ray to radio, such as ROSAT in X-ray, GALEX in UV, SDSS and several POSS1/2 based catalogs (APM, MAPS, USNO, GSC) in optical, 2MASS and WISE in NIR, IRAS and AKARI in MIR/FIR, NVSS and FIRST in radio and many others, as well as most important surveys giving optical images (DSS, SDSS), variability (GCVS, NSVS, ASAS) and spectroscopic (FBS, SBS, HQS, HES, SDSS) data. An overall understanding of coverage along the whole wavelength range and comparisons between various surveys are given: galaxy redshift surveys, QSO, radio, Galactic structure, and Dark Energy surveys.

Keywords: surveys – catalogues: gamma-ray, X-ray, UV, optical, IR, radio

1. Introduction: Astronomical Surveys

At present the development of astronomy is strongly dependent on the large surveys, archives and databases. The multiwavelength data complement each other and allow new discoveries. Especially useful are all-sky or large-area surveys providing homogeneous data for vast amount of objects and making possible studies on various kinds of objects over large areas. This huge information on various properties of stars, nebulae and galaxies allows making research really multiwavelength. Hundreds of thousands, millions and even billion (USNO and GSC) objects are present in each of them having accurate positional, photometric and some other data. Most of the modern databases give at present VO access to the stored information. This makes possible not only the open access but also a fast analysis and managing of these data. Analyzing and matching data from various surveys and catalogs one can find out a dataset that itself is new, though published long ago in different catalogs. New discoveries this way become possible. Cross-correlations result in revealing new objects and new samples. Very often dozens of thousands sources hide a few very interesting ones that are needed to be discovered. Spectroscopic databases are unique among all others. Very few such databases are available: The Digitized Hamburg Quasar Survey (HQS), the Digitized First Byurakan Survey (DFBS), and the Sloan Digital Sky Survey (SDSS), altogether covering about $25,000 \text{ deg}^2$ at high Galactic latitudes. New scientific projects as well as existing surveys will benefit by the digitized images and the ready-to-use extracted spectra which will allow an efficient computer-based analysis of the dataset. New discoveries may come when a comparative analysis of data from various catalogs and their correlation is made. However, one must be careful with inhomogeneity and make necessary correction and transformations. In addition, new efficient tools for analysis of large catalogs are needed. An investigation of the status of many all-sky and/or large-area surveys and new interesting comparisons by their wavelength ranges, sky coverage, limiting magnitudes, number of catalogued objects, source density, and other parameters have been carried out.

2. Importance of Large-Area Surveys

The Universe is very big; there are ~ 100 billion galaxies in it, each containing billions of stars, nebulae, and other objects. Most of the objects are very like each other, and standard approach may be applied to study them. Classical explanations and theories for stellar configurations, inner structure, stellar atmospheres, and radiation mechanisms have been developed, as well as well-developed theories of gas nebulae and similar gas medium are present. Unique objects are needed to study and understand new physical mechanisms, origin and evolution of stars, galaxies, and the Universe as a whole. Such unique objects are stars with extreme colors, chemically peculiar ones, emission-line stars, non-optical sources, extended envelopes, variables (especially non-stable ones), binaries (especially close binaries), stellar groups and clusters, etc.; peculiar galaxies (blue, emission-line, etc.), starbursts (SB), active galactic nuclei (AGN), pairs (especially interacting ones), mergers, jets, many of non-optical sources, etc. However, altogether typically 5–10 % of all

objects have such peculiarities and may serve for study of new processes and phenomena. Thus a need to search and study such objects arises: astronomical surveys are a tool to reveal interesting objects and use them for our research.

It is pretty obvious that almost all important objects for further astronomical studies have come from wide-field surveys, both photometric and spectroscopic. Among the photometric surveys, Palomar Observatory Sky Surveys are well known (POSS-I and POSS-II) taken with the famous Palomar Schmidt telescope, which gave very large coverage in two (B and R, POSS-I) and three (B, R and I, POSS-II) bands. Together with similar Southern surveys taken with ESO and Australian Schmidt telescopes they give total sky coverage with more than 1 billion objects brighter 21^m . However, very little information on the nature of these objects may be retrieved from these plates.

Usually deep fields are not considered as large surveys however, taking into account their limiting magnitude and the density of objects it becomes possible to investigate the large-scale structure of the Universe, thus making them competitive to such large-area surveys as for example SDSS.

3. Catalogued Data

Modern astronomical research is impossible without various multiwavelength data present in numerous catalogues, archives, and databases. Summarizing, the largest all-sky or large-area catalogues and databases available today in various wavelengths are:

- **Optical images:** DSS1 (all-sky digitized images in two bands, blue and red from POSS-I/SERC-J, $1.67''$ sampling; McGlynn et al. 1994), DSS2 (all-sky digitized images in three bands, blue, red, and IR from POSS-II/AAO-SES, $1''$ sampling; Lasker et al. 1996), SDSS-II (digital images for $11,663 \text{ deg}^2$ in five bands, u, g, r, i, z, $0.1''$ resolution; Abazajian et al. 2009);
- **Optical photometry:** USNO-B1.0 ($0.4''$ rms positions, B1, R1, B2, R2, and I photometry; proper motions for all 1,045,913,669 objects present in POSS-I/SERC-J and POSS-II/AAO-SES over the whole sky, limited to 22.5^m in B and 20.8^m in R; the largest among all available catalogs; Monet et al. 2003), GSC 2.3.2 ($0.3''$ rms positions, j/V/F/N photometry for 945,592,683 objects present in DSS2, limited to 22.5^m in j and 20.8^m in F; Lasker et al. 2008), MAPS ($0.5''$ rms positions, O/E photometry for 89,234,404 POSS-I objects over $21,000 \text{ deg}^2$, limited to 21.0^m in O and 20.0^m in E; Cabanela et al. 2003), APM ($0.6''$ rms positions, b and r photometry for 166,466,987 POSS I objects over $21,000 \text{ deg}^2$, limited to 21.0^m in b and 20.0^m in r; McMahon et al. 2000), SDSS (67mas rms positions, u, g, r, i, z photometry for 357 million objects mainly in Northern extragalactic sky, limited to 22.0^m in u, 22.2^m in g and r, 21.3^m in i and 20.5^m in z; Abazajian et al. 2009), Tycho-2 (85mas rms positions and accurate B/V magnitudes for 2,539,913 objects over the whole sky, limited to 15.2^m in B and 16.3^m in V; Hog et al. 2000);

- **Variability:** GCVS (all catalogued 80,671 variables; variability types, typically 0.1^m photometric accuracy; Samus et al., v2011May), NSVS (~14,000,000 objects for the area with $\delta > -38^\circ$ (33,326 deg²); median R (~0.02^m accuracy), measurements scatter, amplitudes, periods, and variability types when possible; 0.04^m accuracy; Wozniak et al. 2004a; 8678 catalogued classified red variables from NSVS: Mira type, SR, etc.; Wozniak et al. 2004b). The All Sky Automated Survey (ASAS, Pojmanski 1997; <http://www.astro.uw.edu.pl/asas/>) with its ASAS Catalogues of Variable Stars (ACVS) containing some 50,000 stars, including some 30,000 new ones. The most complete list of stars (altogether 203,438 objects) ever mentioned as variables is given at the International Variable Star Index (www.aavso.org/vsx). Besides, variability (as well as proper motion) studies are possible based on comparison between POSS1 epoch combined measurements from APM/MAPS/USNO-A2.0/USNO-B1.0 and POSS2 epoch combined measurements from USNO-B1.0/GSC2.3.2 (Mickaelian & Sinamyan 2010, Mickaelian et al. 2011);
- **Optical spectroscopy:** FBS (Markarian et al. 1989), SBS (Stepanian 2005), Case (Pesch et al. 1995), HQS (Hagen et al. 1999), HES (Wisotzki et al. 2000) (objective prism images for most of the extragalactic sky, 17,000 deg² in North and 9,000 deg² in South; digitized copies of FBS, HQS, and HES are available; Mickaelian et al. 2007, Hagen et al. 1999, and Wisotzki et al. 2000, respectively), SDSS (3800–9200Å R=1800–2200 spectra for 1,640,960 selected objects, including 929,555 galaxies, 121,373 QSOs, and 464,261 stars; Abazajian et al. 2009), 2dF/6dF (medium dispersion 3700-7900Å spectra for 346,061 galaxies and 49,425 stellar objects, including 23,660 QSOs; Colless et al. 2001, Croom et al. 2004);
- **Gamma-ray data:** CGRO EGRET (gamma-ray positions and 20 keV – 30 GeV photon counts for 1300 sources, including only 271 identified ones; Hartman et al. 1999) and GLAST (Fermi) LAT (gamma-ray positions and 10 MeV – 100 GeV photon counts for 1873 sources, including 1451 sources in high-energy range); gamma-ray sources are difficult to identify due to inaccurate positions (several arcmin errors); INTEGRAL (IBIS/ISGRI soft gamma-ray survey catalog of 723 sources), Swift (survey in deep fields, 9387 sources), BeppoSAX (1082 gamma-ray bursts) and other data are much more accurate, however no all-sky or large-area catalogue is available from these missions/telescopes;
- **X-ray data:** ROSAT BSC and FSC (X-ray positions and 0.07–2.4 keV photon counts and two hardness ratios for 124,730 sources (18,806 in BSC and in 105,924 FSC); Voges et al. 1999, Voges et al. 2000); ROSAT sources are difficult to identify due to inaccurate positions (~1' errors); INTEGRAL (Hard X-ray all-sky survey catalog of 403 sources); EXOSAT, EXOSAT Medium energy (1–8 keV) Slew Survey Catalog (EXMS) 1210 sources, including 992 identified ones); ASCA (1190 sources) and other data are available; Chandra and XMM are much more accurate, however no all-sky or large-area survey is available;
- **UV data:** GALEX AIS and MIS (2" rms accurate positions and fluxes in FUV 1528Å and NUV 2271Å bands for 77,900,000 sources (65.3 million in AIS and 12.6 million in MIS) over the whole sky up to 20.8^m for AIS and 22.7^m for MIS; Bianchi et al. 2011); a number of older mission data are available (EUVE, 514 sources; FUSE, FUV spectra of ~3000 objects;

etc.) with much less accuracy and sensitivity; HST 2941A NUV observations (no large area survey is available);

- **NIR photometry:** 2MASS Point Source Catalog (PSC) (0.5" rms accurate positions and JHKs photometry for 470,992,970 objects over the whole sky up to 17.1^m in J, 16.4^m in H and 15.3^m in K_s; Cutri et al. 2003), 2MASS Extended Source Catalog (ESC) (JHK photometry for 1,647,599 objects over the whole sky; Skrutskie et al. 2006), DENIS (IJKs photometry for 355,220,325 objects over 16,700 deg² of the Southern sky up to 18.5^m in I, 16.5^m in J and 14.0^m in K_s; DENIS 2005); deeper NIR observations (no large-area survey) from VLT, UKIRT, and other large IR telescopes;
- **MIR photometry:** AKARI-IRC Point Source Catalogue (0.3" rms accurate positions and 9 μ (50 mJy sensitivity) and 18 μ (120 mJy sensitivity) fluxes for 870,973 sources over the whole sky; Ishihara et al. 2010), WISE (0.5" rms accurate positions and 3.4 μ (80 μ Jy sensitivity), 4.6 μ (110 μ Jy), 12 μ (1 mJy), 22 μ (6 mJy) bands photometry for 257,310,278 sources over the whole sky; Wright et al. 2010);
- **MIR/FIR photometry:** IRAS PSC and FSC (IR positions and fluxes in 12 μ (0.4 Jy sensitivity), 25 μ (0.5 Jy), 60 μ (0.6 Jy), and 100 μ (1.0 Jy) bands for 344,412 sources over the whole sky; IRAS 1988, Moshir et al. 1990), IRAS SSSC (IR positions and fluxes in 12 μ , 25 μ , 60 μ , and 100 μ bands for 16,740 extended sources over the whole sky; Helou et al. 1985), AKARI-FIS Bright Source Catalogue in FIR (0.8" rms accurate positions and 65 μ , 90 μ , 140 μ , 160 μ bands for 427,071 sources over the whole sky with 0.55 Jy sensitivity in 90 μ band; Yamamura et al. 2010); Spitzer Space Telescope (SST) 7-band data (altogether 4,261,028 sources observed) have accurate positions and much higher sensitivity, however no all-sky or large-area survey is available from this mission;
- **Sub-mm/mm data:** Planck (30–857 GHz (350 μ to 1cm) 9-band data for the whole sky, study of the CMBR and detection of 33,566 point sources; Planck 2011), WMAP (22–90 GHz fluxes of the whole sky, study of CMBR and detection of 471 point sources; Gold et al. 2011), SCUBA (a sub-mm instrument on JCMT providing data in 450 μ and 850 μ bands; two large catalogs have been released: Fundamental Map Object Catalog (JCMTSF, 5061 objects) and Extended Map Object Catalog (JCMTSE, 6118 objects); Di Francesco et al. 2008), Herschel already provides data at 55–672 μ with three instruments in 13 wavelength bands and spectra); in the nearest future, ALMA will provide data as well;
- **Radio data:** GB6 (positions and 6cm fluxes for 75,162 sources sensitive to 18mJy; Gregory et al. 1996), NVSS (positions and 21cm fluxes for 1,773,484 sources over 33,827 deg², sensitive to 2.5mJy; Condon et al. 1998), FIRST (5" rms accurate radio positions and 21cm fluxes for 811,117 sources from 10,000 deg² area of the Northern extragalactic sky, sensitive to 1mJy; Becker et al. 2003), SUMSS (36cm fluxes for 211,063 sources over 8000 deg² of the Southern sky, sensitive to 1mJy; Mauch et al. 2006), WENSS (49cm and 92cm fluxes for 229,420 sources over 9950 deg² of the Northern sky, sensitive to 18mJy; de Bruyn et al. 1998), 7C (198cm fluxes for 43,683 sources over 2400 deg² of the Northern sky, down to 40mJy; Hales et al. 2007). Deeper fields are observed on small areas (VLA, ATCA, etc.).

Table 1. Main data for the most important large astronomical surveys.

Survey, Catalog	Years	Spectral range	Sky area (deg ²)	Sensitivity (mag/mJy)	Number of sources	Density (obj/deg ²)
GLAST (<i>Fermi</i>)	2008-	10MeV-100GeV	All-sky		1,873	0.05
CGRO	1991-1999	20keV-30GeV	All-sky		1,300	0.03
INTEGRAL	2002-2014	15keV-10MeV	All-sky		1,126	0.03
ROSAT <i>BSC</i>	1990-1999	0.07-2.4 keV	All-sky		18,806	0.46
ROSAT <i>FSC</i>	1990-1999	0.07-2.4 keV	All-sky		105,924	2.57
GALEX <i>AIS</i>	2003-2012	1344-2831 Å	All-sky	20.8 ^m	65,300,000	1582.92
GALEX <i>MIS</i>	2003-2012	1344-2831 Å	All-sky	22.7 ^m	12,600,000	305.43
APM	2000	opt <i>b, r</i>	20,964	21.0 ^m	166,466,987	7940.61
MAPS	2003	opt <i>O, E</i>	20,964	21.0 ^m	89,234,404	4256.55
USNO-A2.0	1996	opt <i>B, R</i>	All-sky	21.0 ^m	526,280,881	12757.40
USNO-B1.0	2003	opt <i>B, R, I</i>	All-sky	22.5 ^m	1,045,913,669	25353.64
GSC 2.3.2	2008	opt <i>j, V, F, N</i>	All-sky	22.5 ^m	945,592,683	22921.79
Tycho-2	1989-1993	opt <i>BT, VT</i>	All-sky	16.3 ^m	2,539,913	61.57
SDSS-II <i>photo</i>	2000-2008	opt <i>u, g, r, i, z</i>	11,663	22.2 ^m	357,175,411	30609.62
SDSS-II <i>spectro</i>	2000-2008	opt-spec	9,380	19.1 ^m	1,640,960	174.94
FBS	1965-1980	opt-spec <i>F</i>	17,056	17.5 ^m	20,000,000	1172.61
SBS	1978-1991	opt-spec <i>J, F, N</i>	965	19.0 ^m	3,000,000	3108.81
HQS	1985-1997	opt-spec <i>J</i>	14,000	19.0 ^m		
HES	1990-1996	opt-spec <i>J</i>	9,000	18.0 ^m		
DENIS	1996-2001	0.8-2.4 μ	16,700	18.5 ^m	355,220,325	21270.68
2MASS <i>PSC</i>	1997-2001	1.1-2.4 μ	All-sky	17.1 ^m	470,992,970	11417.46
2MASS <i>ESC</i>	1997-2001	1.1-2.4 μ	All-sky	17.1 ^m	1,647,599	39.94
WISE	2009-2011	3-22 μ	All-sky	15.6 ^m	257,310,278	6300.45
AKARI <i>IRC</i>	2006-2008	7-26 μ	All-sky	50 mJy	870,973	21.11
IRAS <i>PSC</i>	1983	8-120 μ	All-sky	400 mJy	245,889	6.21
IRAS <i>FSC</i>	1983	8-120 μ	34,090	400 mJy	173,044	5.08
SST	2003-2009	3-180 μ	Sel.areas	0.001mJy	4,261,028	
AKARI <i>FIS</i>	2006-2008	50-180 μ	All-sky	550 mJy	427,071	10.56
Planck	2009-	0.35-10 mm	All-sky	183 mJy	33,566	0.81
WMAP	2001-	3-14 mm	All-sky	500 mJy	471	0.01
GB6	1986-1987	6 cm	20,320	18 mJy	75,162	3.70
NVSS	1998	21 cm	33,827	2.5 mJy	1,773,484	52.43
FIRST	2003	21 cm	10,000	1 mJy	811,117	81.11
SUMSS	2006	36 cm	8,000	1 mJy	211,063	26.38
WENSS	1998	49/92 cm	9,950	18 mJy	229,420	23.06
7C	2007	198 cm	2,388	40 mJy	43,683	18.29
Deep fields						
HDF-N	1995	3000Å - 1.18μ	0.0017	28.2 ^m	3,000	1728011.06
HDF-S	1998	1344Å - 2.36μ	0.0015	28.5 ^m	4,553	3093070.65
SDF	1999	3650Å - 1.35μ	0.2550	28.5 ^m	150,000	588235.29
FDf	1999-2000	3400Å - 2.36μ	0.0136	27.7 ^m	8,753	643130.05
HUDF	2003-2004	4000Å - 1.35μ	0.0031	30.0 ^m	10,000	3272727.27
CDF-N	2005	0.07-10 keV	0.1240		600	4838.71
CDF-S	1999-2000	0.07-10 keV	0.1090		346	3174.31
GOODS-N	2004	1.55Å -21cm	0.0444	28.0 ^m	32,048	721152.12
GOODS-S	2004	1.55Å -21 cm	0.0444	28.0 ^m	29,599	666044.10
COSMOS	2008	1.55Å - 180μ	2.0000	29.0 ^m	2,017,800	1008900.00

In Table 1 we compare the most important large astronomical surveys from the gamma-ray to the radio band. The various columns give: survey or catalogue name, years of accomplishment or release, spectral range, sky area, typical sensitivity in limiting magnitudes or mJy, number of catalogued objects, and source density.

In Figure 1 we give the increase of numbers coming from galaxy redshift surveys, QSO surveys and radio surveys during 1980-2010. Figure 2 gives the same for Galactic structure surveys and Dark Energy surveys (in optical and IR wavelengths) during 1990-2020.

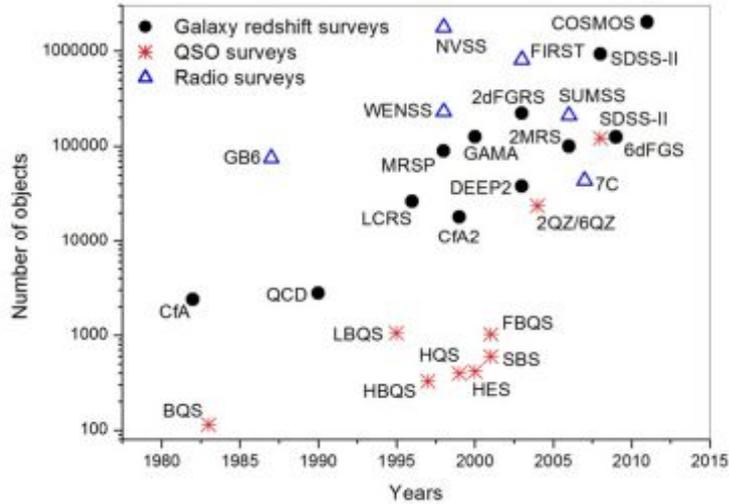


Figure 1. Galaxy redshift surveys, QSO surveys and radio surveys during 1980-2010.

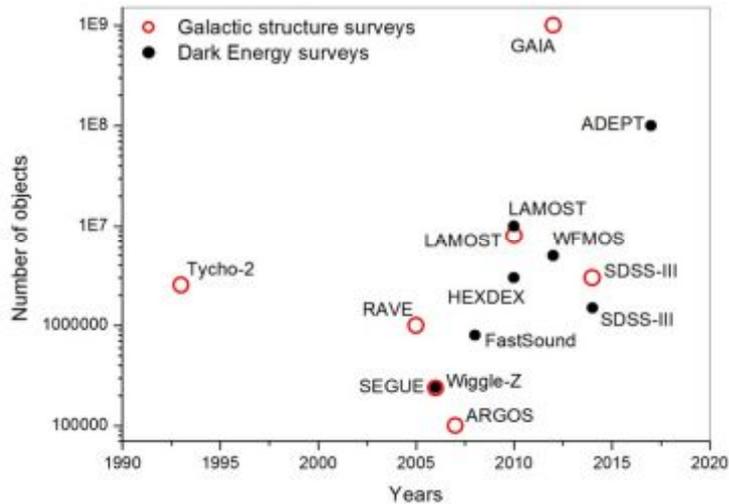


Figure 2. Galactic structure surveys and Dark Energy surveys during 1990-2020.

Figure 3 gives a comparison of all-sky and large-area astronomical surveys by their wavelength and sky coverage. Figure 4 gives a comparison of all-sky/large-area and deep surveys by their sensitivity (limiting magnitude) and number of catalogued objects.

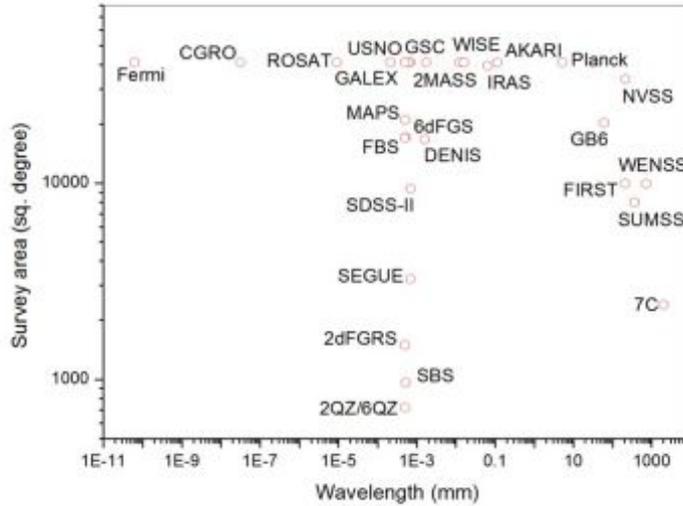


Figure 3. Comparison of all-sky/large-area and deep surveys by their wavelength and sky coverage.

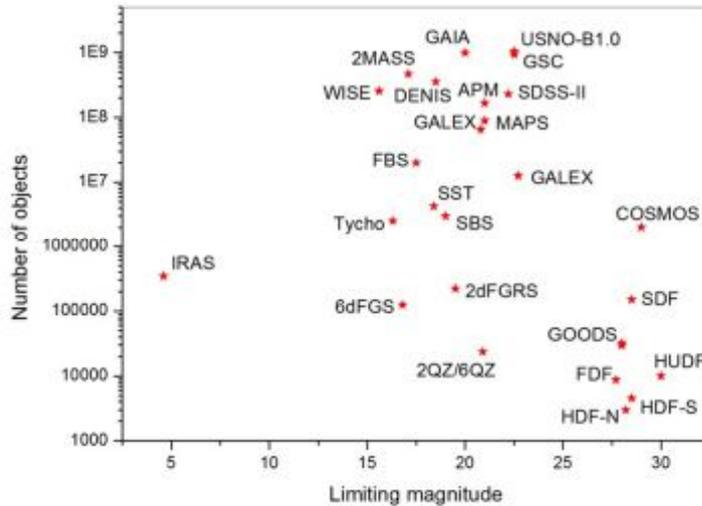


Figure 4. Comparison of all-sky/large-area and deep surveys by their sensitivity (limiting magnitude) and number of catalogued objects.

4. Summary

Modern astronomical research is impossible without various multiwavelength data coming from all-sky or large-area surveys and catalogued data. Surveys are much more valuable when various data can be compared and studied together. An overall coverage along the whole electromagnetic spectrum gives better understanding of various objects and phenomena, allows building MW SEDs, compare results and find out new details on these objects, build pictures of the large structure of the Universe. For example, having a few dozens thousands of QSOs and deredshifting their spectra, 2dF survey allowed building a synthetic spectra for QSOs along the whole wavelength range (Fig.

5). 2dF Galaxy Redshift Survey (2dFGRS) also allowed building the 3D structure of the Universe and conduct studies for galaxy distributions, voids, etc. (Fig. 6).

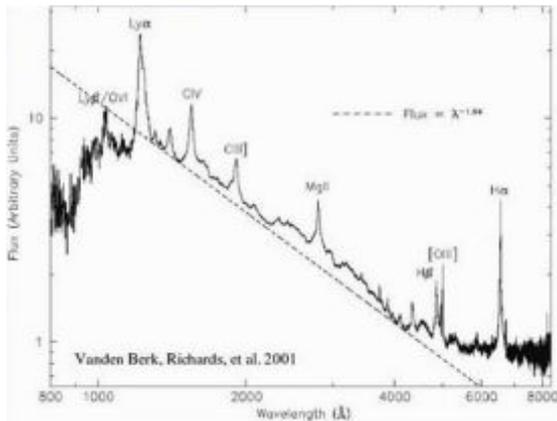


Figure 5. Synthetic spectrum of QSOs built on 2dF quasars by means of deredshifting their spectra.

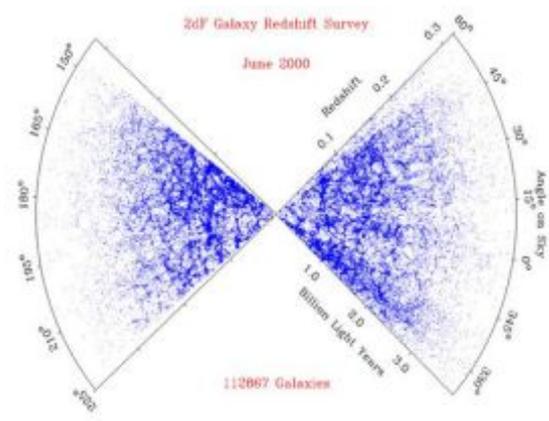


Figure 6. 3D structure of the Universe built using 2dF Galaxy Redshift Survey.

Astronomical archives and databases give concise data on any astronomical object published at any time. Archives are being built based on observations of given telescopes or observatories. Databases give possibility to use the accumulated data more efficiently; surveys and catalogs are much more valuable when various data can be compared and studied together. That is why it is so important to have easy access to all databases in a standard way. This is the task of the Virtual Observatories that have been created in a number of countries. We review all these matters in the next paper that gives an understanding on the most important astronomical archives and databases, as well as an introduction to Virtual Observatories.

References

- Abazajian, K. N., Adelman-McCarthy, J. K., Agueros, M. A., et al. 2009, ApJS 182, 543
 Becker, R. H., Helfand, D. J., et al.: 2003 VizieR On-line Data Catalog: VIII/71
 Bianchi, L.; Herald, J.; Efremova, B.; et al. 2011, Ap&SS, online, 246
 Cabanela, J. E., Humphreys, R. M., Aldering, G., et al.: 2003 PASP 115, 837
 Colless, M.; Dalton, G.; Maddox, S.; 2001, MNRAS 328, 1039
 Condon, J. J., Cotton, W. D., Greisen, E. W., et al.: 1998 AJ 115, 1693
 Croom, S. M.; Smith, R. J.; Boyle, B. J.; et al. 2004, MNRAS 349, 1397
 Cutri, R. M., Skrutskie, M. F., Van Dyk, S., et al. 2003, The 2MASS All-Sky Catalog, Final Release, University of Massachusetts and IPAC/California Institute of Technology
 de Bruyn, G., Miley, G., Rengelink, R., et al. 1998, Westerbork Northern Sky Survey (WENSS), WENSS Collaboration, NFRA/ASTRON and Leiden Observatory
 DENIS 2005, DENIS database at VizieR (b/DENIS)

Di Francesco, J. 2008, AAS 212, 9603

Gold, B., Odegard, N., Weiland, J.L., et al. 2011, ApJS 192, 15

Gregory, P.C., Scott, W.K., Douglas, K., Condon, J.J. 1996, ApJS 103, 427

Hagen, H.-J.; Engels, D.; Reimers, D. 1999, A&AS 134, 483

Hales, S.E.G., Riley, J.M., Waldrum, E.M., et al. 2007, MNRAS 382, 1639

Hartman, R. C.; Bertsch, D. L.; Bloom, S. D.; et al. 1999, ApJS 123, 79

Helou, G.; Walker, D. W. 1985, IRAS small scale structure catalog, JPL, Pasadena, NASA

Hog, E., Fabricius, C., Makarov, V. V., et al. 2000, A&A, 355, L27

IRAS, 1988, Joint IRAS Science Working Group. IRAS PSC, Version 2.0, NASA RP-1190

Ishihara, D.; Onaka, T.; Kataza, H.; et al. 2010, A&A 514, 1

Lasker, B. M., Doggett, J., McLean, B., et al. 1996, ASP Conf. Ser. 101, 88

Lasker, B. M., Lattanzi, M. G., McLean, B. J., et al. 2008, AJ, 136, 735L

Markarian, B. E.; Lipovetsky, V. A.; Stepanian, J. A.; Erastova, L. K.; Shapovalova, A. I. 1989, Comm. SAO 62, 5

Mauch, T., Murphy, T., Buttery, H.J., et al. 2006, The Sydney University Molonglo Sky Survey (SUMSS), V. 01 June 2006

McGlynn, T., White, N. E., Scollick, K., 1994, ASP Conf. Ser., 61, 34

McMahon, R.G., Irwin, M.J., Maddox, S.J. 2000, The APM-North Catalogue, Institute of Astronomy, Cambridge, UK

Mickaelian A.M., Mikayelyan G.A., Sinamyan P.K. 2011, MNRAS 415, 1061

Mickaelian, A. M., Nesci, R., Rossi, C., et al. 2007, A&A, 464, 1177

Mickaelian A.M., Sinamyan P.K. 2010, MNRAS 407, 681

Monet, D. G., Levine, S. E., Canzian, B., et al. 2003, AJ, 125, 984

Moshir, M., Kopan, G., Conrow, T., et al. 1990, IRAS FSC, Version 2.0, NASA

Pesch, P.; Stephenson, C. B.; MacConnell, D. J. 1995, ApJS 98, 41

Planck 2011, Planck Early Release Compact Source Catalogue Planck Collaboration, ESA, 2011, Vizier catalog VIII/88

Samus', N. N., Durlevich, O. V., Zharova, A. V., et al. 2011, General Catalog of Variable Stars (GCVS database), Inst. Astron. and SAI, Moscow, v. 2011 May

Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., Weinberg, M. D. et al. 2006, AJ, 131, 1163

Stepanian, J.A. 2005, RMxAA 41, 155

Voges, W., Aschenbach, B., Boller, T., et al. 1999, A&A, 349, 389

Voges, W., Aschenbach, B., Boller, T., et al. 2000, MPE Garching

Wisotzki, L.; Christlieb, N.; Bade, N.; et al. 2000, A&A 358, 77

Wozniak, P. R., Vestrand, W. T., Akerlof, C. W., et al. 2004a, AJ 127, 2436

Wozniak, P.R.; Williams, S.J.; Vestrand, W.T.; Gupta, V. 2004b, AJ 128, 2965

Wright, E. L.; Eisenhardt, P. R. M.; Mainzer, A. K.; et al. 2010, AJ 140, 1868

Yamamura, I.; Makiuti, S.; Ikeda, N.; et al. 2010, AKARI/FIS All-Sky Survey Point Source Catalogues, ISAS/JAXA

Астрономические архивы, базы данных и Виртуальные Обсерватории

Арег М. Микаелян

*Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область,
Армения; E-mail: aregmick@aras.am*

Резюме. Современные астрономические архивы содержат миллиарды объектов, как галактических, так и внегалактических, и огромное количество данных о них позволяют проводить новые исследования и сделать новые открытия. Астрофизические Виртуальные Обсерватории (ВО) используют доступные базы данных и текущий наблюдательный материал как коллекцию межоперирующих архивов данных и программных средств для образования исследовательской среды, где можно проводить комплексные научные программы. Большинство современных баз данных в настоящее время дают ВО доступ к хранящейся информации. Это делает возможным не только открытый доступ, но и быстрый анализ и манипулирование этими данными. Кросс-корреляции приводят к обнаружению новых объектов и новых выборок. Очень часто десятки тысяч источников скрывают несколько очень интересных, которые необходимо открыть путём сравнения различных физических характеристик.

Ключевые слова: архивы – базы данных – Виртуальные Обсерватории

Astronomical Archives, Databases and Virtual Observatories

Areg M. Mickaelian

*Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia;
E-mail: aregmick@aras.am*

Abstract. Present astronomical archives contain billions of objects, both Galactic and extragalactic, and the vast amount of data on them allow new studies and discoveries. Astrophysical Virtual Observatories (VO) use available databases and current observing material as a collection of interoperating data archives and software tools to form a research environment in which complex research programs can be conducted. Most of the modern databases give at present VO access to the stored information. This makes possible not only the open access but also a fast analysis and managing of these data. Cross-correlations result in revealing new objects and new samples. Very often dozens of thousands of sources hide a few very interesting ones that are needed to be discovered by comparison of various physical characteristics.

Keywords: archives – databases – Virtual Observatories

1. Astronomical Archives

All data coming from astronomical observations, both ground-based and space telescopes, are being archived on dedicated servers located at astronomical observatories or data centres. Fortunately, at present these data are in digital form and it is rather easy to directly store them, though still there is a big inhomogeneity in data formats. On contrary, there is a vast amount of photographic plates taken by hundreds of telescopes at the end of XIX and during XX centuries holding valuable astronomical information that are subject for digitization and storage. Such projects have started in a number of countries.

Important modern archives are **ESO Archive** (http://archive.eso.org/eso/eso_archive_main.html) and multimission archives servers holding data coming from space telescopes (HEASARC, IRSA, MAST, etc.). ESO archive gives access to all ESO data products from its all telescopes, including deep fields based on combined observations. **High Energy Astrophysics Science Archive Research Center** (HEASARC; <http://heasarc.gsfc.nasa.gov>) is the primary archive for high energy astronomy missions, in the extreme ultraviolet, X-ray and gamma-ray wavelengths. **NASA/IPAC Infra-Red Science Archive** (IRSA; <http://irsa.ipac.caltech.edu>) has transformed itself from the curator of the 2MASS data sets to a multimission archive for NASA's infrared and submillimeter (IR/SM) astronomy data. **Multimission Archive at Space Telescope** (MAST; <http://archive.stsci.edu>) supports a variety of astronomical data archives, with a primary focus on scientifically related data sets in the optical, ultraviolet, and nearinfrared parts of the spectrum. Fig. 1 gives ESO and MAST archives search pages.



Fig. 1. ESO Archive Query Form and MAST Search page at STScI.

2. Astronomical Databases

The Wide-Field Plate Database (WFPDB; <http://www.skyarchive.org>; Tsvetkov et al. 1994) contains the descriptive information for the astronomical wide-field ($>1^\circ$) photographic observations stored in numerous archives all over the world. The total number of these observations, obtained between 1879 and 2002 by the help of more than 200 telescopes from 125 observatories is about 2,204,725 from 345 archives. Search and sampling from the WFPDB is possible by equatorial coordinates and observation time (UT), as well as by the following instrument and observation parameters: instrument type and aperture, plate scale and size, object/field designation, method of observation, emulsion, filter type, exposure time. Among the plates, most are direct ones (2,128,330), and only 64,095 are objective prism plates. On-line search in WFPDB is possible via VizieR.

Modern astronomical databases hold various data: multiwavelength (MW) catalogs, images, spectra, literature, and other information. One of the most important databases is the **Centre de Données Astronomiques de Strasbourg (CDS;** <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>), created in 1972 and being intensively updated, where a number of services are provided. It is a data centre dedicated to the collection and worldwide distribution of astronomical data and related information. The CDS develops the SIMBAD astronomical database, the world reference database for the identification of astronomical objects, VizieR, the reference service for astronomical catalogues and tables published in academic journals, and the Aladin interactive sky atlas. CDS goals are to collect all of the useful information concerning astronomical objects that is available in computerized form: observational data produced by observatories around the world, on the ground or in space; to upgrade these data by critical evaluations and comparisons; to distribute the results to the astronomical community; and to conduct research, using these data. Most important CDS services are:

SIMBAD (Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data; <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>). It is an astronomical object database, the largest and most important in the world. As for 08.03.2012, it contains 5,533,002 objects, 15,501,861 identifiers, 264,133 bibliographic references, and 8,619,934 citations of objects in papers. At present version 4.1.192 (21.02.2012) is available. SIMBAD is mostly useful for stellar data, as there also is NED (see below) having more information for extragalactic objects.

VizieR (<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>; Ochsenbein et al. 2000). It provides access to the most complete library of published astronomical catalogues and data tables available on line (9805 catalogues as for 08.03.2012 and 10,190 tables in total), organized in a self-documented database. Query tools allow the user to select relevant data tables and to extract and format records matching given criteria. A search for catalogs by wavelength range, missions, authors, and astronomical objects may be carried out.

Aladin (<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>). It is an interactive software sky atlas allowing the user to visualize digitized astronomical images, superimpose entries from astronomical catalogues or databases, and interactively access related data and information from the SIMBAD database, the VizieR service and other archives for all known sources in the field. Created in 1999, Aladin has become a widely-used VO tool capable of addressing challenges such as locating data of interest, accessing and exploring distributed datasets, visualizing MW data. Version 7 is currently available.

There are two major extragalactic databases holding data on millions of galaxies, quasars, and clusters; NED in the USA and HyperLEDA in Europe.

NED (NASA/IPAC Extragalactic Database; <http://ned.ipac.caltech.edu/>). It is built around a master list of extragalactic objects for which cross-identifications of names have been established, accurate positions and redshifts entered to the extent possible, and some basic data collected (Figure 2 gives the main interface.). The most recently updated version of NED contains positions, basic data, and over 177 million names for 168 million extragalactic objects, as well as more than 8,800,000 bibliographic references to over 79,800 published papers, and 67,300 notes from catalogs and other publications. NED supports searches for objects and references, and offers browsing capabilities for nearly 57,000 abstracts of articles of extragalactic interest. Over 1.7 billion detailed photometric measurements, 161 million detailed position measurements, and 609 million detailed diameter measurements, taken from catalogs and the published literature, are currently available through NED. A similar database of over 2.3 million redshift and radial velocity measurements is available, as well as more than 2.5 million images, most taken from All-Sky release of 2MASS, and from the Digitized Sky Survey (DSS images for all NED objects are available “on-the-fly”). Spectra at all wavelengths for more than 339,000 objects are now available. NED also currently stores over 34,000 redshift-independent distances for over 9,000 extragalactic objects. A list of nearly 400 thousand classifications, types, and attributes for 210 thousand objects is also currently available.

HyperLEDA (<http://leda.univ-lyon1.fr/>). It is an information system for astronomy: it consists of a database and tools to process these data according to the user’s requirements. The scientific goal which motivates the development of HyperLeda is the study of the physics and evolution of galaxies. LEDA (Lyon-Meudon Extragalactic Database) was created in 1983 and became HyperLeda after the merging with Hypercat in 2000. At present the database contains over 3 million objects, out of them 1.5 million are galaxies with a high level of confidence. HyperLeda is now developed in the general frame of the Virtual Observatory. Users will submit queries which will transparently extract and process data from different servers throughout the world and return the result in an standardized form.

Other databases provide data on astronomers, astronomical literature, preprints, abstracts, etc. Among the most important are ADS as an abstract service and astro-ph as a preprint service.

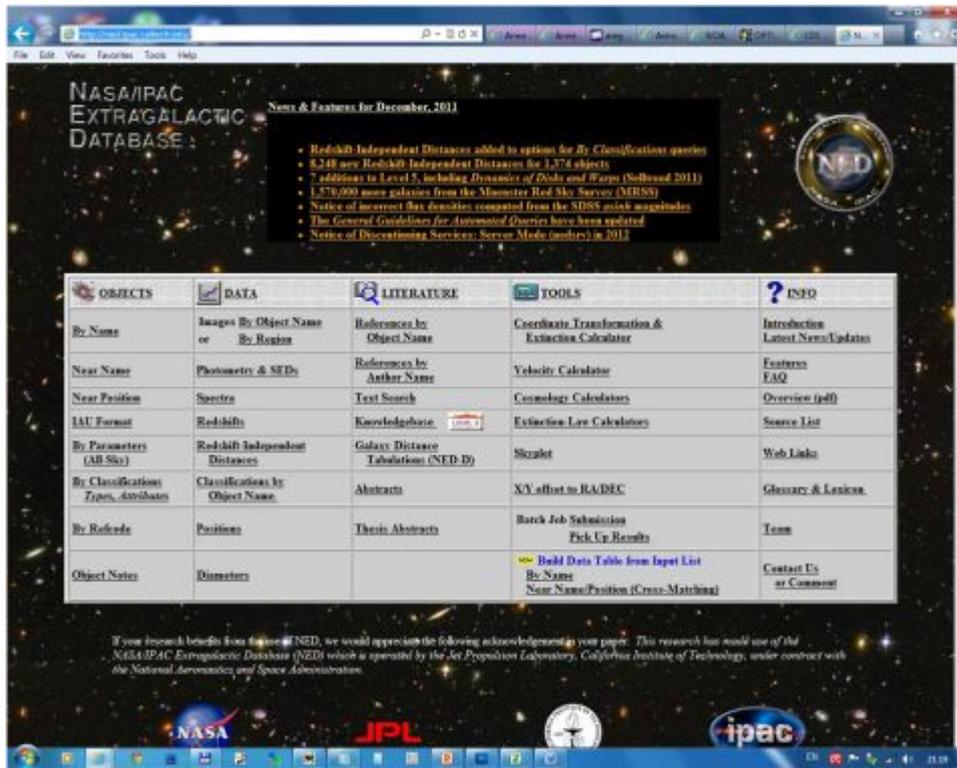


Fig. 2. NASA/IPAC Extragalactic Database at Caltech, USA.

ADS (SAO/NASA Astrophysics Data System; http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html). It is a Digital Library portal for researchers in Astronomy and Physics, operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO). ADS maintains three bibliographic databases containing more than 9.4 million records: Astronomy and Astrophysics, Physics, and arXiv e-prints. The main body of data in the ADS consists of bibliographic records, which are searchable through highly customizable query forms, and full-text scans of much of the astronomical literature which can be browsed or searched via the full-text search interface. Integrated in its databases, the ADS provides access and pointers to a wealth of external resources, including electronic articles, data catalogs and archives, currently links to over 9.6 million records maintained by other collaborators.

Astro-ph (<http://arxiv.org/archive/astro-ph>). A preprint service at the Cornell University (USA) library, also keeps astronomical preprints since 1992. Started in August 1991, arXiv.org (formerly xxx.lanl.gov) is a highly-automated electronic archive and distribution server for research articles. Covered areas include physics, mathematics, computer science, nonlinear sciences, quantitative biology and statistics. Users can retrieve papers from arXiv via the web interface. Registered authors may use the web interface to submit their articles to arXiv. Authors can also update their submissions. A search is possible for new, recent, specific papers, etc.

3. Virtual Observatories

Astrophysical Virtual Observatories (VOs) have been created in a number of countries using their available databases and current observing material as a collection of interoperating data archives and software tools to form a research environment in which complex research programs can be conducted. The science goals are to define key requirements for large, complex MW astronomy projects. Interoperability includes the development and prototyping of new standards for data content, data description and data discovery. VO technology is the study and prototyping of Grid technologies that allow distributed computation, manipulation and visualization of data. A number of national projects have been developed in different countries since 2000, and an **International Virtual Observatory Alliance (IVOA)**; <http://www.ivoa.net> was created in 2002 to unify these national projects and coordinate the development of VO ideology and technologies. At present it involves 17 national and 2 European projects (Fig. 3, Table 1).

IVOA has Working Groups on Semantics, Data Access Layer, VO Event, Data Modeling, Resource Registry, Grid & Web Services, and VOTable and Interest Groups on Theory, Open Grid Forum Astronomy Research Group (OGF Astro-RG), Data Curation & Preservation, Knowledge Discovery in Databases. **IVOA software and tools** relate to Data discovery (Aladin, Astroscope, VOExplorer, Datascope), Spectral analysis (VOSpec, SPLAT, EURO-3D, Specview), Data visualization and handling (VOPlot, Topcat, VisIVO, STILTS), SED building and fitting (VOSED, Yafit, easy-z, GOSSIP), etc.



Figure 3. The International Virtual Observatory Alliance (IVOA)

Table 1. The International Virtual Observatory Alliance (IVOA) projects.

Acronym	VO Project/Country	Webpage	Project Manager
ArVO	Armenian Virtual Observatory	http://arvo.sci.am	Areg Mickaelian
AstroGrid	Virtual Observatory United Kingdom	http://www.astrogrid.org/	Andy Lawrence
Aus-VO	Australian Virtual Observatory	http://aus-vo.org.au/	Andreas Wicenec
BRAVO	Brazilian Virtual Observatory	http://www.lna.br/bravo/	Alex Carciofi
China-VO	Chinese Virtual Observatory	http://www.china-vo.org	Chenzhou Cui
CVO	Canadian Virtual Observatory	<a href="http://www.cadc-ccda.hia-
iha.nrc-cnrc.gc.ca/cvo/">http://www.cadc-ccda.hia- iha.nrc-cnrc.gc.ca/cvo/	David Schade
ESAVO	European Space Agency	http://esavo.esac.esa.int/	Christophe Arviset
Euro-VO	European Virtual Observatory	http://www.euro-vo.org/	Françoise Genova
GAVO	German Astrophysical Virtual Observatory	http://www.g-vo.org/	Joachim Wambsgans
HVO	Hungarian Virtual Observatory	http://hvo.elte.hu/en/	István Csabai
JVO	Japanese Virtual Observatory	http://jvo.nao.ac.jp/	Masatoshi Ohishi
NOVA	Argentina Virtual Observatory	http://nova.org.ar/	Patricia Tissera
OV-France	Observatoire Virtuel France	http://www.france-vo.org/	Françoise Genova
RVO	Russian Virtual Observatory	http://www.inasan.rssi.ru/eng/rvo	Oleg Malkov
SVO	Spanish Virtual Observatory	http://svo.cab.inta-csic.es/	Enrique Solano
UkrVO	Ukrainian Virtual Observatory	http://www.ukr-vo.org/	Irina Vavilova
US-VAO	Virtual Astronomical Observatory, USA	http://www.usvao.org	Robert Hanisch
VObs.it	Italian Virtual Observatory	http://vobs.astro.it	Fabio Pasian
VO-India	Virtual Observatory India	http://vo.iucaa.ernet.in/%7Evoi/	Ajit Kembhavi

Spectral analysis tools allow combining spectral data coming from various telescopes at different wavelengths and joint analysis for line measurements, matching with theoretical models, etc., as for example in VOSpec (Fig. 4). Building SEDs for AGN allow having an overall understanding on their energy distribution and better classifications (Fig. 5).

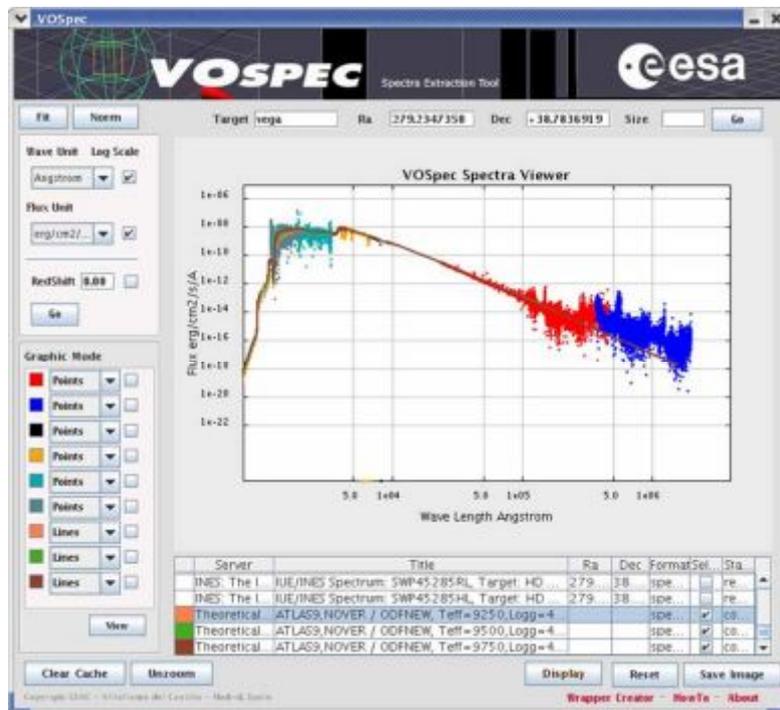


Figure 4. VOSpec spectral analysis tool showing how data from different observations can be matched and jointly analyzed.

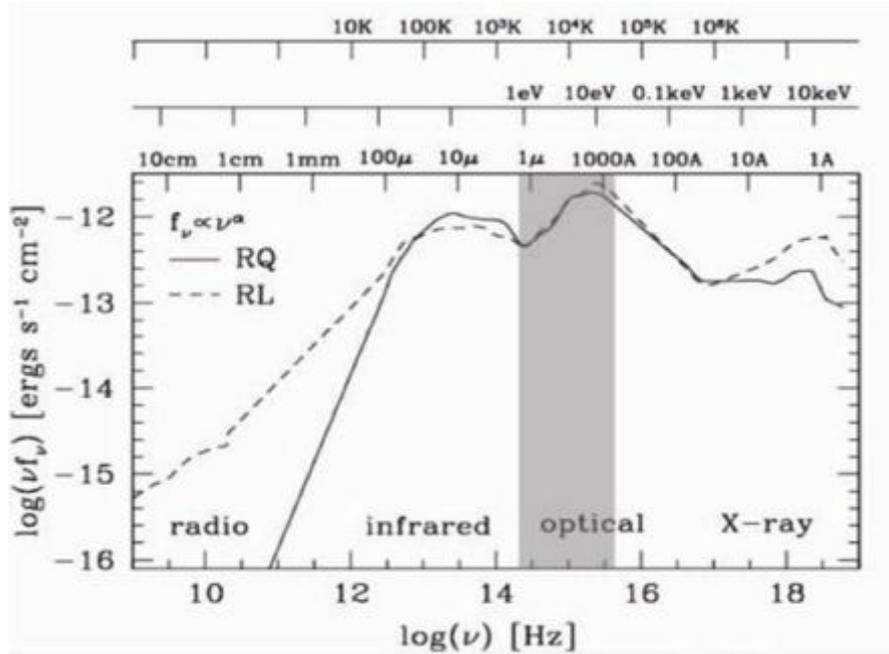


Figure 5. MW SED for radio-quiet and radio-loud AGN over the whole electromagnetic spectrum.

4. DFBS and ArVO

Markarian Survey (First Byurakan Survey, FBS) is the largest spectroscopic survey covering 17,000 deg² area of the whole Northern and part of the Southern extragalactic sky, accomplished by Markarian et al. (1989) in 1965-1980. It was digitized in 2002-2005 and the **Digitized FBS (DFBS)** was created (Mickaelian et al. 2007). It was a joint project of the Byurakan Observatory (Armenia), Universita di Roma “La Sapienza” (Italy), Cornell University (USA), and Hamburger Sternwarte (Germany). Table 2 gives the DFBS main data. Fig. 6 gives the DFBS webpage interface.

Table 2. The DFBS project technical data.

Teams	<i>Byurakan Astrophys. Obs., Univ. Roma, Cornell Univ., Hamburger Sternwarte</i>
Years	<i>2002-2005</i>
Instrument	<i>Epson Expression 1680 Pro scanner</i>
Scanning options	<i>1600 dpi (15.875 μ pix size), 16 bit, transparency (positive) mode, “scanfits”</i>
Plate size	<i>9601×9601 pix, 176 MB file</i>
Spectra	<i>107×5 pix (1700 μ in length)</i>
Dispersion	<i>33 Å/pix average (22-60 Å/pix), 28.5 at Hγ</i>
Spectral resolution	<i>50 Å</i>
Astrom. solution	<i>1" rms accuracy</i>
Scale	<i>1.542 "/pix</i>
Photometry	<i>0.3^m accuracy</i>
Data volume	<i>1874 plates, ~400 GB</i>
Number of objects	<i>~20,000,000 (~40,000,000 spectra)</i>

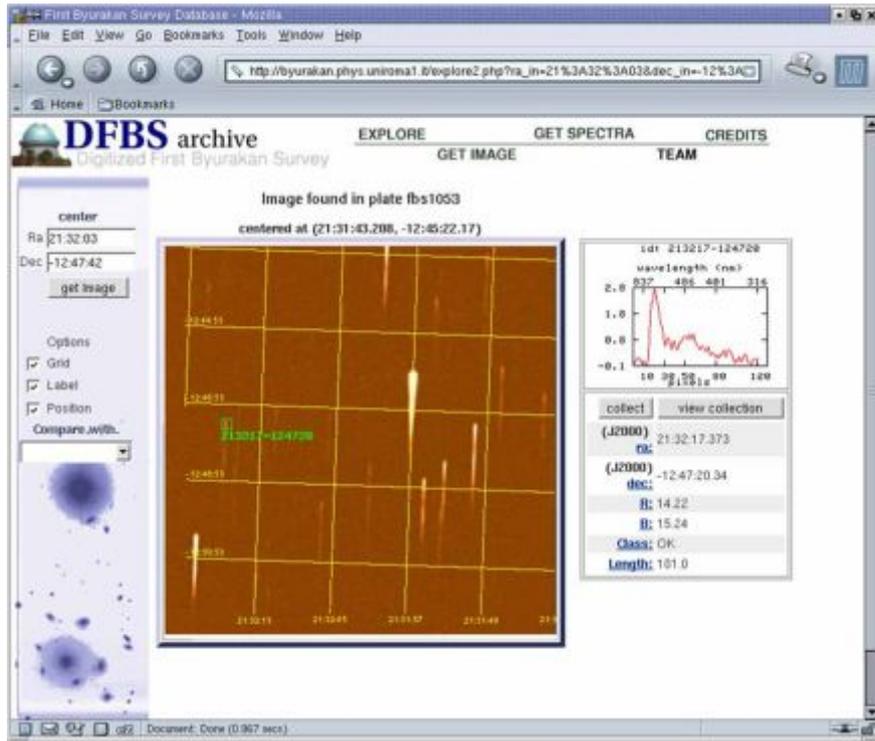


Figure 6. DFBS web interface at University Roma. “Get spectra” mode.

The **Armenian Virtual Observatory (ArVO)** (<http://www.aras.am/arvo.htm>) was created based on the DFBS, Digitized Second Byurakan Survey (DSBS, started in 2003), and other digitization projects in the Byurakan Astrophysical Observatory (BAO; started in 2004). ArVO project development includes the storage of the Armenian archives and telescope data, direct images and low-dispersion spectra cross-correlations, creation of a joint low-dispersion spectral database (DFBS/DSBS/HQS/HES/Case), a number of other science projects, etc. ArVO group at BAO was created on 18.07.2005 and it was authorized as an official project in IVOA on 20.07.2005. An agreement on ArVO development between BAO and Institute for Informatics and Automation Problems (IIAP) was signed on 8.09.2005. The first science projects with DFBS/ArVO were the optical identifications of Spitzer Bootes sources in 2005. A VO meeting was held at JENAM-2007 meeting in Yerevan. A joint project was carried out between BAO and IIAP in 2007-2010. VO lectures are being regularly given at the Byurakan International Summer Schools (2006, 2008, 2010).

ArVO science projects are aimed at discoveries of new interesting objects searching definite types of low-dispersion spectra in the DFBS, by optical identifications of non-optical sources (X-ray, IR, radio) also using the DFBS and DSS/SDSS, by using cross-correlations of large catalogs and selection of objects by definite criteria, etc.

5. Research using archives, databases and VOs

Modern astronomical research is impossible without various MW data present in numerous catalogues, archives, and databases. A user is able to search for any data in them, cross-correlate and make a comparative analysis. Surveys are much more valuable when various data can be compared and studied together. That is why it is so important to have easy access to all databases in a standard way. This is the task of the VOs. A number of efficient research projects have become possible, such as data discovery, spectral analysis, SED building and fitting, modeling, variability studies, cross-matching, etc. Next papers give reviews on variability studies (Samus & Antipin 2012), Cross-matching of Astronomical Catalogs (Malkov 2012) Search for Asteroids and Exoplanets using VO tools (Sarkissian et al. 2012).

In another paper (Abrahamyan et al. 2012), a new tool for cross-correlation of catalogs is presented (Knyazyan et al. 2011), where individual positional error for each object instead of a standard search radius is being taken into account, thus making the result much more accurate and confident.

References

- Abrahamyan et al. 2012, this Proceedings, p. 229
Knyazyan, A., Mickaelian, A., Astsatryan, H. 2011, Proc. CSIT-2011, p. 395
Malkov O.Yu. 2012, this Proceedings, p. 52
Mickaelian, A. M., Nesci, R., Rossi, C., et al. 2007, A&A, 464, 1177
Markarian, B. E.; Lipovetsky, V. A.; Stepanian, J. A.; et al. 1989, Commun. SAO, 62, 5
Ochsenbein, F.; Bauer, P.; Marcout, J. 2000, A&AS 143, 23
Samus N. & Antipin S., 2012, this Proceedings, p. 42
Sarkissian A. Arzumanyan E., Mickaelian A.M., et al. 2012, this Proceedings, p. 62
Tsvetkov, M.K., Stavrev, K.Y., Tsvetkova, K.P., et al. 1994, Proc. IAU Symp. 161 "Astronomy from Wide-Field Imaging", eds. H.T. MacGillivray, E.B. Thomson, B.M. Lasker, et al., Kluwer, Dordrecht, p. 359

Новые космические эксперименты и наземные обзоры и следствия для исследований переменных звезд

Николай Н. Самусь^{1,2,3}, Сергей Антипин^{2,1}

¹*Институт астрономии РАН, Москва, Россия*

²*Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

³*Международная общественная организация «Астрономическое Общество»*

Резюме. Массовые открытия переменных звезд в наземных фотометрических обзорах неба и по наблюдениям космических аппаратов, обеспечивающим беспрецедентную точность, показывают, что до самого последнего времени мы знали лишь малую долю всех обнаружимых переменных звезд нашей Галактики. В результате наши знания о типах звездной переменности, связанных с ними физических процессах, статистике переменных звезд, как выясняется, основаны на непредставительной выборке, и в ближайшее время можно ожидать их радикального пересмотра. В лекции рассмотрены некоторые наиболее интересные результаты наземных и космических обзоров, относящиеся к переменным звездам и кардинально меняющие представления о звездной переменности.

Ключевые слова: звёзды: активность; двойные: затменные; звёзды: статистика

Recent Space Missions and Ground-Base Surveys and their Implication for Variable-Star Studies

Nikolay N. Samus^{1,2,3}, Sergey Antipin^{2,1}

¹*Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow University, Moscow, Russia*

³*Eurasian Astronomical Society (EAAS)*

Abstract. Discoveries of many variable stars in ground-based photometric surveys and in observations from space missions that provide unprecedented accuracy demonstrate that, till the most recent time, we knew only a tiny fraction of all detectible variable stars of our Galaxy. As a result, our knowledge on stellar variability types, related physical processes, variable-star statistics turns out to be based on an unrepresentative sample and is expected to be radically revised in the near future. The lecture reviews some of the most interesting results of ground-based and space-borne surveys related to variable stars and changing drastically our ideas on stellar variability.

Key words: stars: activity; binaries: eclipsing; stars: statistics

Введение

Понятие переменной звезды в современной астрофизике определено лишь на интуитивном уровне. В частности, не существует общепринятого соглашения, какова должна быть минимальная амплитуда изменения блеска (в видимой области, ультрафиолетовом или инфракрасном диапазоне), чтобы звезда считалась переменной. В качестве рабочего определения можно принять, что переменная звезда меняет блеск в масштабах, обеспечивающих надежное обнаружение изменений, за интервал времени, покрытый наблюдениями соответствующей (и постоянно улучшающейся) точности. В Общем каталоге переменных звезд (ОКПЗ; Самусь и др., 2011) самые большие амплитуды (понимаемые как полный размах изменений блеска, от самого слабого до самого яркого) превышают 19 звездных величин в видимом диапазоне спектра для галактических Сверхновых В Cas, V843 Oph, CM Tau и для галактической Новой V1500 Cyg. Наименьшая амплитуда (около 4 тысячных звездной величины) в каталоге приведена для Альтаира (α Aql), переменной звезды типа δ Щита. ОКПЗ – проект, выполняемый в России по поручению Международного астрономического союза (МАС) с 1940-х гг. Первое издание ОКПЗ (Кукаркин и Паренаго, 1948) содержало около 10000 звезд. С тех пор опубликовано пять изданий ОКПЗ, с многочисленными дополнениями. Предполагается, что такие каталоги должны включать звезды, переменность которых надежно установлена и достаточно изучена, чтобы оказалось возможным указание хотя бы предварительного типа в рамках существующей системы классификации переменных звезд. Для звезд, не удовлетворяющих этим критериям, было издано три каталога звезд, заподозренных в переменности, также в рамках проекта ОКПЗ. История ОКПЗ достаточно подробно описана Самусем (2009). Сейчас ОКПЗ регулярно поддерживается в качестве электронного каталога. По состоянию на декабрь 2011 г., число звезд ОКПЗ в нашей Галактике достигло почти 45700 (Казаровец и др., 2011); еще около 15000 звезд включены в каталоги в качестве звезд, заподозренных в переменности. ОКПЗ составляется как авторизованный каталог; каждая его строка подвергается проверке со стороны авторского коллектива. Между тем, поток новых открытий переменных звезд настолько возрос, что составители ОКПЗ, регулярно выпускающие так называемые Списки обозначений переменных звезд (списки звезд, официально включенных в ОКПЗ; ожидается, что текущий список, № 80, будет содержать в своих трех частях около 6000 звезд) постоянно возрастающего объема, все более за ним не успевают. Так, Международный индекс переменных звезд (VSX), составляемый Американской ассоциацией переменных звезд, куда вновь открываемые переменные звезды включаются немедленно, еще до детального рассмотрения сообщений об открытии, по состоянию на декабрь 2011 г. содержит почти 200000 переменных звезд.

Очевидно, традиционная практика работы над каталогами переменных звезд путем детального рассмотрения данных для каждой звезды должна быть заменена новой системой, основанной на компьютерном анализе. Эта задача, однако, представляется нелегкой ввиду отсутствия стандартов формата представления наблюдательных данных, надежного

программного обеспечения для автоматической классификации переменных звезд, а также из-за других нерешенных проблем. Классифицировать переменную звезду, основываясь только на кривой блеска, нередко оказывается невозможным; необходимо привлекать дополнительную информацию о спектральных характеристиках звезды, ее рентгеновском излучении, изменениях лучевой скорости. Трудности классификации и другие проблемы кратко рассмотрены Самусем (2009); в той же работе обсуждается необходимость ревизии существующей схемы классификации переменных звезд. В 2006 г. Комиссией 27 «Переменные звезды» Международного астрономического союза была создана рабочая группа, призванная оценить сложившуюся ситуацию с каталогизацией переменных звезд и предложить решения на будущее¹. Комиссия пока не смогла указать реалистичный выход из создавшегося положения.

В данной статье, основанной на лекции, прочитанной на конференции в Ереване, рассматриваются некоторые следствия из массовых открытий переменных звезд последнего времени для наших представлений о феномене звездной переменности и статистике переменных звезд.

Общая статистика звездной переменности

В каталоге USNO-B1.0 (Моне и др., 2003) содержится 1 042 618 261 объектов (звезд и галактик). Около миллиарда из них – звезды, от ярких до 20-й–21-й величины. По опыту ПЗС-наблюдений, накопленному нами и другими исследовательскими группами, при точности фотометрических наблюдений 0.03^m – 0.05^m переменность удастся обнаружить в среднем у одной звезды из 80–100. Это означает, что потенциально обнаружимыми для наземного телескопа с диаметром зеркала 1 м, оснащенного обычным ПЗС-детектором, и стандартного программного обеспечения, позволяющего выявлять переменность автоматически, окажутся около 10 миллионов переменных звезд.

Как отмечено во Введении, наиболее полные списки уже известных переменных содержат около 200000 звезд. Таким образом, мы знаем всего лишь порядка 2% всех звезд, показывающих уровень переменности, выявляемый при наличии весьма скромного оборудования.

В сущности, эта ситуация вдвое хуже, чем известная проблема барионного вещества, темной материи и темной энергии: полагают, что нами обнаруживается около 4% всей материи. Хотя переменные звезды считают традиционной, очень хорошо изученной областью астрономической науки, оказывается, мы судим о свойствах этого класса звезд по его крошечной части, возможно, неверно отражающей свойства всей выборки даже в случае объектов со сравнительно большой амплитудой изменений блеска.

¹ См. <http://www.sai.msu.su/gcvs/future/future.html>

Что дадут новые космические эксперименты

Беспрецедентная фотометрическая точность может быть достигнута в космических экспериментах, таких, как недавно начатые миссии CoRoT и Kepler.

Снеллен и др. (2009) изучили полученные миссией CoRoT наблюдения системы HD 189733, где вокруг главного тела обращается экзопланета CoRoT-1b, регулярно проходящая по диску звезды. Помимо фотометрического эффекта такого прохождения, достигающего 0.02^m , этим авторам удалось выявить эффект отражения на поверхности планеты и затмения планеты звездным диском. Величина обоих эффектов – порядка 0.0001^m . Наблюдения прохождений планет по диску звезд, полученные миссией CoRoT, позволяют также выявить фотометрические эффекты, обусловленные покрытием диском планеты звездных пятен, точнее групп пятен (Валио, 2011).

Гривс (2010) сообщил об открытии трех переменных звезд по наблюдениям из базы данных миссии Kepler. Наименьшая полная амплитуда изменений блеска среди них составляет всего 0.006^m , однако не только факт переменности и период, определенные автором, не вызывают сомнений, но удастся уверенно выявлять мелкие детали на кривой блеска. Следует напомнить, что технические характеристики миссии Kepler позволяют обнаруживать прохождения планет солнечного типа на уровне значимости 4σ .

Миссия Kepler ведет слежение примерно за 150000 звездами в площадке на границе созвездий Лебедя и Лиры. По предварительным данным, опубликованным Басри и др. (2011), примерно у 60000 из них удастся выявить периодическую переменность блеска. Еще около 34000 звезд переменны с плохо выявляемой периодичностью или непериодическим образом. Среди обнаруживаемых новых переменных есть звезды с амплитудами даже менее 0.0001^m . Таким образом, одним из результатов миссии Kepler станет открытие примерно 100000 новых переменных звезд *в одной области неба*. При уровне обнаружения, соответствующем миссии Kepler, можно ожидать выявления около 600 000 000 переменных среди миллиарда звезд, входящих в каталог USNO-B1.0. Становится очевидным, что мы почти ничего не знаем о реальной статистике переменных звезд, типов переменности, если обратиться к столь малым амплитудам. Уже высказываются мнения, что Комиссии 27 МАС рано всерьез заниматься ревизией системы классификации переменных звезд, рекомендуемой для ОКПЗ, поскольку объем материала, на основе которого можно провести такую ревизию, многократно возрастет в ближайшее время.

Изменения классификации и статистики по наземным наблюдениям

Новые методы наземных наблюдений и их обработки также меняют наши представления о типах переменности и о статистике переменных звезд различных типов. ПЗС-обзоры с малыми телескопами, такие как ASAS-3 (Поймански, 2002), ROTSE-NSVS (Вожняк и др., 2004) и ряд новых проектов, сами выявляют многие тысячи новых

переменных звезд, в то же время предоставляя возможность астрономам, профессионалам и любителям, самим открывать переменные звезды, используя данные этих обзоров, находящиеся в открытом доступе. Перевод в цифровую форму коллекций астронегативов позволяет применить эффективные алгоритмы, разработанные для поиска переменных звезд по электронным изображениям, к коллекциям фотопластинок со снимками неба, накопленным на многих обсерваториях.

По ПЗС-архивам удастся обнаружить неожиданные проявления пульсационной переменности. Так, обнаружены звезды типа RR Лиры с двумя одновременно возбужденными очень близкими частотами. Например, Антипин и Юрчик (2005) нашли у ASAS 081933–2358.2, звезды типа RRC, два одновременно возбужденных периода, 0.285665^d и 0.296111^d , с полными амплитудами около 0.2^m для каждого из них (рис. 1). Такое явление сейчас обычно объясняют пульсацией в нерадиальной моде, возбужденной в близкой окрестности частоты радиальной моды.

Быстро возрастает число известных бимодальных цефеид Галактики. Если в 2000 г. мы знали всего 18 таких звезд, уже к 2010 г. это число возросло до 38, среди которых у 23 переменных выявлены пульсации в фундаментальной радиальной моде и в первом оберitone; 15 звезд пульсируют в радиальных модах первого и второго обертона (при том что до недавнего времени в Галактике была известна только одна такая цефеида). На рис. 2 (Хруслов, 2010) показана кривая блеска одной из таких звезд, выявленных по наблюдениям из базы данных ASAS.

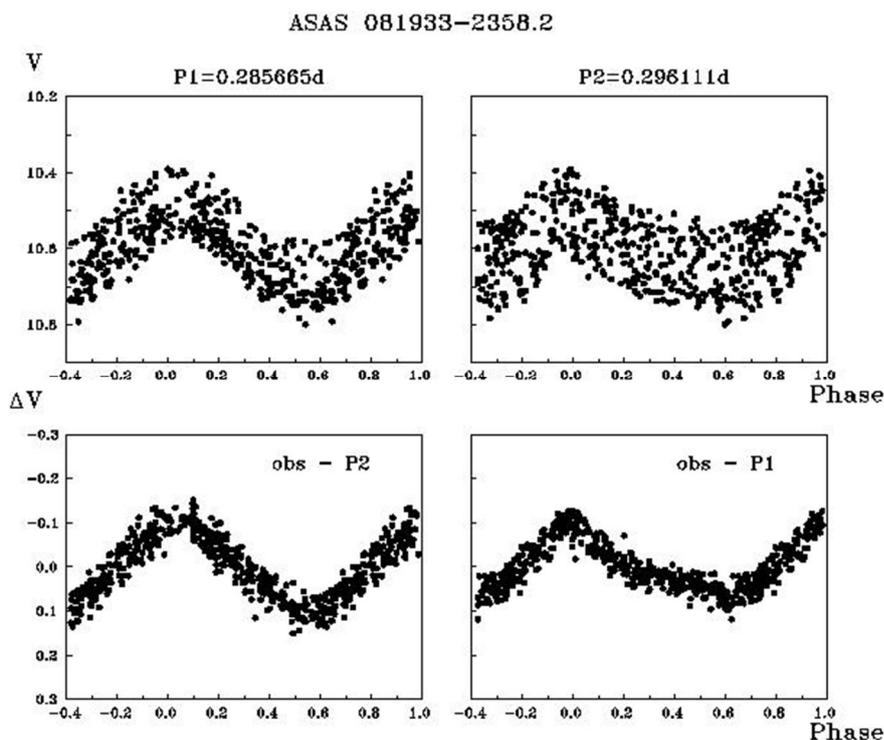


Рис. 1. Переменная типа RR Лиры с двумя близкими периодами (Антипин и Юрчик, 2005).

TYC 5995 02251 1 = ASAS 074343-2050.3
CEP(B)

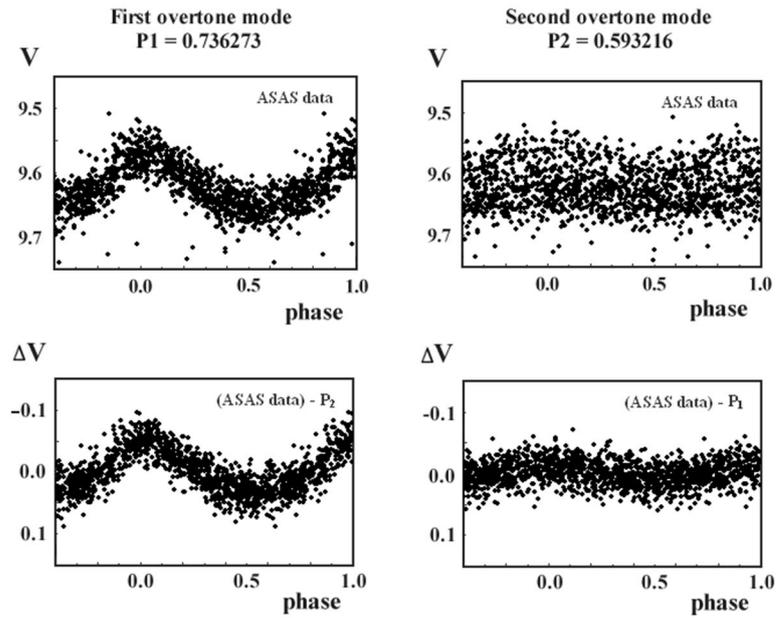


Рис. 2. Цефеида с двойной периодичностью Тус 5595 2251 1 (Хруслов, 2010).

Сканирование коллекции астронегативов Московской обсерватории проводится одновременно с поиском новых переменных звезд в создаваемом электронном архиве. Колесникова и др. (2010) изучили поле размером $10^\circ \times 10^\circ$ в созвездии Змееносца по оцифрованным пластинкам 40-см астрографа Крымской лаборатории ГАИШ (предельная величина до $17.5^m B$). Среди 480 новых переменных звезд, обнаруженных ими в этом поле, оказалось 11 звезд типа δ Щита со сравнительно большими амплитудами переменности (High Amplitude Delta Scuti stars – HADS). Кроме того, была подтверждена принадлежность к типу HADS двух известных переменных звезд того же поля. Таким образом, в поле стало известно 13 переменных этого типа. Площадь поля составляет всего 0.25% площади небесной сферы; экстраполируя, находим, что на всем небе можно ожидать около 5000 переменных типа HADS, в то время как в ОКПЗ содержится только 121 звезда типа δ Щита с амплитудой 0.2^m и более. Таким образом, в старых данных, основанных преимущественно на фотографических наблюдениях, вероятно, присутствует не вполне понятный эффект селекции, занижающий количество короткопериодических переменных даже среди звезд с не слишком малыми амплитудами изменения блеска.

Колесникова и др. (2010) заметили сходный эффект и для 157 затменных переменных, обнаруженных ими в том же поле. Переменные всех подтипов (Алголи, звезды типа β Лиры и типа W Большой Медведицы) показывают более высокую долю короткопериодических звезд, чем в целом по ОКПЗ, и более низкую долю звезд с большими периодами.

Затменные двойные, которые считались одним из наиболее изученных классов переменных звезд, как стало ясно сравнительно недавно, весьма часто содержат пульсирующие компоненты. Нередко у них выявляют и проявления сложных эффектов, связанных с дисками, газовыми потоками. Хруслов (2011) обнаружил по данным ASAS

необычную для нашей Галактики белую переменную звезду, у которой одновременно наблюдаются несомненные затмения с периодом около 8 суток и довольно регулярные колебания блеска с периодом 312 суток (рис. 3). Хруслов охарактеризовал медленные колебания возможным типом SRD, отметив в то же время нестандартное поведение звезды. Оказывается, однако, что 30 переменных звезд с подобным характером переменности уже обнаружены в Большом Магеллановом Облаке; их медленную переменность можно связать с прецессией диска или с приливными явлениями у третьих звезд на долгопериодических вытянутых орбитах вокруг затменных пар (Менникент и др., 2003; Бачлер и др., 2009).

В последнее время весьма существенно выросло число известных переменных звезд с вращательной модуляцией блеска (типы ВУ Дракона и RS Гончих Псов). Весьма вероятно, в прошлом многие такие звезды классифицировали ошибочно. Переменные этих типов удастся выявить среди близких к нам, сравнительно ярких, звезд по наличию обнаружимого рентгеновского излучения. Так, Бердников и Пастухова (2008) составили список из 109 вероятных звезд с вращательной модуляцией блеска среди звезд, отнесенных к уверенным или возможным цефеидам II типа в каталоге новых переменных звезд обзора ASAS-3. В связи с этими типами переменности нам хотелось бы проиллюстрировать проблемы классификации, с которыми исследователи сталкиваются в случае, если для звезды имеются только фотометрические наблюдения. На рис. 4, основанном на данных Соловьева и др. (2011), показана кривая блеска новой переменной звезды, обнаруженной этими авторами по своей ПЗС-фотометрии. График построен для периода 11.34 сут. Звезда имеет достаточно слабый блеск, и отсутствию у объекта идентификации с рентгеновским источником нельзя придавать большого значения. Для этой звезды нетрудно предложить несколько самых разнообразных возможных типов переменности. Она вполне может оказаться затменной двойной, пульсирующей переменной или запятненной звездой с вращательной модуляцией. Разумеется, ни одна из существующих систем автоматической классификации не способна установить для такой переменной звезды надежный тип.

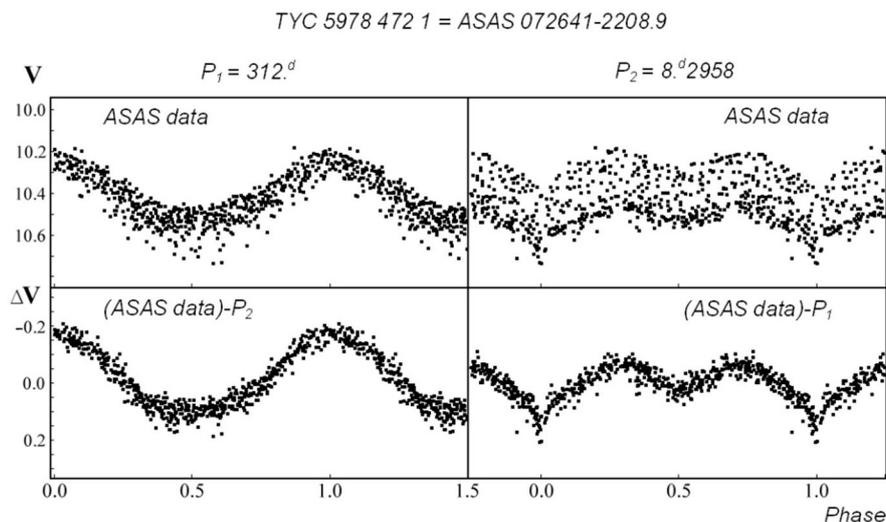


Рис. 3. Затменная переменная Тус 5978 472 1 с медленными изменениями блеска (Хруслов, 2011).

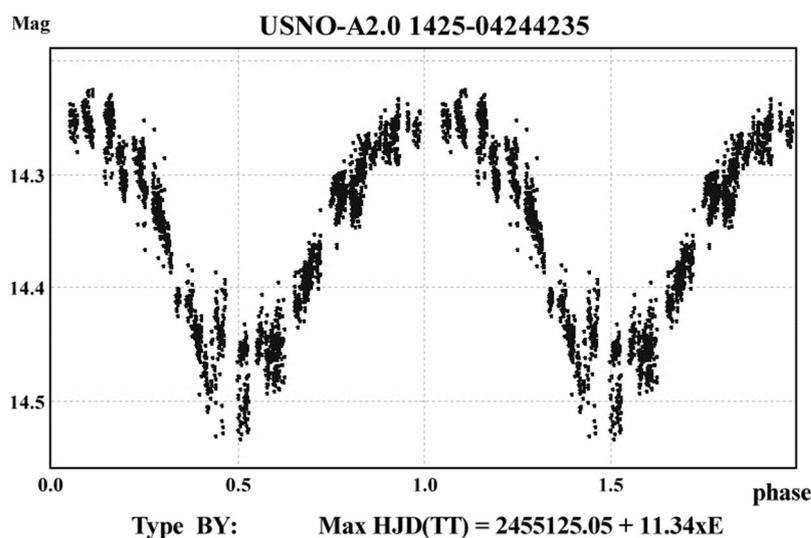


Рис. 4. Переменная сомнительного типа (Соловьев и др., 2011).

Выводы

Создается впечатление, что эпоха традиционных каталогов переменных звезд, предполагавших присвоение окончательных обозначений только подтвержденным переменным и тщательный анализ всей имеющейся информации, подходит к концу, несмотря на то, что пользователи ОКПЗ неоднократно высказывались за сохранение традиционной системы обозначений переменных звезд, введенной еще Ф. Аргеландером в середине XIX века. Несомненно, однако, что собранная воедино информация о уже выявленных переменных звездах должна храниться в определенном месте в форме, доступной астрономической общественности. Нам кажется несомненным, что в будущем ОКПЗ станет частью огромного (содержащего миллиарды объектов) звездного каталога общего назначения, в котором, наряду с прочими данными, несколько столбцов для каждой звезды будут посвящены информации о переменности блеска

Планируемые и уже осуществляемые новые обзоры звездной переменности, методы автоматической классификации, улучшения точности фотометрии полностью изменят наши представления в целом об ансамбле переменных звезд нашей Галактики, о статистике этого ансамбля, о типах переменности уже в недалеком будущем

Благодарности

Статья и лежащая в ее основе лекция базируются на исследованиях, частично поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований (грант 11-02-00495), а также программой «Происхождение и эволюция звезд и галактик» Президиума Российской академии наук. Благодарим всех членов коллектива ОКПЗ за многолетний труд, сделавший возможным наш обзор.

Список литературы

- Антипин и Юрчик – Antipin, S.V., Jurcsik, J., 2005, *Inform. Bull. Var. Stars*, No. 5632
- Басри и др. – Basri, G., Walkowicz, L.M., Batalha, N., et al., 2011, *Astron. J.*, 141, 20
- Бачлер и др. – Buchler, J.R., Wood, P.R., Wilson, R.E., 2009, *Astrophys. J.*, 703, 1565
- Бердников и Пастухова – Berdnikov, L.N., Pastukhova, E.N., 2008, *Переменные звезды*, 28, No. 9
- Валио – Valio, A. 2011, *JENAM 2011 Book of Abstracts*, Санкт-Петербург, p.72
- Вожняк и др. – Woźniak, P.R., Vestrand, W.T., Akerlof, C.W., et al., 2004, *Astron. J.*, 127, 2436
- Гривс – Greaves, J., 2010, *Переменные звезды (Приложение)*, 10, No. 7
- Казаровец и др. – Kazarovets, E.V., Samus, N.N., Durlevich, O.V., et al., *Inform. Bull. Var. Stars*, No. 6008
- Колесникова, Д.М., Сат, Л.А., Соколовский, К.В., и др. 2010, *АЖ*, 87, 1085
- Кукаркин, Б.В., Паренаго, П.П., 1948, *Общий каталог переменных звезд*, Москва и Ленинград: Издательство АН СССР
- Менникент и др. – Mennickent, R.E., Pietrzynski, G., Diaz, M., Gieren, W., 2003, *Astron. & Astrophys.*, 399, L47
- Моне и др. – Monet, D.G., Levine, S.E., Casian, B., et al., 2003, *Astron. J.*, 125, 984
- Поймански – Pojmanski, G., 2002, *Acta Astron.*, 52, 397
- Самусь, Н.Н., 2009, *Историко-астрономические исследования*, 34, 69
- Самусь и др. – Samus, N.N., Durlevich, O.V., Kazarovets, E.V., et al., 2011, *General Catalog of Variable Stars*, (GCVS database, version March 2011), CDS B/gcvs
- Снеллен и др. – Snellen, I.A.G., de Mooij, E.J.W., Albrecht, S., 2009, *Nature*, 459, No. 7246, 543
- Соловьев и др. – Solovuyov, V., Samokhvalov, A., Satovskiy, B., 2011, *Переменные звезды (Приложение)*, 11, No. 14
- Хруслов – Khruslov, A.V., 2010, *Переменные звезды (Приложение)*, 10, No. 16
- Хруслов – Khruslov, A.V., 2011, *Переменные звезды (Приложение)*, 11, No. 17

Виртуальная обсерватория: кросс-отождествление обзоров и параметризация звезд

Олег Ю. Малков

Институт астрономии РАН, Физический факультет МГУ, Москва, Россия

E-mail: malkov@inasan.ru

Резюме. В работе обсуждается метод кросс-идентификации больших фотометрических каталогов. Основная цель – сбор и использование многоцветной (от УФ до ИК) фотометрии для построения разнообразных цветовых диаграмм, которые могут служить для параметризации звезд. В частности, на цветовых диаграммах возможно выделить и параметризовать некоторые типы неразрешенных двойных. Для параметризованных звезд определяется также значение межзвездного поглощения.

Ключевые слова: обзоры – звёзды: фундаментальные параметры (классификация, цвета) – ISM: экстинкция

Cross survey matching with virtual observatory and parameterization of stars

Oleg Yu. Malkov

Institute of Astronomy RAS, Faculty of Physics MSU, Moscow, Russia

E-mail: malkov@inasan.ru

Abstract. Methods of reliable cross-matching of large photometric catalogues of various wavelengths are discussed in the paper. The main purpose of this activity is collection and use of multicolor (from UV to IR) photometry for cross-matched objects. Color-indices diagrams, constructed with the obtained photometry, are powerful tools for parameterization of stars. Particularly, detection of a composite flux in photometry can serve as an indication of a photometrically unresolved binarity and can contribute to the parameterization of the components of binary systems. Interstellar extinction value for cross-matched stars can also be calculated from the multicolor photometry.

Keywords: surveys – stars: fundamental parameters (classification, colors) – ISM: extinction

Введение

Исследование строения Галактики невозможно без детального изучения распределения межзвездной среды. Это распределение поглощающей материи в Галактике в первом приближении описывается законом косеканса (Паренаго 1940). Оно, однако, неоднородно из-за клочковатой структуры межзвездной материи и наличия облаков. Для решения конкретных астрофизических и звездно-астрономических задач нужны детальные трехмерные карты. За последние пятьдесят лет накоплен большой объем наблюдательных данных, и опубликованы трехмерные карты межзвездного поглощения, как для всего неба, так и для небольших областей. Систематизация имеющихся данных, заключающаяся в создании электронного библиографического каталога около 2500 статей по межзвездному поглощению, описана в (Burnashev et al. 2012). Необходимо отметить, что сравнительный анализ различных карт (Кильпио и Малков 1997, Hakila et al. 1997) показал, что, как правило, данные различных карт плохо согласуются между собой.

Одним из самых мощных инструментов решения этой проблемы является использование многоцветной фотометрии звезд. Появление больших фотометрических обзоров и средств кросс-отождествления включенных в них объектов, предоставляемых Виртуальной обсерваторией, дает принципиальную возможность получить информацию о многоцветной фотометрии сотен миллионов звезд. Это, в свою очередь, позволяет параметризовать объекты, определить межзвездное поглощение до них и построить карты поглощения в Галактике.

В данной статье описан инструмент кросс-матчинга больших обзоров и предварительные результаты его апробации. Проведен также критический анализ спектральных атласов, необходимых для моделирования собственных цветов звезд различных спектральных типов. Далее обсуждается механизм параметризации звезд подбором различных моделей звездных спектров и с использованием модели закона межзвездного поглощения для моделирования наблюдаемой фотометрии. Цветовые диаграммы также являются мощным инструментом классификации и параметризации звезд: в статье обсуждаются проблемы параметризации М-гигантов, а также выделения фотометрически неразрешенных двойных звезд. В Заключение суммируются основные выводы.

Кросс-идентификация обзоров

Трехмерные модели межзвездного поглощения создаются уже около полувека. Для этого использовались различные методики, однако наиболее распространенным подходом является использование спектральных и фотометрических данных о звездах. При этом небесная сфера делится на площадки, и из данных о звездах в каждой площадке определяется значение поглощения как функция расстояния. Размеры площадок

варьировались от исследования к исследованию, хотя обычно эти размеры подбирались достаточно большими, чтобы площадки содержали необходимое для статистики число звезд на различных расстояниях. Полученные этим методом трехмерные модели поглощения базировались на данных о десятках и сотнях тысяч звезд. Современные же большие обзоры содержат фотометрические (обычно -- 3-5 полос) данные для десятков и сотен миллионов звезд. Однако, при использовании этих данных для построения модели требуется корректно провести кросс-отождествление объектов в обзорах.

В работе (Карпов и др. 2012) была поставлена и решена задача проведения кросс-отождествления объектов из больших фотометрических обзоров (DENIS, 2MASS, SDSS, GALEX, UKIDSS) в избранных площадках на небесной сфере. При выборе фотометрических обзоров использовались следующие критерии: обзор должен покрывать значительную часть неба и содержать фотометрические измерения для, по крайней мере, десятков миллионов объектов. В результате работы были созданы каталоги звезд в данных площадках, содержащие всю полученную из обзоров информацию, необходимую для определения параметров звезд, включая межзвездное поглощение. Кроме того, решалась проблема определения оптимального радиуса отождествления. Он, в первом приближении, оказался равным 1'' для любой пары каталогов, исключая позиционно неточный GALEX, для которого это значение достигает 3''.

Фотометрия отобранных для построения карты межзвездного поглощения объектов позволяет в дальнейшем (с помощью атласов наблюдательных и теоретических спектров а также современных инструментов работы с данными, предлагаемых виртуальными обсерваториями) определить их параметры.

Критический анализ спектральных атласов

Существует два пути параметризации звезд с использованием наблюдательной фотометрии. Первый сводится к преобразованию наблюдаемой фотометрии в одну из «общепринятых» систем (как правило – в систему Джонсона), для которой существуют калибровочные таблицы собственных цветов и абсолютных величин звезд. Однако, этот метод содержит ряд недостатков, крупнейший из которых следующий: переходные соотношения (полученные статистически) между фотометрическими системами каталогов использовать некорректно: при их конструировании используются предположения о распределении энергии в спектре калибровочных звезд. Это распределение, вообще говоря, неизвестно, и именно оно должно определяться в рамках задачи параметризации. Впрочем, этот первый метод можно использовать для грубой проверки согласованности фотометрических данных, но не более того.

Второй метод сводится к моделированию собственных цветов (и абсолютных величин) в используемых оригинальных фотометрических системах. Для этого необходимо свернуть теоретические или эмпирические спектры звезд различных типов (взятые из атласов спектральных распределений) с кривыми реакции полос оригинального каталога. Затем полученные собственные цвета необходимо искусственно «покраснить» и сравнивать с наблюдаемыми. Таким методом подбираются параметры звезды и значение межзвездного поглощения, наиболее оптимально удовлетворяющие наблюдениям.

Наиболее полным источником сведений об опубликованных атласах звездных спектров является база данных Asiago Database of Spectroscopic Databases (Sordo, Munari, 2006), содержащая данные об атласах эмпирических, полуэмпирических (т.е., содержащих комбинированные эмпирические данные для конкретных спектральных типов звезд, а не для конкретных звезд) и теоретических спектров. Теоретические атласы предназначены, как правило, для работы с определенным типом звезд (например, атлас O-B звезд или атлас ультра-холодных карликов) и не годятся для решения данной задачи. Критический анализ эмпирических и полуэмпирических (комбинированных) атласов звездных спектров был проведен в (Malkov et al. 2012), где было показано, что существующие эмпирические атласы не вполне удовлетворяют требуемым критериям. Они содержат недостаточное количество звезд и/или предоставляют распределения для недостаточно широкого спектрального диапазона. Кроме того, распределения в спектре одной и той же (даже довольно яркой) звезды, представленные в разных атласах, зачастую заметно различаются, особенно в ультрафиолетовой области.

Что же касается полуэмпирических атласов, то наиболее представительным и подходящим для решения данной задачи является атлас (Pickles 1998). Он, впрочем, тоже не свободен от недостатков: в нем не представлены классы светимости слабее V (т.е., нет, например, белых карликов), а звезды ранних спектральных типов (O-B3) остались «неотбеленными». Все это свидетельствует о том, что в дальнейшем для решения этой и будущих задач необходимо синтезировать соответствующую библиотеку (полуэмпирических) звездных спектров на основе доступной многоцветной фотометрии звезд с известной спектральной классификацией.

Параметризация звезд

На основе многоцветной фотометрии звезд возможно определение наиболее вероятного спектрального типа звезд, их избытков цвета и расстояний. Основная идея метода заключается в моделировании наблюдаемой фотометрии с использованием различных моделей звездных спектров и модели закона межзвездного поглощения, с применением принципа максимального правдоподобия.

Этот метод параметризации звезд и его апробация на звездах каталога WBVR (Корнилов и др. 1991) излагается в (Сичевский 2012). Идея, лежащая в основе метода, заключается в моделировании фотометрии, подбирая различные модели звездных спектров и используя модель закона межзвездного поглощения, чтобы как можно правдоподобнее объяснить наблюдения. Использовался полуэмпирический атлас звёздных спектров (Pickles 1998) и модель закона межзвездного поглощения, полученная в (Fluks et al. 1994). Апробация метода на звездах WBVR с известной спектральной классификацией позволила сделать оценку надежности метода. Исследование показало, что методика позволяет с определенной вероятностью параметризовать звезды I, III и V классов светимости. Необходимо заметить, что в некоторых фотометрических системах практически невозможно отличить некоторые типы звезд друг от друга. Другим ограничением на возможность выполнить спектральную классификацию является неполнота системы модельных спектров. Поэтому было бы неверно рассматривать излагаемую методику, как универсальный способ классифицировать звезды, для которых имеется многоцветная фотометрия. Однако, можно подобрать фотометрические системы, в которых звезды по крайней мере некоторых спектральных типов классифицируются весьма уверенно.

Таким образом, с использованием данного метода можно на основе многоцветной фотометрии с той или иной мерой неопределённости вынести суждение о спектральном типе звезды (т.е., определить температурный класс и класс светимости), расстоянии до нее и значении межзвездного поглощения.

Цветовые диаграммы и покраснение

Наличие сравнительно полного атласа звездных спектров и кривых реакции фотометрической системы позволяет вычислить собственные цвета звезд в этой фотометрической системе. Это, в свою очередь, позволяет строить цветовые диаграммы и параметризовать объекты по наблюдаемой фотометрии с помощью этих диаграмм. Основная проблема такой параметризации заключается в следующем. Линии нарастающего покраснения на цветовых диаграммах, как правило, идут под небольшим углом к линиям нормальных (собственных) цветов, или даже совпадают с ними. Это значительно усложняет задачу. Эффекты пылевого и температурного покраснения можно, впрочем, различить в тех участках спектра, где имеется значительное отклонение от монотонности либо в спектре звезды, либо в законе межзвездного поглощения. Первое условие выполняется, например, в области Бальмеровского скачка у звезд спектральных классов B5-G0, а также в области полос поглощения окиси титана у звезд спектрального класса M. Немонотонность же закона межзвездного поглощения наблюдается в области аномально сильного поглощения межзвездного вещества около $\lambda=218$ нм.

Таким образом, задача сводится к подбору подходящих показателей цвета, чтобы экстинкционное покраснение отличалось от температурного (хотя бы для некоторых спектральных типов). При этом необходимо одновременно раскрыть неопределенность по классу светимости (I, III, V, ...). Далее требуется определить ход (наклон) линии нарастающего покраснения и задачу параметризации звезд в первом приближении можно считать решенной. Существует ряд осложнений: в процессе работы не декларируется, но фактически подразумевается требование абсолютной точности фотометрических данных и калибровочных соотношений. Это не так, и ошибки наблюдений требуется принимать во внимание. Необходимо помнить также и о различиях в металличности звезд, которые искажают нормальные цвета. Однако, цветовые диаграммы следует признать мощным инструментом параметризации звезд.

М-гиганты на цветовых диаграммах

Как было отмечено выше, особенности в спектральном распределении некоторых типов звезд позволяют отличать экстинкционное покраснение от температурного. Одной из таких особенностей является Бальмеровский скачок в спектрах А и F звезд. На другую особенность обратили внимание Mironov et al. (2010): на двухцветной диаграмме (B-V, V-I) и ряде других цветовых диаграмм линия гигантов спектральных классов M4-M8 проходит под значительным углом к линии нормальных показателей цвета других звезд. Следовательно, и линии нарастающего покраснения (экстинкционного покраснения) должны идти под значительным углом к последовательности гигантов (линии температурного покраснения). Причиной этому являются мощные линии окиси титана и других молекул, начиная от $\lambda = 500$ нм у М звезд. Это обстоятельство делает М-гиганты незаменимым источником данных как о параметрах звезд, так и о межзвездном поглощении.

Неразрешенные двойные на цветовых диаграммах

Для тех участков цветовой диаграммы, где температурное покраснение неотличимо от экстинкционного, существует несколько причин, по которым объекты могут сильно отклоняться от теоретических предсказаний. Среди них: переменность звезды, принадлежность звезды к «нестандартному» классу светимости, незвездная природа объекта (напр. квазар, тело Солнечной Системы), нестандартный закон межзвездного поглощения в данной области, грубая ошибка (опечатка) в каталоге и пр. Такое же поведение демонстрируют и некоторые типы фотометрически неразрешенных двойных систем. Интегральные цвета неразрешенной двойной системы могут сильно отличаться от собственных цветов входящих в нее компонентов.

Таким образом, представляется полезной задача моделирования цветов неразрешенных двойных звезд с целью распознавания (и параметризации) их на цветовых диаграммах.

Процесс моделирования сводится к свертке спектров двух звезд, входящих в двойную систему, с кривыми реакции соответствующей фотометрической системы.

Строго говоря, не каждая пара двойных звезд интересна с точки зрения данной задачи. В частности, в процессе компиляции списка пар необходимо отбросить системы, запрещенные с точки зрения эволюции (в первом приближении: $LC_2 < LC_1$ для $LC_{1,2} < VI$, где LC – класс светимости, а «<>» означает «ярче»). Не очень интересными с точки зрения данной задачи представляются и пары с компонентами очень разной светимости ($\Delta m > 3^m$): на цветовой диаграмме положения такой системы будет неотличимо от положения ее более яркого компонента. Наконец, пара с компонентами очень схожей температуры ($\Delta Sp < \frac{1}{2} Sp$, это примерно эквивалентно $\Delta \log T_{eff} = 0.1$ для горячих и 0.02 для холодных звезд) фотометрически неотличима от одиночной звезды (однако, на диаграмме «цвет-светимость» такая пара может распознаваться по повышенному для данного цвета блеску). Для компиляции списка пар, подходящих для решения данной задачи, использовался симулятор ансамбля двойных (Malkov, Zinnecker, 2001).

По положению двойных на цветовых диаграммах можно выбрать диаграммы и определить пространство параметров (T_{eff} , L , $\lg g$, Fe/H , A_v , типы двойных и пр.), для которых возможно распознавание (а в некоторых случаях – и параметризация) двойных. Эта задача решалась в (Malkov et al. 2011a) для фотометрической системы планируемой космической миссии Gaia и в (Malkov et al. 2011b) для ультрафиолетовых цветовых диаграмм. Был получен список типов двойных систем, для которых надежность распознавания превышает величину наблюдательных фотометрических ошибок, и указаны цветные диаграммы, на которых можно классифицировать и параметризовать эти системы.

Заключение

В работе освещены проблемы кросс-идентификации, классификации и параметризации объектов в больших фотометрических обзорах. Создан инструмент кросс-идентификации звезд и апробирован на обзорах DENIS, 2MASS, SDSS, GALEX, UKIDSS. Создан также механизм построения цветных диаграмм. Для этого проведен сравнительный анализ современных спектральных атласов звезд и показано, что для корректного вычисления синтетических звездных величин в современные атласы должны быть внесены поправки. Найдено, что цветные диаграммы в фотометрических системах SDSS, GALEX, Gaia позволяют параметризовать звезды (в т.ч. определять величину межзвездного поглощения), а также отделять некоторые типы фотометрически неразрешенных двойных систем.

Разработанная методика может применяться к существующим и будущим фотометрическим обзорам, как наземным, так и заатмосферным. Результаты параметризации позволяют

получить представление о звездах солнечной окрестности, а также построить трехмерную карту межзвездного поглощения.

Благодарности

Автор благодарит О. Длужневскую, А. Миронова, С. Карпова, С. Сичевского, Е. Кильпио за сотрудничество. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 10-07-00342 и 10-02-00426), Федерального агентства по науке и инновациям (02.740.11.0247), в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы (П1195) и программы Президента РФ поддержки научных школ (грант НШ-4354.2008.2). В работе были использованы базы данных ADS, SIMBAD, VizieR и ADPS (The Asiago Database on Photometric Systems).

Литература

- Карпов С.В., Малков О.Ю., Миронов А.В. 2012, Астроф. Бюллетень, в печати
- Кильпио Е.Ю., Малков О. Ю. 1997, Астрон. Журн. 74, 15
- Корнилов В.Г., Волков И.М., Захаров А.И., Козырева В.И., Крутяков А.Н., Крылов А.Н., Кусакин А.В., Леонтьев С.Е., Миронов А.В., Мошкалев В.Г., Погрошева Т.М., Семенцов В.Н., Халиуллин Х.Ф. Каталог WBVR величин ярких звезд северного неба. Под ред. В.Г.Корнилова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991, 400 с.
- Паренаго П.П. 1940, Астрон. Журн. 17, 3
- Сичевский С.Г. 2012, Астрон. Журн., в печати
- Fluks M.A., Plez B., The P.S. et al. 1994, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 105, 311
- Hakkila J., Myers J., Stidham B., Hartmann D. 1997, AJ 114, 2043
- Malkov O., Zinnecker H. 2001, MNRAS 321, 149
- Malkov O., Dluzhnevskaya O., Karpov S. et al. 2012, Baltic Astronomy, in press
- Malkov O.Yu., Mironov A.V., Sichevskij S.G. 2011a, "Gaia: at the frontiers of astrometry". Proc. ELSA 2010 Conference, held in Sevres, France, Jun 2010. Eds. C. Turon, F. Arenou, F. Meynadier. EDP Sciences, EAS Publications Series 45, 409
- Malkov O.Yu., Mironov A.V., Sichevskij S.G. 2011b, Astrophys. Space Science 335, 105.
- Mironov A.V., Zakharov A.I., Prokhorov M.E. et al., 2010, "Variable Stars, the Galactic halo and Galaxy Formation". Proc. Conference, held in Zvenigorod, Russia, Oct 2009. Eds. C.Sterken, N.Samus, L.Szabados. Published by Sternberg Astronomical Institute of Moscow University, Russia, 185
- Pickles A.J. 1998, Publ. Astron. Soc. Pac. 110, 863
- Sordo R., Munari U. 2006, A&A 452, 735

Виртуальная обсерватория в планетологии, два научных применения: астероиды и экзопланеты

**Ален Саркисян, Эммануэль Арзуманян (LATMOS, UVSQ, Франция),
Арег Микаелян (Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения),
Жером Бертье, Уильям Гьюйо, Фредерик Вашье (IMCCE, OBSPM, Франция)**

Резюме. Поиск, проводимый в архиве планетных данных «невооруженным глазом», может занять много времени. Такую работу следует автоматизировать. Однако архив планетных данных непрерывно пополняется новыми элементами, новыми вариантами анализа, новыми параметрами. Более того, один и тот же объект представлен в нескольких архивах; таким образом, получение надежной информации требует последовательного проведения поиска в нескольких различных архивах. Методика работы, осуществляемая в рамках виртуальных обсерваторий (ВО), позволяет использовать все коллекции архивов объединенных астрономических данных, а также программные средства, применяющие компьютерные сети для создания среды, в которой может проводиться исследование. В нескольких странах инициированы национальные программы виртуальных обсерваторий, объединяющие существующие базы данных наземных и орбитальных обсерваторий и открывающие исследователям свободный доступ к ним. В результате данные со всех крупных обсерваторий мира станут доступны всем пользователям и широкой общественности. Это важно не только из-за огромного объема астрономических данных, но и потому что накопление данных о звездах и галактиках основывалось на наблюдениях на самых разных длинах волн – в оптическом, радио-, инфракрасном, гамма-, рентгеновском диапазонах. В среде виртуальной обсерватории все эти данные интегрированы, благодаря чему возможны их синтез и использование в конкретных исследованиях. В этой статье мы описываем разработку последовательности действий на основе избранных средств виртуальной обсерватории на примере двух актуальных тем: астероидов и экзопланет (51 Peg b).

Ключевые слова: Виртуальные Обсерватории – астероиды - экзопланеты

The Virtual Observatory in planetology, two scientific use cases: asteroids and exoplanets

Alain Sarkissian, Emmanuel Arzoumanian (LATMOS, UVSQ, France),
Areg Mickaelian (Byurakan Astrophysical Observatory, Armenia),
Jerome Berthier, William Thuillot, Frédéric Vachier (IMCCE, OBSPM, France)

Abstract. Searching with a “naked eye” in a planetary data archive takes a considerable time. This work must be done in an automatic way. However, the planetary data archive is subject to a constant change (new elements, new version of analysis, new parameters). Furthermore, there are several archives for a same object, thus, obtaining reliable information requires a sequential search of several different archives. Workflows developed in the frame of the virtual observatories (VO), can use all collections of integrated astronomical data archives and software tools that utilize computer networks to create an environment in which research can be conducted. Several countries have initiated national virtual observatory programs that combine existing databases from ground-based and orbiting observatories and make them easily accessible to researchers. As a result, data from all the world's major observatories will be available to all users and to the public. This is significant not only because of the immense volume of astronomical data but also because the data on stars and galaxies has been compiled from observations in a variety of wavelengths—optical, radio, infrared, gamma ray, X-ray and more. In a virtual observatory environment, all of this data is integrated so that it can be synthesized and used in a given study. In this paper, we show how to develop a workflow using a selection of the virtual observatory tools in the case of two hot topics: asteroids and exoplanets (51 Peg b).

Keywords: Virtual Observatories – asteroids - exoplanets

1. Asteroids

1.1. Presentation of the scientific case

The Digitized First Byurakan Survey (DFBS) or Markarian survey contains the records of a unique astronomical survey carried out by the Byurakan Astrophysical Observatory from 1965-1980. It is the largest spectroscopic database in the world, providing low-dispersion spectra for 20×10^6 objects. It covers 17,000 sq. deg. in the Northern sky together with a high galactic latitudes region in the Southern sky. It is especially valuable for extragalactic research. The objects selection can be made by their colour, broad emission or absorption lines, SED in order to discover, classify and investigate them. 1500 UV-excess galaxies, known as Markarian galaxies (Markarian et al, 1965), 1100 blue stellar objects and 900 late-type stars have been discovered, as well as 1600 infrared (IRAS) sources have been optically identified. In this paper, we selected a number of DFBS astronomical plates and combining different virtual observatory tools, we identified several asteroids. With a limiting magnitude close to 18 for the fainter sources un the DFBS, we roughly estimate to a few hundreds the number of spectra of asteroids that can be detectable in the 1667 plates of 4 square degrees of the DFBS. The spectral characterization of asteroids is important for understanding the evolution of their compositional and mineralogical properties. This knowledge is also important to study and quantify the physical properties of the interior of asteroids (composition, structure, bulk density...). Furthermore, collecting information about NEOs (Near Earth Objects) and particularly asteroids is useful to determine, among other, their orbits and consequently identify Earth-Crossing Asteroids. An example of a DFBS plate is given in Fig. 1.

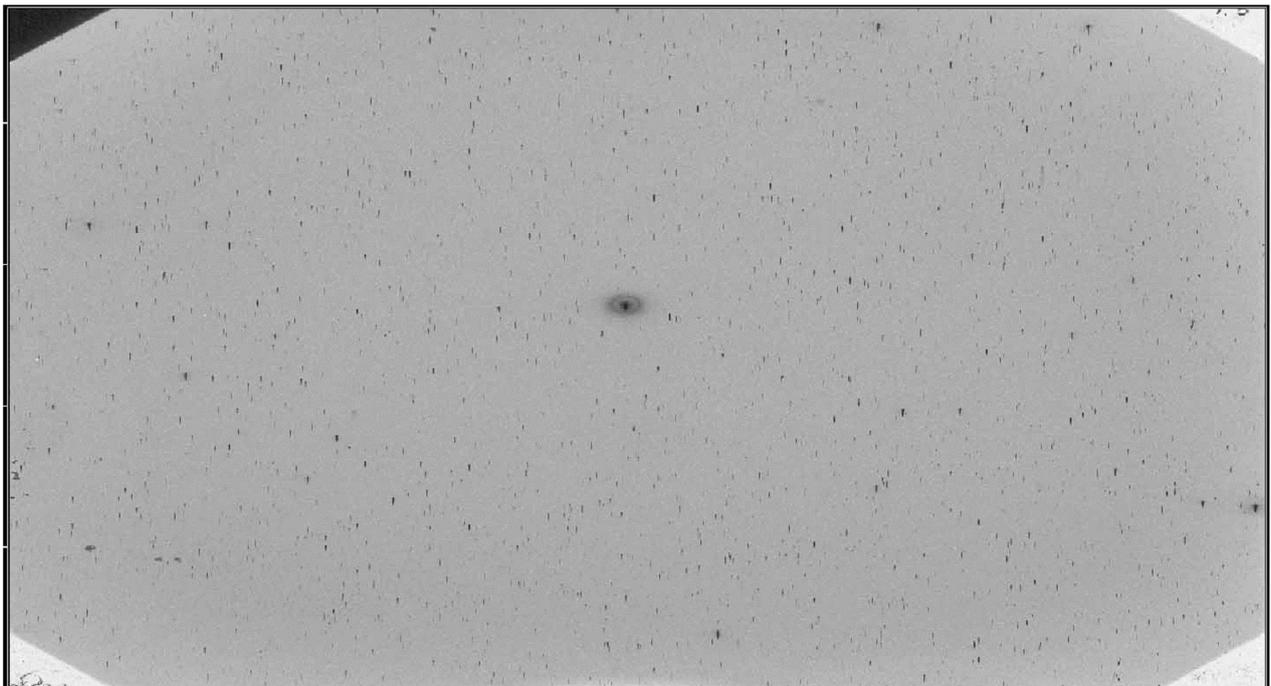


Fig. 1: Example of a 4 square degrees DFBS plate

1.2. Using VO tools to search for asteroids

The extraction of asteroid spectra in the DFBS plates requires solving two main issues: the identification of the targets in the plates and the calibration of their spectra. The localization and the identification of the solar system objects in the field of views are performed using the Skybot web-service (Berthier et al. 2006). This VO tool makes easy to know which asteroids are located in any field of view at any epoch. Then, by looking among the asteroids of magnitude less than 16 located in each plate, we are able to match them with the sources taking into account the known stars. Indeed, the localization and the identification of stars in any field is done using *Skyview* VO tool. Combining these two VO tools, we will be able to differentiate asteroids from stars. The simultaneous use of *Skybot* and *Skyview* requires *Aladin* VO tool. *Aladin* is an interactive software sky atlas allowing the user to visualize digitized astronomical images, locate data of interest, access and explore distributed datasets, visualize multi-wavelength data and comply with VO standards, such as *Skybot* and *Skyview*. *Aladin* VO tool can be downloaded on the computer following the link: <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>. Then, DFBS plates must be downloaded from Byurakan web service: <http://byurakan.phys.uniroma1.it/index.php?page=platelist>. Now using *Aladin* VO tool and combining DFBS archive, *Skybot* and *Skyview* VO tools, we will be able to identify the asteroids.

1.3. Demonstration and results

Fig. 2 shows the identification of 4 asteroids (Dione, Bettina, Irene and Eunike) with a magnitude >11 using DFBS archive. Stars on the DFBS plates are identified using *Skyview* and marked with blue circles. The asteroids are identified using *Skybot*, centered in the middle of the plate if parameters are well known (date and time of the observation, orbital parameters of the asteroid, etc..) and marked with red circles. We can notice that asteroid spectra are dispersed due to the length of the exposure time and to the apparent speed of the object.

Furthermore, once asteroids are identified, the extraction and the analysis of these objects' spectra can be done using EXATODS – Extraction and Analysis TOol of DFBS Spectra. It is developed to overcome the main difficulty to analyse DFBS spectra connected with their wavelength and photometric calibrations. It scans full plate to find bright spectra and measures the angle of the rotation of each individual spectrum and follows the direction for the dispersion to obtain the correct wavelength calibration. Moreover, alignment of the objective prism, the plate and the scanning direction is variable from plate to plate. To solve these issues, a dedicated workflow has been developed in the VO framework.

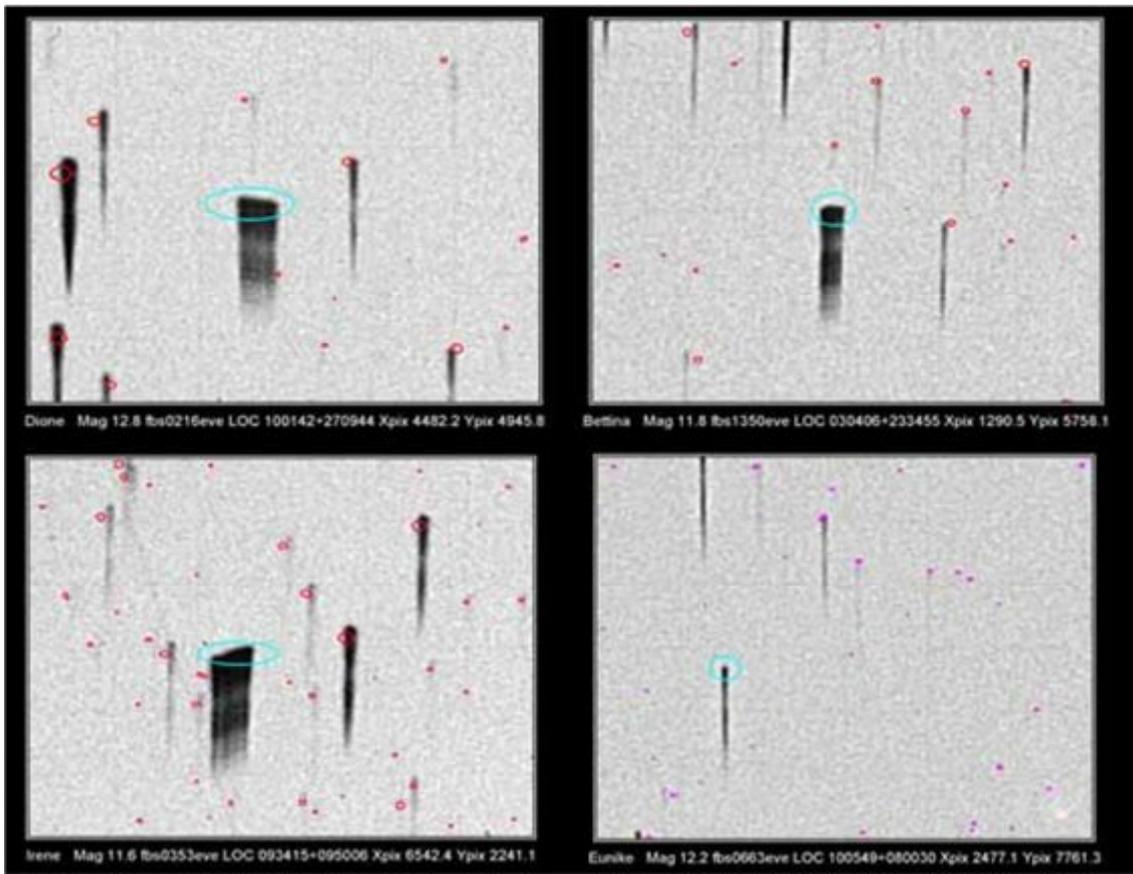


Fig. 2: example of identification of 4 asteroids on the DFBS plates using *Skybot* (coordinates of the asteroids at given time and date) and *Skyview* (astronomical objects in the field of view). Asteroids and stars are marked respectively with red and blue circles.

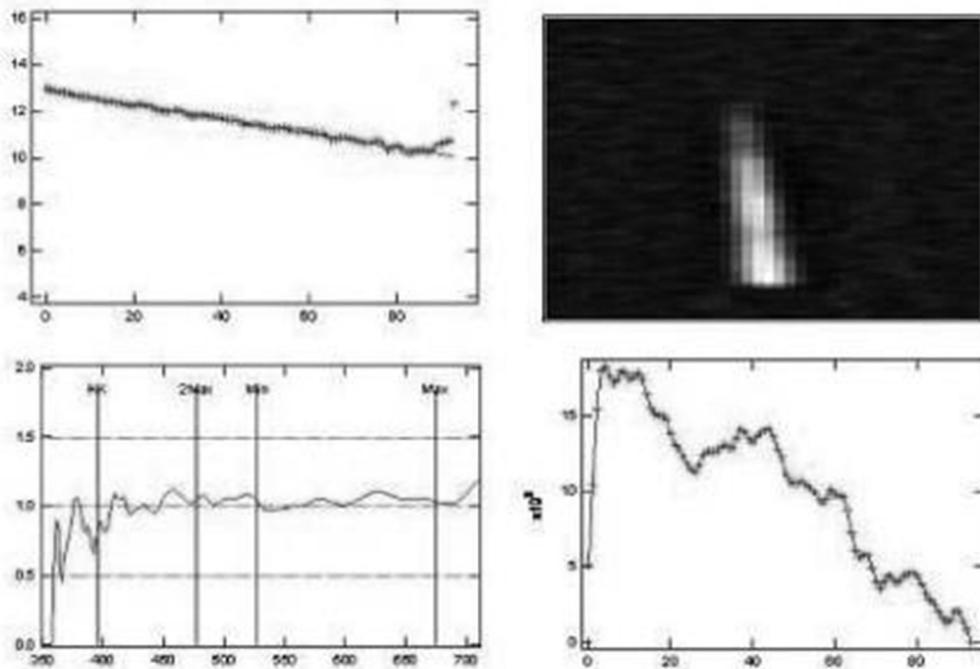


Fig. 3: Software EXATODS for extraction and analysis of DFBS spectra.

An extended DFBS spectrum of an asteroid is shown in Fig. 3. It shows how EXATODS works: right panels show the extracted 2D and 1D spectra, upper left panel shows inclination of the spectrum versus pixel number, and lower left panel shows spectrum relative to the solar spectrum (Istar / Isun) versus wavelengths.

1.4. Tutorial

The complete tutorial can be downloaded at http://bdap.ipsl.fr/Tutorial_ASTERIODS.zip. You can find in the tutorial some DFBS plates and the description of the workflow. Indications are provided to build "by hand" a workflow like procedure using VO tools, a procedure to be developed in VO format.

2. 51 Peg b

2.1. Presentation of the scientific case

51 Peg b is the first exoplanet detected around a solar type star. Using ELODIE spectrograph of the OHP Mayor and Queloz (1995, Nature, 378, 355) found that 51 Peg showed periodic variations of its radial velocity, indicating the presence of a companion. This tutorial is a simplified interpretation of the measurements which enabled the original discovery of 51 Peg b. We will work on the same observational spectra used by Mayor and Queloz and observe the variation of one spectral line of 51 Peg at a known wavelength. We measure the redshift of this line. We determine the radial velocity of the star using the Doppler shift law (equation below). At this value, we subtract the radial velocity component of the Earth in its motion around the Sun, called BERV (Barycentric Earth Radial Velocity). The residual after subtracting BERV corresponds to the oscillation due to the presence of the planet 51 Peg b.

Doppler shift:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta V}{c}$$

where,

λ is the wavelength,

V the radial velocity and

c is the speed of light or $299792458 \text{ m.s}^{-1}$.

An object that moves away induces a redshift. Spectra obtained on the 193 cm telescope diameter using the ELODIE spectrograph are calibrated in wavelength: the wavelength given with the spectra is very accurate, but not the intensity because we do not know the transparency of the atmosphere during the observations. The Doppler shift of these spectra can be obtained by comparing the wavelength of a known spectral line with its position on the spectrum of the star. This gives us $\Delta\lambda$ and in turn, we deduce ΔV .

2.2. Workflow and results

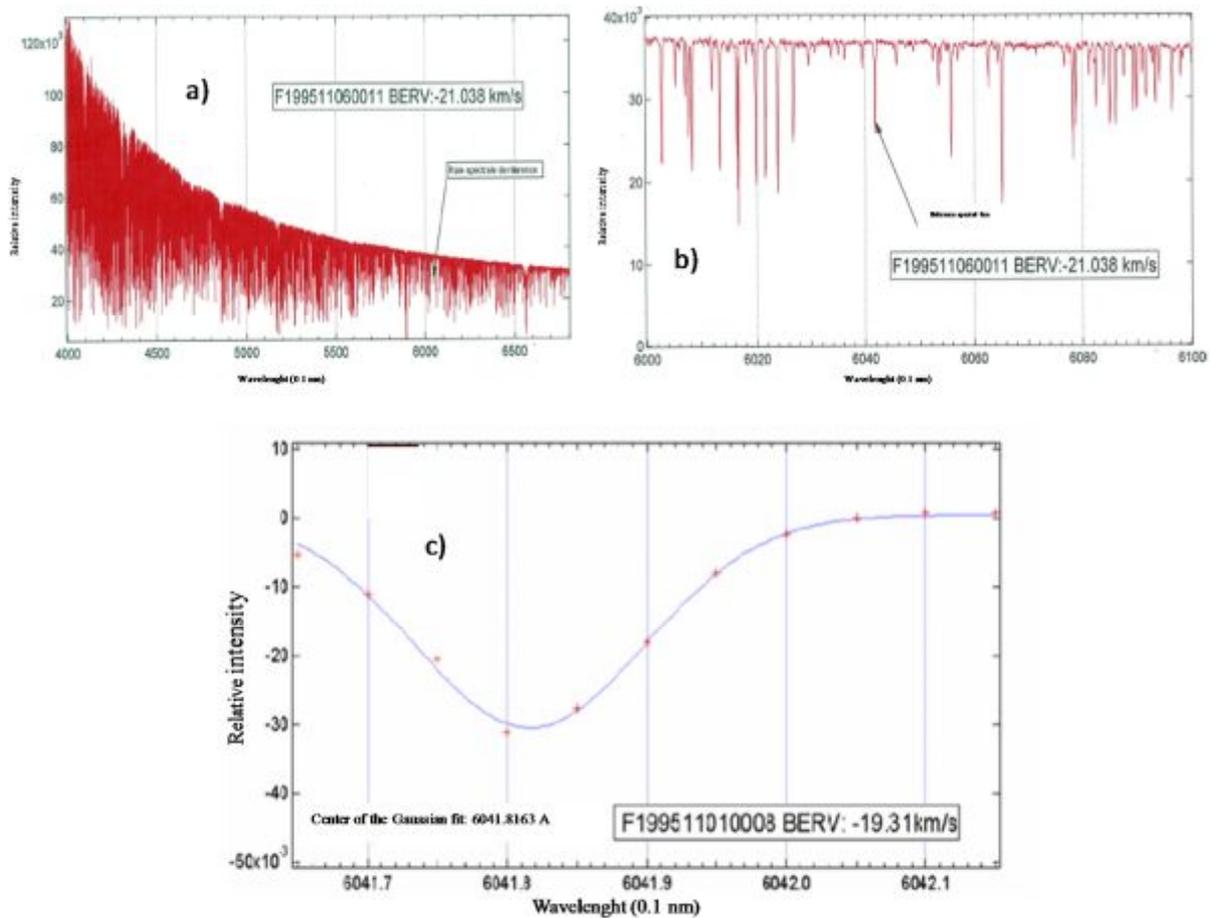


Fig. 4a: spectrum of 51 Peg obtained with ELODIE on the 6th of November 1995

Fig. 4b: zoom on the reference spectral line

Fig. 4c: high resolution zoom of the reference spectral line. The red crosses correspond to points measured by ELODIE. The blue line represents the Gaussian fit.

First, we have to download 51 Peg spectra from ELODIE database <http://atlas.obs-hp.fr/elodie/E.cgi?>. In this database, we can also find the properties of 51 Peg (period of orbit, maximum radial velocity, amplitude oscillation ...). An example of a spectrum of 51 Peg is given in Fig. 4a. In this tutorial we chose the spectral line around 6040 Å as a reference. A number of VO tools designed to manipulate spectra are available online. We recommend VOSpec (<http://esavo.esa.int/vospec/>) or SPLAT (<http://astro.dur.ac.uk/~pdraper/splat/splat-vo/>) to manipulate spectra. Using these VO tools, we will be able to make a high resolution zoom on the chosen spectral line (Fig. 4b) and perform a Gaussian fit (Fig. 4c). This operation is done over all chosen spectra. We will notice that the centre of the Gaussian fit is changing from a spectrum to another due to the presence of the exoplanet 51 Peg b.

ELODIE Workflow

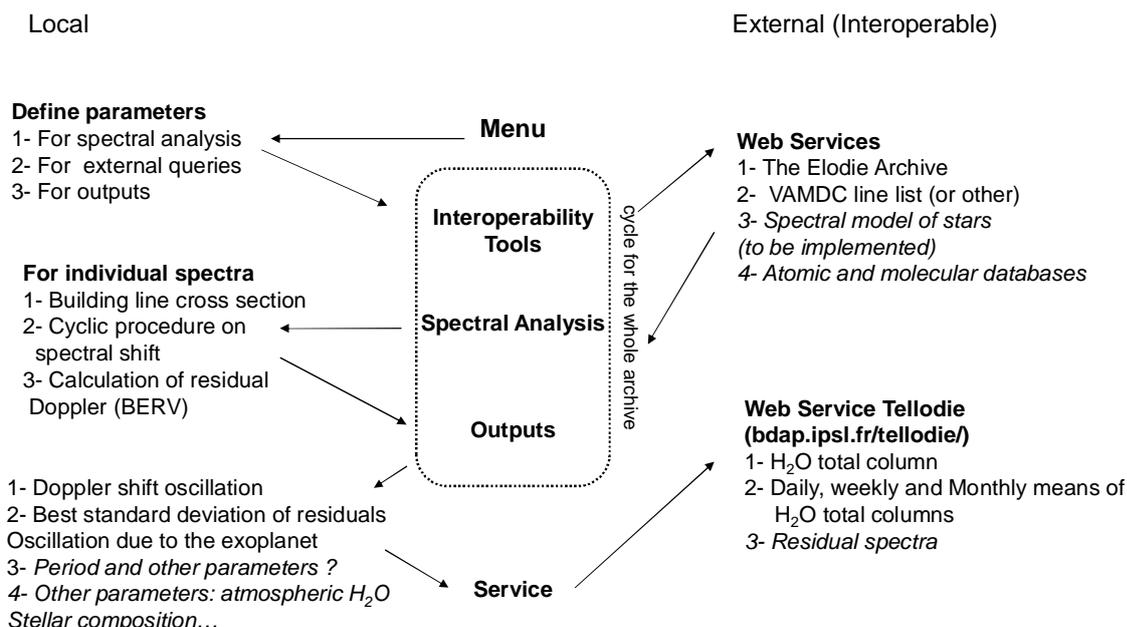


Fig 5: ELODIE workflow

2.3. Tutorial

The complete tutorial can be downloaded at http://bdap.ipsl.fr/Tutorial_exo.zip. We recommend to follow the different steps of the procedure and to use VO tools as recommended.

3. Conclusion

The objective of these tutorials is to provide a first approach of building a workflow using the VO. Fill free to use these tutorials to make your own procedure on your own scientific application.

References

- Berthier J., Sarkissian A., Thuillot W., Asteroids in DFBS, DFBS book, DFBS book, Universita di Roma "La Sapienza", Massaro, Mickaelian, Nesci and Weedman editors, p. 57-59, 2009
- Kasaba Y., Capria M.T., Crichton D., Zender, J., Beebe, R. and the IPDA, The International Planetary Data Alliance (IPDA): Activities in 2008-2010, Space Research Today, 176, p. 40-45, Dec 2009
- Markarian B.E., Lipovetski V.A., Stepanian J.A., Erastova L.K., Shapovalova A.I., 1989, Commun. Special Astrophys. Obs., 62, 5
- Mayor M. and Queloz D., 1995, Nature, 378, 355
- Mickaelian A., Sarkissian A., Dubernet M.-L., Le Sidaner P., Prugniel P., Nesci R., et al. Simple Spectral Access VO Application on the Digitized First Byurakan Survey // Science with

Virtual Observatories : JENAM-2007, Special Session #8, Yerevan 2007

Mickaelian A.M., Sargsyan L.A., Nesci R., Cirimele G., Sarkissian A., "Spectra extraction and analysis software for the Digitized First Byurakan Survey (DFBS) and research projects", XXVII IAU General Assembly, Rio de Janeiro, Brazil, August 2009

Mickaelian A.M., Sarkissian A., DFBS and the Virtual Observatory, DFBS book, Universita di Roma "La Sapienza ", Eds. Massaro, Mickaelian, Nesci and Weedman, p. 59-61, 2009

Sarkissian A., Détection de planètes extrasolaires par la méthode des vitesses radiales, Les Cahiers Clairaut, n 117, G. Paturel, Printemps 2007

Thuillot W., Berthier J., Sarkissian A., Mickaelian A., Sargsyan L., Iglesias J., Vachier F., Birlan M., Simon, G. Massive Physical and Dynamical Characterization of Asteroids // The Virtual Observatory in Action : New Science, New Technology, and Next Generation Facilities, 26th meeting of the IAU, Special Session 3, 17-18, 21-22 August, 2006 in Prague, Czech Republic, SPS3, 2007

Other publications and web services useful for the VO in planetology:

The Planetary Data System, <http://pds.nasa.gov/>, (2011).

Planetary Science Archive url = <http://www.rssd.esa.int/PSA>, (2011).

Europlanet Research Initiative, <http://www.europlanet.eu/>, (2011).

Working Groups of the International Virtual Observatory Alliance, <http://www.ivoa.net/>, (2011).

Sarkissian A., Planetary Atmospheres: Developments of Data Archiving, tools and Services in France, XXVII IAU General Assembly, Rio de Janeiro, Brazil, (2009).

Integrated and Distributed Information Service, <http://www.europlanet.eu/>, (2011).

Steering Committee of the IPDA, <http://planetarydata.org/>, (2010).

The Aladin sky atlas, <http://aladin.u-strasbg.fr/>, (2011).



Доклады молодых ученых

Солнечная система и экзопланеты

Talks by Young Scientists

Solar System and Exoplanets

Наблюдение распада ядра кометы 17P/Холмса в Таджикистане

Хурсанд И. Ибадинов, Анварджон М. Буриев

*Институт астрофизики Академии Наук Республики Таджикистан,
734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бухоро, 22, Институт астрофизики АН РТ,
E-mail: ibadinov@mail.ru, anvar10@mail.ru.*

Резюме. На основе 273 ПЗС наблюдений кометы 17P/Холмса зарегистрировано деление ядра, определены скорость разлета фрагмента и дата распада ядра.

Ключевые слова: распад ядра - скорость фрагмента - время распада.

Observations of the Splitting of the Nucleus of Comet 17p/ Holmes in Tajikistan

Khursand I. Ibadinov, Anvarjohn M. Buriev

Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan

Abstract. On the basis of 273 CCD observations of comet 17/P Holmes in Hisar astronomical observatory the time of splitting of comet nucleus and the scattering speed of a fragment are found.

Key words: splitting of nucleus – speed of fragment – time of splitting.

Комета Холмса (17/P) является короткопериодической кометой семейства Юпитера. Она была открыта 6 ноября 1892 года астрономом Лондонской обсерватории Холмсом как объект 4 – 5 звёздной величины [1]. Со временем яркость кометы значительно уменьшилась и в середине октября 2007 года она составляла примерно 16 звёздных величин. Совершенно неожиданно 25 октября 2007 г. яркость кометы увеличилась примерно в 400 тысяч раз [2], и она стала объектом 2 – 3 звёздной величины и привлекла внимание многих астрономов.

Мы выполнили ПЗС наблюдения этой кометы на двух телескопах (40 см астрограф с ПЗС ST-7 и рефлектор АЗТ–8 с ПЗС FLI) Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан с 28 октября по 18 ноября 2007 г. и зарегистрировали распад ядра кометы [3].

Выяснение условий и закономерностей распада комет является очень актуальным в свете проблемы происхождения и природы комет, происхождения метеороидных роев, их распределения в Солнечной системе и обеспечения безопасности космических миссий. Поэтому своевременная регистрация катастрофического явления – распада кометы представляет интерес для астрофизики Солнечной системы.

Целью настоящей работы является выяснение условий распада ядра кометы 17/P Холмса по оригинальным наблюдениям, выполненным в Таджикистане.

Из-за условий наблюдений (засветка Луной, пылевая мгла с 12 по 18 ноября) в начале и в конце периода наблюдений не удалось достаточно точно измерить положение фрагмента кометы. Поэтому для определения момента фрагментации кометы и скорости разлета фрагмента мы использовали только 273 качественных наблюдения, приведенных в Таблице 1. Расстояние фрагмента L от фотометрического центра кометы (Рис.1) определялось по 3 – 5 компьютерным изображениям кометы для каждой ночи. Для получения каждого компьютерного изображения кометы использовались минимум 5 экспозиций, т.е. каждое изображение состоит минимум из 15 экспозиций.

Таблица 1. Список ПЗС изображений кометы 17/P Холмса, использованных при изучении фрагментации её ядра.

Дата наблюдений, 2007 г. (МВ)	L (Пиксель)	L x 10 ⁴ а.е.	τ, час
29 ^d , 7213. X.	22,211	3,14	0
30 ^d , 7904. X.	31,929	4,43	25,067
31 ^d , 7467. X.	32,524	4,52	48,473
01 ^d , 9171. XI	35,855	4,97	76,667
02 ^d , 8721. XI	44,039	5,74	99,483
05 ^d , 8242. XI	60,165	8,34	146,117
06 ^d , 7879. XI	65,062	9,51	169,461
07 ^d , 9944. XI	63,198	8,76	198,417
08 ^d , 6528. XI	75,215	10,48	214,217
10 ^d , 6634. XI	87,022	12,02	262,467
11 ^d , 6472. XI	94,813	13,06	286,083

Нами выполнено исследование условий деления ядра и определены параметры разлета фрагмента. В таблице и на рисунке представлены результаты измерений расстояния фрагмента от фотометрического центра основного ядра до фотометрического центра фрагмента ядра.

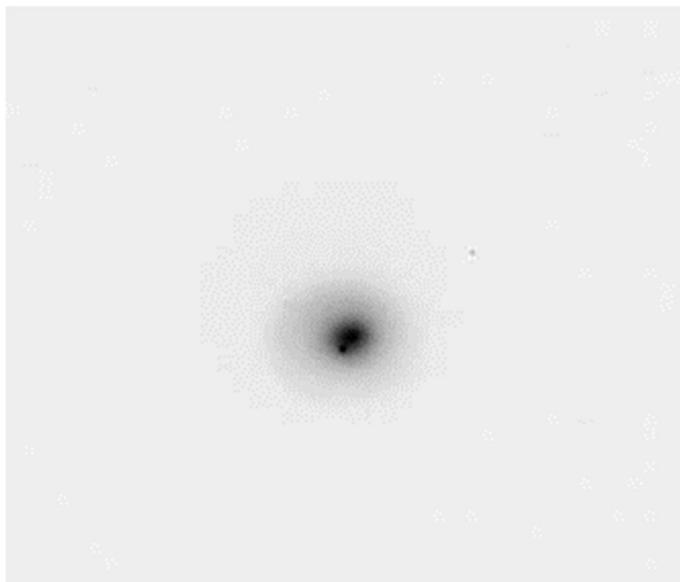


Рис 1. ПЗС изображение кометы 17/P Холмса, полученное 29,^d7213 МВ на телескопе АЗТ– 8 ГисАО.

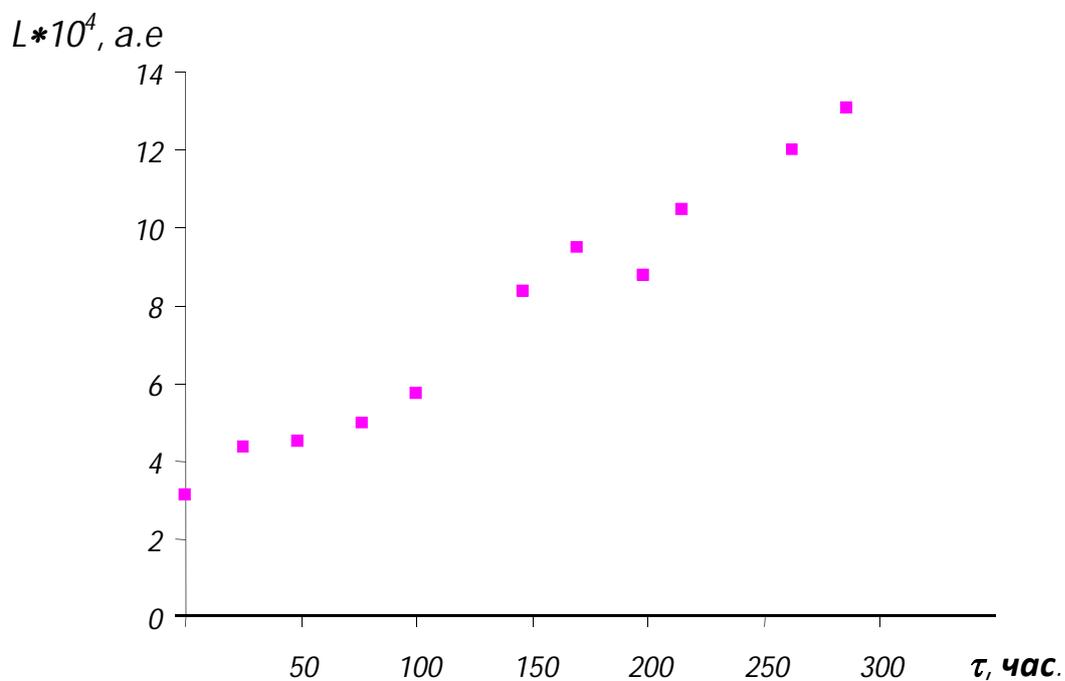


Рис.2. Расстояние между фотометрическими центрами ядра кометы и фрагмента.

Скорость разлета фрагмента оказалась 107 ± 35 м/с. Распад ядра произошёл $24^{\text{д}},05 \pm 1$ октября 2007 г. (МВ). Во время распада комета находилась на расстоянии $2,5$ а.е. от Солнца. На этом расстоянии расположен пояс астероидов и наиболее вероятной причиной распада ядра кометы может быть его столкновение с астероидом или метеороидным телом.

Выводы

По 273 наблюдениям кометы 17P/Холмса, выполненным в Таджикистане, зарегистрирован распад кометы. Скорость разлета фрагмента ядра оказалась 107 ± 35 м/с. Время распада ядра - $24^{\text{д}},05 \pm 1$ октября 2007 г. (МВ). Вспышка яркости кометы и распад её ядра не связаны с активными процессами на Солнце. Наиболее вероятной причиной вспышки яркости кометы и деления ядра этой кометы является столкновение ядра с другим космическим телом.

Литература

1. Всехсвятский С.К. Физические характеристики комет. М.: Физматгиз, 1958, 575 с.
2. IAU Circular 2007 № 8886.
3. Ибадинов Х.И. Суперкомета 2007 – наблюдения в Таджикистане // Астрокурьер (Информационный выпуск), 2007 г., 19 ноября.
(<http://www.sai.msu.su/EAAS/rus/astrocourier/index.html>).

Исследование избранных двойных и кратных астероидов из группы АСЗ и главного пояса на основе фотометрических наблюдений

Ираида А. Верещагина (Iraida.Anna@gmail.com), А.В. Девяткин (adev@gao.spb.ru),
Д.Л. Горшанов (dengorsh@mail.ru), Е.Н. Соков (jenias06@gmail.com)
Главная (Пулковская) Астрономическая обсерватория РАН, Россия

Резюме. Представлены результаты исследования двойных астероидов 2006 VV2 и 137170 (1999 HF1) из группы АСЗ, тройных астероидов 45 Eugenia и 87 Sylvia, двойных астероидов 762 Pulcova и 90 Antiope из главного пояса. Для астероида 2006 VV2 был определен ряд неизвестных параметров, а также уточнена форма главного компонента и орбита спутника. Для астероида 45 Eugenia уточнена форма главного компонента, смоделированы орбиты обоих спутников и показано, что ось вращения главного компонента испытывает вынужденную прецессию с углом 10° и периодом 66 суток. Для астероида 90 Antiope были исследованы отражательные свойства поверхности его компонентов. Для астероида 762 Pulcova была определена форма главного компонента и исследованы отражательные свойства поверхности. Для астероида 137170 (1999 HF1) были получены оценки размеров главного компонента, была определена возможная устойчивая орбита спутника и получены оценки масс компонентов. Для астероида 87 Sylvia была уточнена форма главного компонента.

Photometric research of binary and triple asteroids with the use automatic telescopes of Pulkovo Observatory

Iraida Vereshagina (Iraida.Anna@gmail.com), A.V. Devyatkin (adev@gao.spb.ru),
D.L. Gorshanov (dengorsh@mail.ru), Ye.N. Sokov (jenias06@gmail.com)
Main (Pulkovo) Astronomical Observatory of RAS, Russia

Abstract. Results of investigations of NEA binary asteroids 2006 VV2 and 137170 (1999 HF1), triple asteroids (45) Eugenia and (87) Sylvia, and Main belt binary asteroids (762) Pulcova and (90) Antiope are presented. Some parameters of 2006 VV2 asteroid are estimated, and shape of the main component of this binary system is determined. The shape of the main component of (45) Eugenia triple asteroid is determined, and the both of the satellites' orbits are simulated. The simulation shows that rotation axis of the main component is in state of forced precession with angle of 10° and period of 66 days. Reflecting properties of surface of (90) Antiope binary asteroid were investigated. The shape of the main component of (762) Pulcova binary asteroid is determined and reflecting properties of the asteroid's surface are investigated. The estimates of main component's size of 137170 (1999 HF1) binary asteroid are made, and stable satellite's orbit is simulated. The shape of main component of (87) Sylvia triple asteroid is determined.

Методы исследования

Фотометрические наблюдения

Для исследования избранных астероидов были выполнены фотометрические наблюдения данных объектов на интервале времени с 2006 по 2010 гг. Наблюдения выполнялись на автоматизированных телескопах ЗА-320М и МТМ-500М Пулковской обсерватории [Devyatkin et al, 2009a]. Обработка полученных наблюдений проводилась с помощью пакетов Арех-I и Арех-II [Devyatkin et al, 2009b].

Моделирование двойных и тройных астероидов

Для построения динамических моделей двойной и тройной систем астероидов использовались уравнения поступательно-вращательного движения для задачи двух и трех тел, полученные Г.Н. Дубошиным [Дубошин, 1963]. Для получения численного решения данной системы дифференциальных уравнений использовался метод интегрирования Дорманда – Принца, в основе которого лежит метод Рунге – Кутты 8-го порядка [Hairer et al, 1993].

Моделирование кривых блеска кратных астероидов

Для построения модельной кривой блеска астероида использовались два закона отражения света: закон Люмме – Боуэлла и закон Хапке [Lumme et al, 1981a; Lumme et al, 1981b; Bowell et al, 1989; Kaarttunen, 1989; Napke, 1981a; Napke et al, 1981b; Napke, 1986; Napke, 2002].

Определение формы астероида

Для восстановления формы астероида из наблюдений использовался метод инверсии, предложенный Каасалайненом и детально описанный в работах [Kaasalainen et al, 2001a; Kaasalainen et al, 2001b]. В данной работе использовалась программа, находящаяся в свободном доступе на веб-сайте www.mni.helsinki.fi/~mjk/asteroids.html.

Результаты исследований кратных астероидов

Двойной астероид 2006 VV2 из группы AC3

Для данного астероида были определены показатели цвета ($B-V = 0.67 \pm 0.14$, $V-R = 0.45 \pm 0.09$, $R-I = 0.18 \pm 0.11$), абсолютная звездная величина $H_V = 16.7 \pm 0.2^m$, а также

таксонометрический класс А. Также была определена форма главного компонента (рис.1), координаты полюса его вращения ($\alpha=37 \pm 2^\circ$, $\delta=29 \pm 3^\circ$) и размеры ($0.92 \times 0.89 \times 0.89 \pm 0.05$ км), определены элементы устойчивой орбиты спутника, наиболее близко согласующейся с наблюдениями (таблица 1).

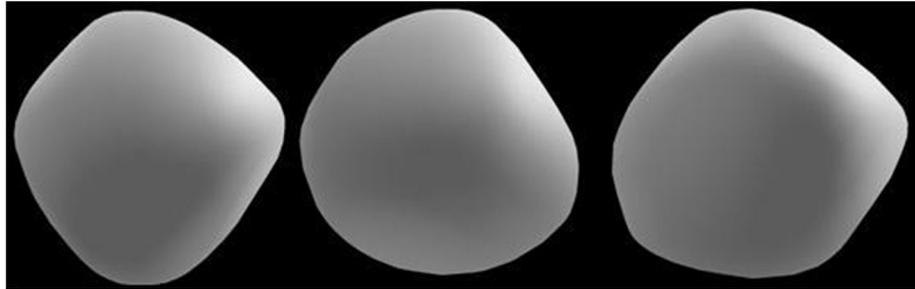


Рис. 1. Форма главного компонента астероида 2006 VV2, показанная с трех разных ракурсов.

Таблица 1. Полученные элементы устойчивой орбиты спутника астероида 2006 VV2.

Полуось a , км	Эксцентриситет e	Наклонение i , $^\circ$	Период, часы
1.9 ± 0.2	0.10 ± 0.06	0.000 ± 0.002	6.1 ± 0.2

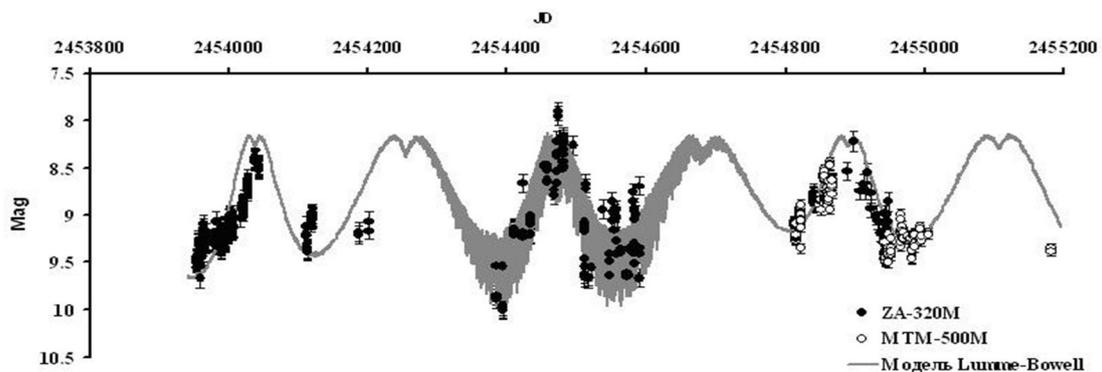


Рис. 2. Наблюдения астероида 90 Антиоре в период с 2006 по 2010 гг. (точки) и модельная кривая блеска, полученная с использованием закона отражения Люмме-Боуэлла (сплошная серая линия).

Двойной астероид 90 Антиоре из главного пояса

Для данного астероида были определены параметр асимметрии $g = -0.8$ (рис.2) и slope-параметр $G = 0.046 \pm 0.023$, характеризующие свойства поверхности астероида.

Тройной астероид главного пояса 45 Eugenia

Для данного астероида была уточнена форма главного компонента (рис.3), уточнены элементы орбиты первого спутника и найдена возможная область существования устойчивых орбит второго спутника, которая начинается со значений большой полуоси $a_2 = 1.65 a_1 = 1930$ км, где $a_1 = 1170$ км. Построенная модель данного астероида показала, что ось вращения главного компонента испытывает вынужденную прецессию, связанную с возмущением от спутников, с углом раствора в 10 градусов и периодом 66 суток. На основе сравнения модельной кривой блеска с наблюдениями был определен параметр асимметрии астероида $g = -0.75$.

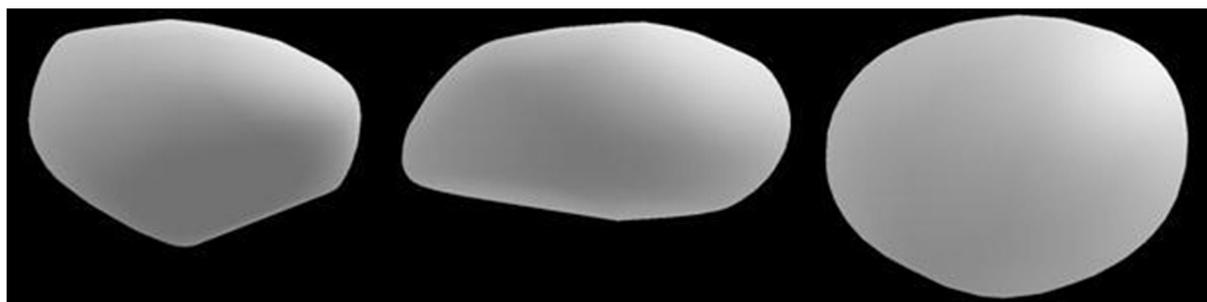


Рис. 3. Форма главного компонента астероида 45 Eugenia в трех различных ракурсах, полученная в настоящей работе.

Двойной астероид главного пояса 762 Pulcova

Для данного астероида была определена форма главного компонента (рис.4) и положение полюса его вращения ($\alpha = 71 \pm 3^\circ$, $\delta = 53 \pm 2^\circ$). Были также определены элементы устойчивой орбиты спутника, которые вследствие возмущений меняются в пределах $a \in [808, 810]$ км, $e \in [0.001, 0.005]$, $i \in [0, 2.87]^\circ$. Был определен параметр асимметрии $g = -0.7$.

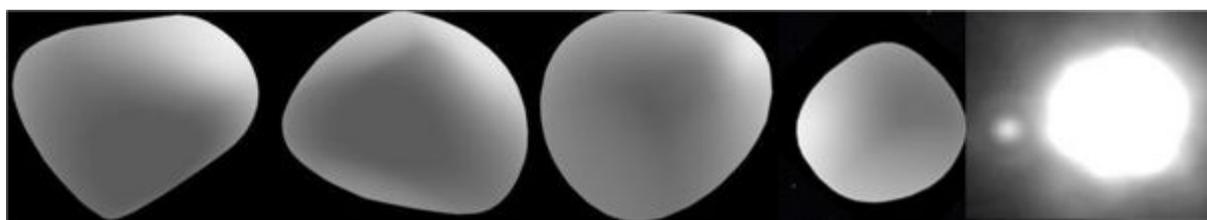


Рис. 4. Форма главного компонента астероида 762 Pulcova в трех различных ракурсах и в сравнении с прямым изображением астероида, полученным с помощью телескопа с адаптивной оптикой Кеск II.

Двойной астероид 137170 (1999 HF1) из группы AC3

Были получены размеры главного компонента: $2.12 \times 1.77 \times 1.73 \pm 0.03$ км, определены элементы орбиты спутника $a \sim 6.2$ км, $e \sim 0.1$, $i \sim 2^\circ$ и массы компонентов (таблица 2), а также определен параметр асимметрии $g = -0.9$.

Таблица 2. Оценки масс компонентов астероида 137170 (1999 HF1).

	Масса, кг
Главный компонент	$5.43 \times 10^{13} \pm 0.12 \times 10^{13}$
Спутник	$8.15 \times 10^{11} \pm 0.05 \times 10^{11}$
Масса системы	$5.5 \times 10^{13} \pm 0.1 \times 10^{13}$

Тройной астероид главного пояса 87 Sylvia

Была уточнена форма главного компонента, которая получилась существенно отличной от прежней оценки его формы [Marchis et al, 2006]. Из рисунка 5, где обе формы показаны в сравнении с прямыми изображениями астероида, видно, что новая форма дает лучшее согласие с наблюдениями. Также определен параметр асимметрии $g = -0.7$.

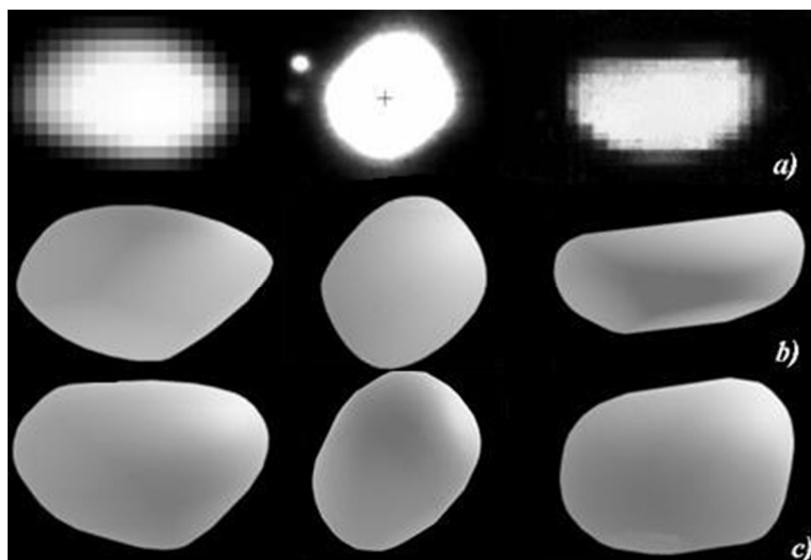


Рис. 5. Прямые изображения астероида 87 Sylvia, полученные с помощью телескопа Кекс-II (a), новая форма главного компонента, полученная в данной работе (b), прежняя форма главного компонента (c).

Литература

- Bowell E., Hapke B., Domingue D., et al. 1989, «Application of photometric models to asteroids», ed. R. Binzel, T.Gehrels, &M.S.Matthews, Tucson: University of Arizona Press, p.524.
- Devyatkin, A. V., Gorshanov, D. L., Kouprianov, V. V. et al. 2009a, Sol. Sys. Res., 44 (1), p.68-80.
- Devyatkin, A.V., Gorshanov, D.L., Kouprianov, V.V. et al. 2009b, Sol. Sys. Res., 43(3), p. 229–239.
- Дубошин Г.Н. 1963, «Небесная механика. Основные задачи и методы», изд. «Физматгиз».
- Hairer E., Norsett S.P., &Wanner G. 1993, Springer Series in Comput. Mathematics, Springer-Verlag.
- Hapke B. 1981a, Journal of geophysical research, 86, p.3039-3054.
- Hapke B., & Wells E. 1981b, Journal of geophysical research, 86, p.3055-3060.
- Hapke B. 1986, Icarus, 67, p.264-280.
- Hapke B. 2002, Icarus, 157, p.523–534.
- Kaasalainen M., &Torppa J. 2001a, Icarus, 153, p.24-36.
- Kaasalainen M., Torppa J., &Muinonen K. 2001b, Icarus, 153, p.37-51.
- Karttunen H. 1989, A&A, 208 (1/2).
- Lumme K., &Bowell E. 1981a, Astron. J., 86 (11), p.1694-1705.
- Lumme K., &Bowell E. 1981b, Astron. J., 86 (11), p.1705-1721.
- Marchis F., Kaasalainen M., Hom E. et al., Icarus, 185 (1), p.39-63.

Анализ N2-кривых блеска, полученных с помощью CoRoT* и исправленных новой, квази-автоматической программой

Сатеник Казарян^{1,2}, Жорж Алесян² и Гайк Арутюнян¹

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область, Армения. E-mail: satenik.ghazaryan@obspm.fr, hhayk@bao.sci.am

² LUTH, Парижская Обсерватория, CNRS, Парижский Университет Дидро, 5 Площадь Жюль Жансен, 92190 Медон, Франция, E-mail: georges.alecian@obspm.fr

Резюме. Эта работа посвящена анализу кривых блеска, полученных с помощью космического телескопа CoRoT, для которых мы разработали новую, квази-автоматическую программу. Эта программа, написанная на IDL, исправляет все аномальные скачки и инструментальные сдвиги, которые присутствуют во втором издании данных, полученных с помощью экзопланетного канала CoRoT. Представленный нами здесь метод может быть использован для анализа кривых блеска, которые были получены по экзопланетному каналу CoRoT. В настоящей работе мы обработали данные о трех звездах, опубликованные Алесяном и др. (2009), которые использовали не очень сложный метод исправления и старую версию данных. С помощью нашего метода мы смогли избавиться от всех произвольных скачков и систематических ошибок, присутствующих во всех данных, полученных телескопом CoRoT. В этой статье мы описываем алгоритм этой программы и приводим сравнение новых результатов со старыми, опубликованными в 2009 году.

* Космический телескоп CoRoT был разработан и запущен французским агентством CNES, с участием RSSD и научных программ Австрии, Бельгии, Бразилии, Германии и Испании Европейского Космического Агентства.

Analysis of CoRoT* N2-light curves corrected with a new quasi-automatic procedure

Satenik Ghazaryan^{1,2}, Georges Alecian², Haik Harutyunyan¹

¹ Byurakan Astrophysical Observatory, Aragatzotn Province, Byurakan, 0213, Armenia,

E-mail: satenik.ghazaryan@obspm.fr, hhayk@bao.sci.am

² LUTH, Observatoire de Paris, CNRS, Universit Paris Diderot, 5 Place Jule Janssen, 92190

Meudon, France, E-mail: georges.alecian@obspm.fr

Abstract. This work is devoted to the analysis of CoRoT light curves to which we apply a new quasi-automatic procedure we have developed. This IDL procedure corrects the abnormal jumps and the instrumental drifts which survived in N2-exoplanet data. The method we present can be used for the CoRoT targets observed through exoplanets channel. We study 3 stars already considered by Alecian et al. (2009) who used less sophisticated methods for corrections and an older release of the N2 data. With our method, we succeed to remove random jumps and systematic trends encountered in typical CoRoT data. We describe the algorithm and compare our new results to the old ones, published in 2009.

* *The CoRoT space mission was developed and is operated by the French agency CNES, with participation of ESA's RSSD and Science Programs, Austria, Belgium, Brazil, Germany and Spain.*

Introduction

This article describes a numerical tool in view of a systematic study of light curves obtained through CoRoT (Baglin 2006) exoplanet camera in the framework of the Additional Programme procedure (Weiss 2006). It is quite difficult to describe all the features perturbing CoRoT light curves (exo-channel) with a given function, since there are many different shapes of jumps with many different functional forms. Furthermore, the problem is complex, because we do not know a priori which ones of light curve features have stellar origin. Our IDL macros start with the white light curve provided by N2 data archive for each star, and are considered to be completed with a new light curve from which jumps have been removed.

Method

The first step of our treatments consists in the jumps detecting. Generally, jumps are characterized by signal level and slope discontinuities in light curves. Our procedure uses this property to identify the jumps (after smoothing and slope variation analysis). The method is not fully automatized because there is a certain detection level around the default value proposed by the code to be adjusted only by the user according to the star properties. Generally, this method has a capacity to detect up to 30 jumps only inside a light curve for a 120-day run of observation. The second step consists in correcting the light curve itself. For this purpose, the light curve is shared out into a family of sub-light curves delimited by the jumps' moments. A fixed (and adjustable) number of points can be removed inside the jumps. The shape of each sub-light curve is corrected after giving a good fit with a second order polynomial, and the level adjusting to the average level of the original light curve. The last step of the light curve analysis is a binning to 512s. We usually extract the frequencies with Period04 (Lenz and Breger 2005).

Results

To illustrate the method, it is applied to three CoRoT light curves: ID-102694749(S1), ID-102685695(S2), and ID-102647589(S3), which had been already analyzed by Alecian et al. (2009). We present in Fig.1 a comparison of the light curves, before and after the application of our method for the star S2 (the original light curve has many jumps). We also compared the resulting spectra to those by Alecian et al. (2009). The quality of the spectra is improved definitely: the signal-to-noise ratio is higher for low frequencies ($c/d < 13.9$) and the stellar signal is not affected by our treatment. We tried to check the method for a star exhibiting a transit. The method could work because it does not destroy the information on the transit. However, some additional effort is still needed before proposing this macro for such cases. In practice, only a few minutes per light curve are needed to apply the procedure.

We also applied this procedure to a HgMn target observed through CoRoT astero channel to check its usefulness for looking for possible existence of solar-type granulation signature in their power spectrum. The point is that many articles have appeared very recently considering this problem but no paper was found on this issue in relation to HgMn stars. Therefore, this problem seems to remain a subject of further debates. On the other hand, the earliest results show that our method is an appropriate tool for the analysis of data obtained through astero channel and nowadays, the solar-type granulation effect most likely cannot be seen with CoRoT data for HgMg stars. This issue needs further consideration.

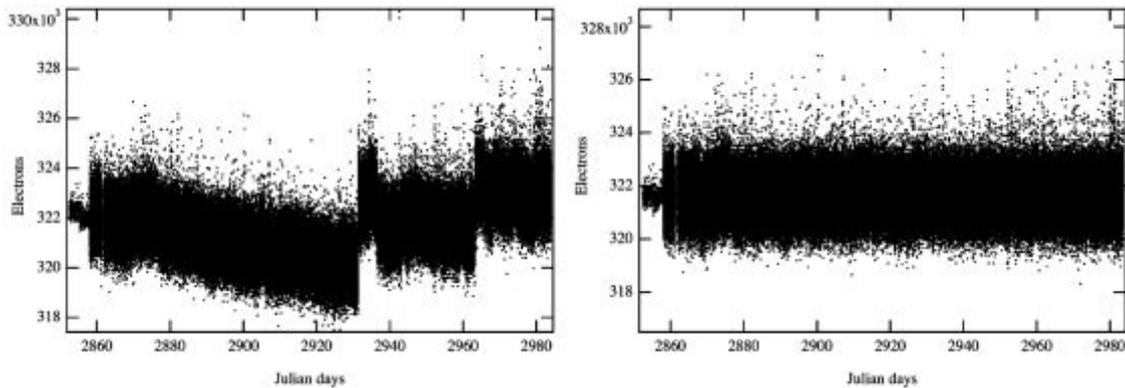


Figure 1. *The light variation of S2. The original N2 data are shown in the left panel, and those corrected with the present method are shown in the right panel.*

Acknowledgments

This collaboration is supported by the CNRS and the State Committee for Science of Armenia through the Collaborative Bilateral Research Projects N97538. We also thank the CNES (the French space agency) for financial support to this work. SG acknowledges the French Embassy in Armenia for giving her a French Government Scholarship (support to her thesis, in the framework of a joint supervision cotutelle Observatoire de Paris / Byurakan Astrophysical Observatory).

References

- Alecian G., Gebran M., Auvergne M. et al. 2009, A&A, 506, 69
 Baglin, A. 2006, The CoRoT mission, pre-launch status, stellar seismology and planet finding, ed. M. Fridlund, A. Baglin, J. Lochard, and L. Conroy, ESA SP-1306, ESA Publication Division (The Netherlands: Noordwijk)
 Lenz, P., and Breger, M. 2005, CoAst, 146, 53
 Weiss, W. W. 2006, in ESA SP, 1306, 93

Планетная динамика в системе Alpha Centauri: ляпуновские спектры и устойчивость

Елена А. Попова, Иван И. Шевченко

Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория (ГАО) РАН, Санкт-Петербург,
Россия, E-mail: m02pea@hotmail.com

Резюме. Исследована устойчивость движения гипотетической планеты в двойной системе Alpha Centauri A–B. На сетке начальных данных «перигелийное расстояние — эксцентриситет» вычислены полные ляпуновские спектры движения системы с одной планетой. Для разделения орбит на регулярные и хаотические по значениям показателей Ляпунова использован статистический метод. Построены диаграммы устойчивости. Изучено соответствие областей неустойчивости, найденных из исследования ляпуновских спектров, областям начальных условий для орбит, демонстрирующих тесные сближения с любой из двух звезд или уход из системы.

Ключевые слова: небесная механика, планетные системы, методы: численные

Planetary dynamics in the Alpha Centauri system: Lyapunov spectra and stability

Elena A. Popova, Ivan I. Shevchenko

Main (Pulkovo) Astronomical Observatory (MAO) of RAS, St. Petersburg, Russia
E-mail: m02pea@hotmail.com

Abstract. The stability of a planetary motion in the binary system Alpha Centauri A–B has been studied. Lyapunov spectra of the motion of the system with a single massive planet have been computed on a fine grid of the initial data, and, by means of a statistical analysis of the obtained data arrays, chaotic domains have been identified in the “pericentric distance — eccentricity” initial data space for the planetary orbit. Association to the initial data domains for the orbits exhibiting close encounters with central stars and for the orbits exhibiting long-term escape has been investigated.

Keywords: Celestial mechanics, planetary systems, methods: numerical

Введение

Планетная динамика в двойных звездных системах и ее устойчивость исследовались ранее в ряде работ (см., например, [1–10]). Мы впервые применяем для этих целей вычисление спектров показателей Ляпунова. Мы исследуем долговременную устойчивость движения гипотетической планеты в двойной системе α Cen A–B. Параметры двойной выбраны согласно [11]: массы компонент $M_A = 1.1M_\odot$ и $M_B = 0.91M_\odot$, большая полуось $a = 23.4$ а.е., эксцентриситет $e = 0.52$. Рассматривается плоская ограниченная задача трех тел A–B–планета и плоская полная задача трех тел A–B–планета (масса планеты $M_P = 1 M_J$, где M_J — масса Юпитера). В начальный момент времени тела располагаются в перицентрах своих невозмущенных орбит. Интегрирование орбит планеты проводится на интервалах времени 10^5 и 10^6 лет на сетке начальных данных «перицентрическое расстояние — эксцентриситет» для четырех значений угла γ между линией A–B и линией «начальное положение планеты — центр масс двойной»: 0° , 90° , 180° , 270° .

Для решения вопроса об устойчивости орбиты планеты используются два критерия устойчивости: максимальный показатель Ляпунова и критерий «ухода–столкновений». Орбита считается устойчивой по второму критерию, если за время интегрирования планета не испытывает тесных сближений со звездами двойной и не покидает систему. Под тесным сближением понимается сближение планеты с любой из звезд до расстояния менее 0.01 а.е., что примерно соответствует радиусу звезды класса G, а под уходом из системы — увеличение расстояния между планетой и барицентром двойной более 10^3 а.е.

Вычисления

На плоскости начальных условий «перицентрическое расстояние — эксцентриситет» мы построили диаграммы устойчивости по обоим критериям для внутренних и внешних начальных орбит планеты и вычислили полные ляпуновские спектры. При этом использованы алгоритмы и программы [12,13,14,15]. Для разделения орбит на регулярные и хаотические по максимальному показателю Ляпунова использован статистический метод, предложенный А.В.Мельниковым и И.И.Шевченко [16,17,18]. Он состоит из четырех шагов: 1) на представительном множестве начальных данных строим два дифференциальных распределения значений максимального показателя Ляпунова L , соответствующие двум разным интервалам времени интегрирования; 2) отождествляем пик, испытывающий сдвиг по оси абсцисс при увеличении времени интегрирования (он соответствует регулярным траекториям); 3) по относительному расположению пиков на оси $\log L$ определяем численный критерий разделения траекторий на хаотические и регулярные; 4) в дальнейшем, поскольку критерий известен, расчеты по разделению траекторий на регулярные и хаотические можно производить на относительно малых интервалах времени с высоким разрешением сетки начальных данных.

Результаты

Примеры построенных диаграмм устойчивости по максимальному показателю Ляпунова для общей задачи трех тел приведены на рис. 1, 2, 3, 4 для внешних планетных орбит и рис. 5, 6, 7, 8 для внутренних планетных орбит.

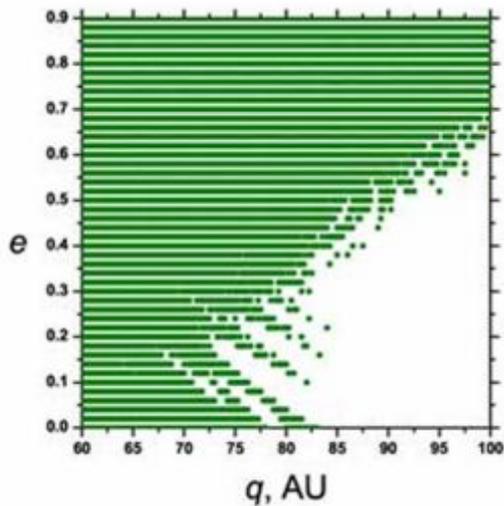


Рис. 1: Диаграмма устойчивости по критерию максимального показателя Ляпунова для внешних планетных орбит; $\gamma = 0^\circ$

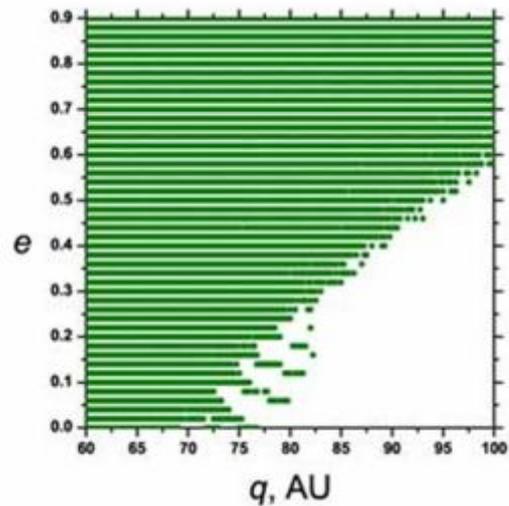


Рис. 2: То же, что и на рис. 1, но $\gamma = 90^\circ$

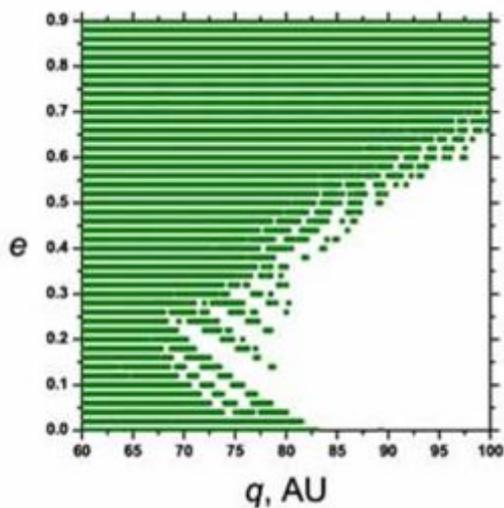


Рис. 3: То же, что и на рис. 1, но $\gamma = 180^\circ$

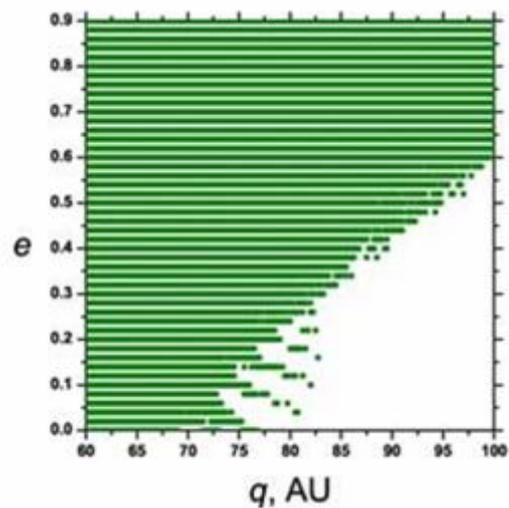


Рис. 4: То же, что и на рис. 1, но $\gamma = 270^\circ$

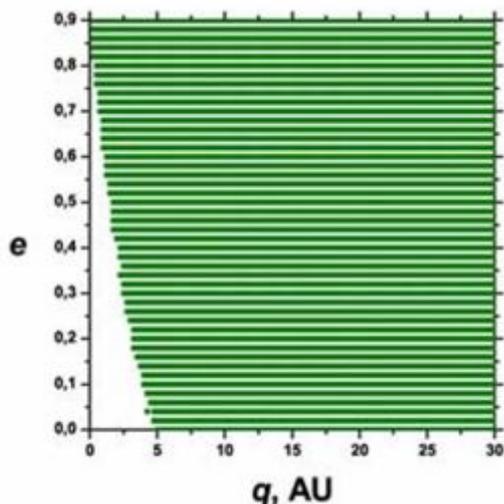


Рис. 5: Диаграмма устойчивости по критерию максимального показателя Ляпунова для внутренних планетных орбит; $\gamma = 0^\circ$

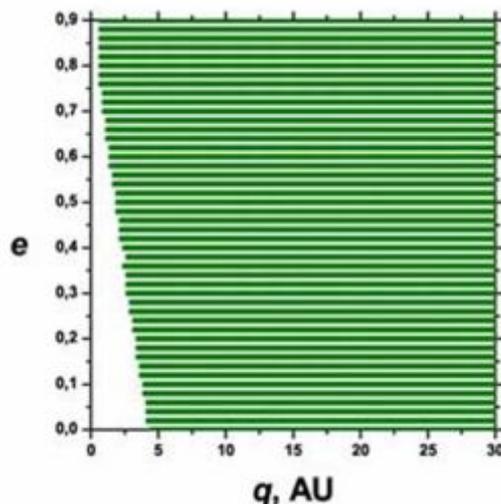


Рис. 6: То же, что и на рис. 5, но $\gamma = 90^\circ$

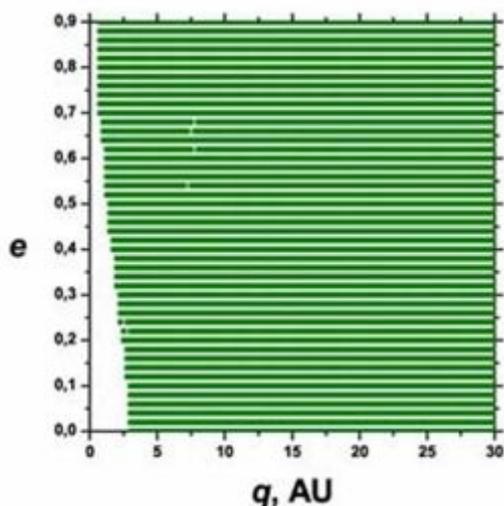


Рис. 7: То же, что и на рис. 5, но $\gamma = 180^\circ$

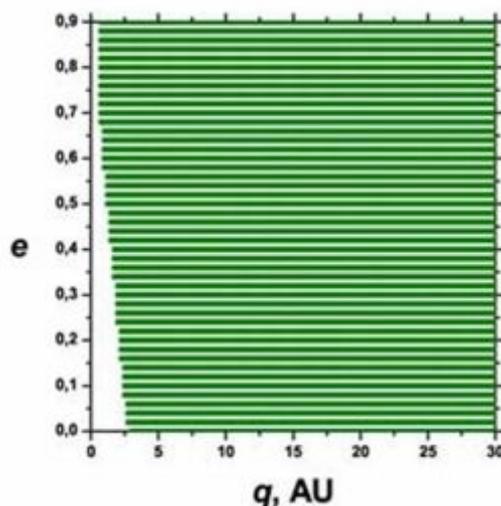


Рис. 8: То же, что и на рис. 5, но $\gamma = 270^\circ$

Выводы

1) Внешняя граница области хаоса соответствует значениям большой полуоси орбиты планеты приблизительно 80 а.е., если эксцентриситет орбиты планеты нулевой. Расположение внутренней границы сильно зависит от начальной конфигурации. Внешняя область хаоса расширяется приблизительно линейно при увеличении эксцентриситета.

2) Критерий по показателю Ляпунова, в приложении к построению диаграмм устойчивости, дает более четкую картину границ хаос-порядок в сравнении с критерием ухода-столкновений (при одном и том же времени счета).

3) Характерные значения ляпуновского времени в областях хаоса равны приблизительно 500 лет для внешних орбит и приблизительно 60 лет для внутренних орбит.

Список литературы

- Benest D. 1988, A&A, 206, 143
Benest D. 1989, A&A, 223, 361
Wiegert P.A. & Holman M.J. 1997, Astron. J., 113, 1445
Benest D. & Gonczi R. 1998, Earth, Moon, and Planets, 81, 7
Wiegert P.A. & Holman M.J. 1999, Astron. J., 117, 621
Benest D. & Gonczi R. 2003, Earth, Moon and Planets, 93, 175
Lissauer J., Quintana E., Chambers J., Duncan M. & Adams F. 2004, Rev. Mex. Astron. Astrof., 22, 99
Thébault P., Marzari F. & Scholl H. 2008, MNRAS, 388, 1528
Xie J.-W. & Zhou J.-L. 2008, ApJ, 686, 570
Thébault P., Marzari F. & Scholl H. 2009, MNRAS, 393, 21
Pourbaix D., Neuforge-Verheecke C. & Noels A. 1999, A&A, 344, 172
von Bremen H.F., Udvardi F.E. & Proskurowski W. 1997, Physica D, 101, 1
Shevchenko I.I. & Kouprianov V.V. 2002, A&A, 394, 663
Kouprianov V.V. & Shevchenko I.I. 2005, A&A, 410, 749
Kouprianov V.V. & Shevchenko I.I. 2005, Icarus, 176, 224
Melnikov A.V. & Shevchenko I.I. 1998, Астрон. вестник, 32, 548 [Sol.Sys.Res., 32, 480]
Шевченко И.И., Мельников А.В. 2003, Письма в ЖЭТФ, 77, 772
Shevchenko I.I., 2002, in: Asteroids, Comets, Meteors. Ed. by B.Warmbein. Berlin: ESA, 2002. P. 367

Транзитные наблюдения экзопланет и их исследование

Евгений Н. Соков (jenias06@gmail.com),

И.А. Верещагина (Iraida.Anna@gmail.com), А.В. Девяткин (adev@gao.spb.ru),

Ю.Н. Гнедин (yngnedin@mail.ru), Д.Л. Горшанов (dengorsh@mail.ru)

Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН, Россия

Резюме. С середины 2010 года в Пулковской Обсерватории были начаты регулярные наблюдения нескольких транзитных экзопланет. Наблюдения выполнялись на телескопах ЗА-320М и МТМ-500М, принадлежащих Пулковской Обсерватории. Также мы сотрудничаем с обсерваториями России и с некоторыми частными обсерваториями Греции и США. Полученные наблюдения позволили нам сделать оценку таких параметров экзопланетных систем, как: продолжительность времени прохождения планеты по диску звезды, средний момент транзита, радиус и наклон орбиты экзопланеты. Для ряда экзопланет были оценены эквивалентная температура атмосферы экзопланеты T_{eq} и её альbedo. Для кандидата в экзопланеты KOI 256b были сделаны оценки для его радиуса и наклона орбиты: $R_{pl} \approx 1.83 \pm 0.16 R_{jup}$; $Inc. \approx 74.79^\circ$. Отклонение от предсказанного момента середины транзита KOI 256b достигает 30 минут. Орбитальное движение данного кандидата в экзопланеты вокруг родительской звезды варьируется, т.к. глубина падения блеска в момент транзита изменяется от 0.028 mag до 0.042 mag. Этот факт может говорить о возмущении орбиты KOI 256b другим телом в системе, которое может являться планетой.

Ключевые слова: планеты и спутники, индивидуальные объекты (KOI 0256b); методы: анализ данных

Observations and investigations of transiting exoplanets

Evgeniy N. Sokov (jenias06@gmail.com),

I.A. Vereshchagina (Iraida.Anna@gmail.com), A.V. Devyatkin (adev@gao.spb.ru),

Yu.N. Gnedin (yngnedin@mail.ru), D.L. Gorshanov (dengorsh@mail.ru)

*Main (Pulkovo) Astronomical Observatory (MAO) of Russian Academy of Sciences (RAS),
St. Petersburg, Russia*

Abstract. Since mid of 2010yr. in the Pulkovo Observatory observations of several transiting exoplanets have been made. The observations are made with the use ZA-320M and MTM-500M telescopes of the Pulkovo Observatory. Also we collaborate with a lot of observatories of Russia and with some observatories of Greece and USA. Collected observations data allowed us to estimate such parameters of exoplanet systems, as: duration of the transits, the MID-transit point, planet radius and inclination of its orbit. For a number of exoplanets T_{eq} of their atmosphere and albedo are estimated. For the planet candidate KOI 256b, a number of parameters was estimated: $R_{pl} \approx 1.83 \pm 0.16 R_{jup}$; Inclination $\approx 74.79^\circ$. The deviation from the predicted time of the MID-transit of the KOI 256b reaches the value of $\{-30\}$ minutes. The orbit motion of the KOI 256b around parent star varies, because the depth in the transit moment of the KOI 256b changes in the range $[0.028; 0.042]$ mag. This fact may indicate that the orbit of KOI 256b is perturbed by other objects, that may be other planets in this system.

Keywords: planets and satellites: general, individual (KOI 0256b); methods: data analysis

Введение

В последние годы было обнаружено большое количество экзопланет, т.е. планет, находящихся вне Солнечной системы. На настоящий момент изучение экзопланет стало одним из самых интересных и важных направлений в астрономии, для развития которого во всем мире выделяется немало средств. В частности, для обнаружения и изучения экзопланет были созданы такие проекты, как "Kepler", "COROT", "PEGASE", "Spitzer" и др.

С обнаружением первых экзопланет, наконец, появилась возможность взглянуть на эволюцию планетных систем со стороны, и, таким образом, построить общую теорию происхождения и эволюции планетных систем у звезд различных классов. Кроме того, обстоятельство, что Солнечная система не уникальна, наводит на мысль о том, что, возможно, и наша цивилизация не является уникальным явлением во Вселенной.

Методы обнаружения и исследования экзопланет

Долгое время основным методом поиска экзопланет был хорошо известный в астрофизике метод лучевых скоростей, который в данной ситуации основан на возможности регистрации видимого движения самой звезды вокруг центра масс системы звезда — планета. На основе этого метода можно получить массу планеты, вращающейся вокруг родительской звезды.

Существенный прорыв в исследовании экзопланет произошел в результате обнаружения явления «транзита», состоящего в наблюдении уменьшения блеска звезды вследствие прохождения планеты по диску центральной звезды. В этом случае глубина уменьшения яркости звезды определяет величину отношения радиуса планеты к радиусу звезды:

$$D = \left(\frac{R_{pl}}{R_s} \right)^2 \quad (1)$$

Формула (1), вообще говоря, справедлива, если фотосфера звезды имеет однородное распределение. В принципе следует учитывать, что частичное ослабление блеска звезды происходит также за счет потемнения к краю.

Систематические наблюдения явлений транзита являются необходимыми в силу того обстоятельства, что ряд этих наблюдений может испытывать вариации из-за присутствия в системе других планет, либо из-за наличия у главной планеты, обеспечивающей транзит, спутника типа Луны.

Метод получил название «вариации времени транзита» — Transit Time Variations (TTVs) и успешно используется в наблюдениях экзопланет (Miralda-Escude et al., 2002; Agol et al., 2005).

На данный момент времени обнаружено различными методами более 700 экзопланет. С помощью телескопа "Kepler" были обнаружены признаки существования 1235 экзопланет, вращающихся вокруг 997 различных звезд (Borucki et al., 2011).

Фотометрические наблюдения экзопланет на телескопах Пулковской обсерватории ЗА-320М и МТМ-500М

Наблюдения транзитов экзопланет, полученные в рамках настоящей работы, были проведены на автоматизированных телескопах Пулковской обсерватории зеркальном астрографе ЗА-320М и менисковом телескопе Д.Д. Максудова МТМ-500М.

Для обработки полученных фотометрических ПЗС-наблюдений использовался созданный в Пулковской обсерватории программный пакет АПЕКС-II (Девяткин и др., 2009). Наилучшая точность фотометрии составила 0.003^m для телескопа ЗА-320М и 0.001^m для МТМ-500М.

Основные результаты исследования избранных экзопланет и кандидатов в экзопланеты

За период с августа 2010 г. по ноябрь 2011 г. на телескопах ЗА-320М и МТМ-500М было получено около 40 фотометрических наблюдений транзитов экзопланет и кандидатов в экзопланеты. Также задолго до этого, в период с 2000 по 2007 гг., проводились фотометрические наблюдения транзитов экзопланеты HD209458 на телескопе ЗА-320М. На основе всех наблюдений были построены кривые изменения блеска в момент прохождения планеты по диску звезды.

Таким образом, были получены кривые блеска уже известных экзопланет HAT-P-12b, Qatar-1b, WASP-12b, WASP-14b, WASP-40b, WASP-10b, WASP-39b, WASP-32b, WASP-48b, GJ1214b, Kepler-6b, HAT-P-18b, HAT-P-9b, HAT-P-20b, TrES-3b, HD209458b, а также кандидатов в экзопланеты KOI 425b, KOI 194b, KOI 256b, KOI 186b, KOI 1546b.

На основе полученных кривых изменения блеска была построена аппроксимирующая кривая, на основе которой были определены такие параметры, как продолжительность транзита, средний момент транзита, глубина падения блеска, а также радиус планеты и угол наклона орбиты планеты к лучу зрения. Для аппроксимации использовался алгоритм, описанный в работе (Poddany S., 2010).

На рисунке 1 представлена зависимость глубины падения блеска в моменты транзитов кандидата в экзопланеты KOI-256b со временем, которая отражает характер изменения угла наклона её орбиты со временем. Данный факт может говорить о наличии третьего тела в данной системе, которое оказывает возмущающее воздействие на орбиту KOI 256b. На рисунке 2 представлены графики кривых блеска для подтвержденного кандидата в экзопланеты KOI 256b. Все графики, для которых проведена аппроксимация и вычтен линейный тренд, взяты из базы данных для экзопланет ETD (Exoplanet Transit Database) (<http://var2.astro.cz/ETD/>).

У экзопланеты WASP-12b, на основе наших наблюдений, а также наблюдений других авторов, были обнаружены всплески на кривой блеска в момент транзита.

Эллипсоидальность данной экзопланеты могла бы вызвать подобные всплески на кривой блеска во время транзита, однако, на таком близком расстоянии планеты от звезды (0.023 а.е.), вследствие приливных взаимодействий, период осевого вращения экзопланеты должен быть синхронизирован с периодом ее орбитального движения, а значит, она всегда должна быть повернута к звезде одной стороной. Пятна на поверхности звезды также могут вызывать подобные изменения блеска, однако, наблюдаемые всплески очень похожи друг на друга по длительности, профилю и амплитуде несмотря на то, что между наблюдениями, сделанными разными авторами, прошло около 2-х лет. Таким образом, одна из вероятных причин проявления подобных всплесков — это наличие спутника у этой экзопланеты. Исходя из предположения, что амплитуда изменения блеска из-за наличия экзолуны составляет 0.0015^m , можно сделать грубую оценку ее размера, которая составляет $R \approx 6.4 R_{\text{Earth}} \approx 0.57 R_{\text{Jup}}$ (Соков и др., 2012). Следует отметить, что размер самой экзопланеты составляет $R = 1.736 \pm 0.092 R_{\text{Jup}}$ (Chan et al., 2011).



Рис 1. Изменение со временем глубины падения блеска кандидата в экзопланеты KOI 256b

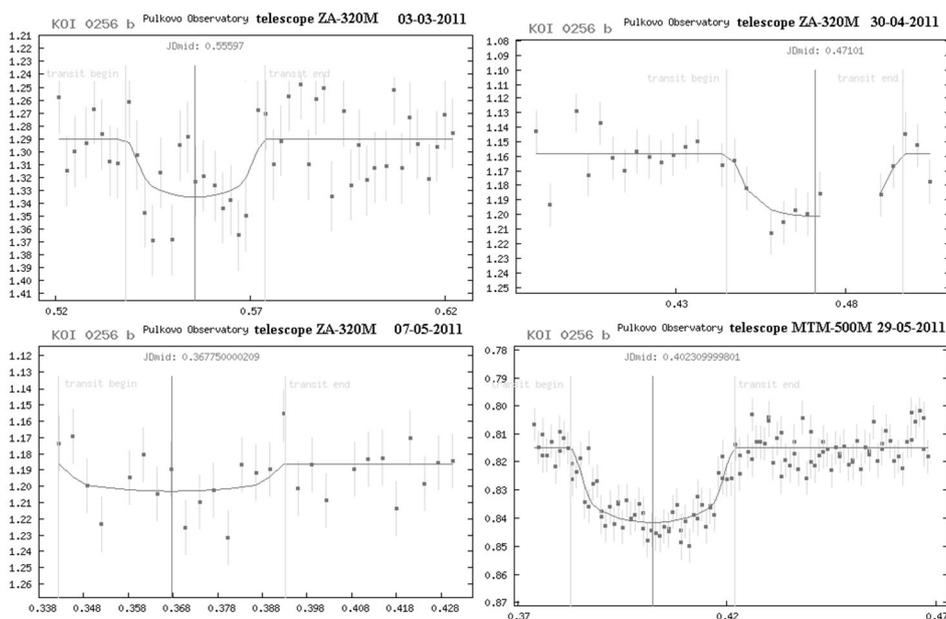


Рис. 2. Кривые падения блеска во время транзита кандидата в экзопланеты KOI 256b, выполненные на телескопах ZA-320M и MTM-500M

Также были обнаружены долгопериодические изменения орбитальных параметров WASP-12b, таких как момент середины транзита и продолжительность транзита (рис. 3).

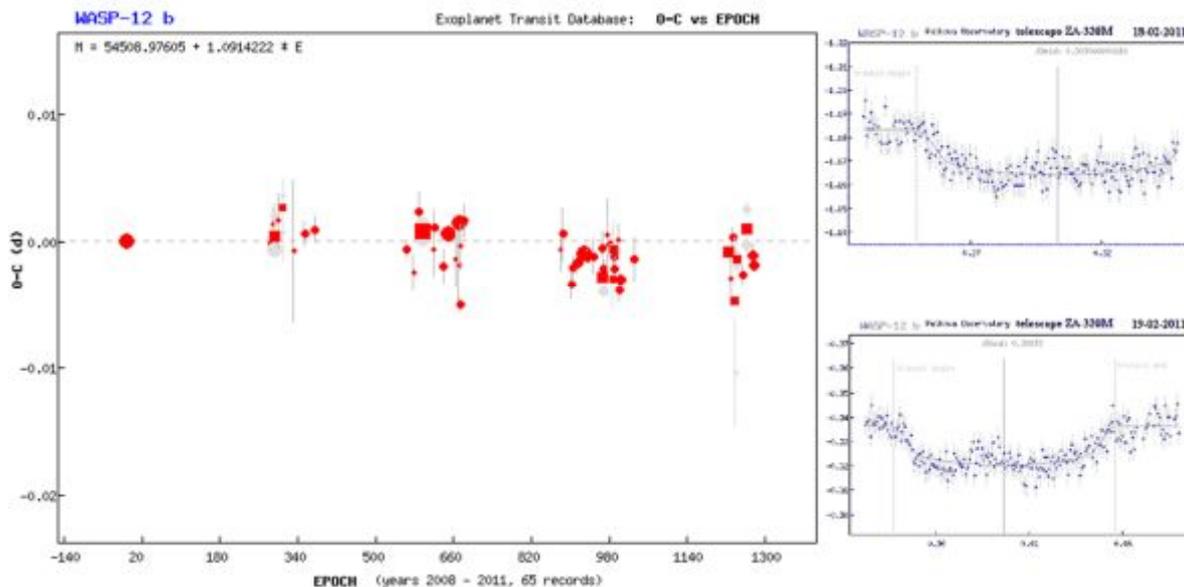


Рис. 3. Зависимость O-C моментов середины транзита WASP-12b от времени (<http://var2.astro.cz/ETD/etd.php?STARNAME=WASP-12&PLANET=b>) и графики кривых блеска, полученных на телескопе ЗА-320М 18 и 19 февраля 2011 года

Список литературы

- Agol E., Steffen J.H., Sari R. et al. 2005, MNRAS, 359, 567.
 Borucki, W. J. and the KEPLER team, 2011, arXiv:1102.0541v1.
 Chan T., Ingemur M., Winn J. N. et al. 2011, arXiv.org/abs/1103.3078.
 Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Куприянов В.В. и др. 2010, Астрон. Вест., 44 (1), с. 68-80.
 Miralda-Escude J. 2002, ApJ, 564, 1019.
 Poddany S., Brat L., & Pejcha O. 2010, New Astronomy, 15, pp. 297-301.
 Соков Е.Н., Верещагина И.А., Гнедин Ю.Н. и др. 2012, Письма в АЖ, принято к печати.



Доклады молодых ученых

Звёзды и туманности

Talks by Young Scientists

Stars and Nebulae

Пересмотренная классификация SBS кандидатов в углеродные звезды включая открытие новой эмиссионной карликовой углеродной звезды

Корин Росси¹, Камо Гигоян², Марине Г. Автандилян³, Сильвия Склави¹

¹ *Department of Physics, University La Sapienza, Piazza A.Moro, 00185 Roma, Italy.*

E-mail: corinne.rossi@uniroma1.it

² *Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО) им. В.А. Амбарцумяна, Бюракан 0213,*

Арагацотн область, Армения. E-mail: kgigoyan@bao.sci.am

³ *Армянский государственный педагогический университет (АГПУ) им. Х. Абовяна, Ереван, Армения*

E-mail: mar_avt@hotmail.com

Резюме. В Общем Каталоге Второго Бюраканского Обзора (SBS) указаны лишь десять объектов в качестве кандидатов в углеродные звезды. Цель данной работы – выяснить природу этих звезд. Мы проанализировали новые оптические спектры, фотометрию и использовали астрономические базы данных. Мы убедились, что две звезды являются гигантами типа N, ранее подтвержденными другими обзорами, обнаружили, что четыре кандидата являются звездами класса M, и подтвердили углеродный характер остальных четырех звезд. Характеристики трех из них соответствуют ранним гигантам типа SN. Четвертый кандидат - SBS 1310+561, оказался звездой с большим собственным движением, который является редким типом углеродных карликов, показывающий эмиссионные линии в оптическом спектре. Мы оценили абсолютные величины и расстояния до углеродного карлика и трех SN звезд.

Ключевые слова. обзоры; звезды; углеродные звезды; индивидуальная SBS 1310+561

Revised classification of the SBS carbon star candidates including the discovery of a new emission-line dwarf carbon star

Corinne Rossi¹, Kamo S. Gigoyan², **Marine G. Avtandilyan**³, Silvia Sclavi¹

¹ *Department of Physics, University La Sapienza, Piazza A.Moro, 00185 Roma, Italy.*

E-mail: corinne.rossi@uniroma1.it

² *V.A. Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia. E-mail: kgigoyan@bao.sci.am*

³ *Armenian State Pedagogical University after Kh. Abovyan, Yerevan, Armenia.*

E-mail: mar_avt@hotmail.com

Abstract. In the General Catalogue of the Second Byurakan Survey (SBS), only ten objects are indicated as carbon star candidates. This work aims at clarifying the nature of these stars. We analyzed new optical spectra and photometry and used astronomical databases available on the web. We verified that two stars are N-type giants already confirmed by other surveys. We found that four candidates are M-type stars and confirmed the carbon nature of the remaining four stars; the characteristics of three of them are consistent with an early CH giant type. The fourth candidate, SBS 1310+561 identified with a high proper motion star, is a rare type of dwarf carbon star showing emission lines in its optical spectrum. We estimated absolute magnitudes and distances to the dwarf carbon star and the three CH stars.

Keywords. surveys – stars: carbon – stars: individual: SBS 1310+561

1. Introduction

This work aims at clarifying the nature of the ten carbon star candidates discovered in the Second Byurakan Survey (SBS; Stepanian 2005). We discuss the characteristics of four new confirmed C-type stars with particular attention to SBS1310+561, which we discovered to be a dwarf carbon star (dC) showing emission lines in the spectrum, making it the most interesting object of this sample.

2. SIMBAD association

Two objects from the ten candidates were already confirmed as N-type giant and have been included in the General Catalogue of Galactic Carbon Stars (GCGCS, Alksnis et al. 2001). Also, two objects were identified with known M-type variables, included in the General Catalogue of Variable Stars (X UMa and AY Dra; Samus et al. 2012). We classified the other two objects as M stars from our recent observations, described below. The remaining four carbon-star candidates were not included in the GCGCS. We clarified their carbon nature and estimated absolute magnitudes.

3. Observations

We observed the four C-star candidates on 18 and 19 January 2010 with the 1.52-m Cassini telescope of the Bologna Astronomical Observatory (Italy) equipped with the Bologna Faint Object Spectrometer and Camera (BFOSC) and EEV P129915 CCD detector in the spectroscopic and photometric (B, V, R Johnson bands) modes. We obtained moderate-resolution spectra for all the stars in the 3700–8500 Å range (grism #4, dispersion 3.9 Å/pixel). All data were reduced by means of standard IRAF procedures.

4. Spectral classification. Luminosities and distances

We classified the four new confirmed SBS carbon stars on the base of the presence of numerous molecular and atomic lines. Our classification is based on the Moderate-Resolution Spectral Atlas of Carbon Stars, presented by Barnbaum et al. (1996).

Three objects are classified as CH-type carbon stars.

The most interesting object is SBS 1310+561 (proper motion = 160 mas/yr), which shows a number of differences compared to other stars. The NaD doublet is very strong. The object shows very strong CaH bands at 6382 Å (a good low-luminosity indicator, see Margon et al. 2002). This object

was classified as a dwarf carbon (dC) star. To estimate the approximate value of the distance for SBS 1310+561, we assume $+6.1 < M(K_s) < +6.6$ for carbon dwarfs(see Lowrance et al. 2003). With the observed $K_s = +10.80$ mag, the distance modulus is then $4.2 < DM < 4.7$ and the distance range, $70 \text{ pc} < d < 87 \text{ pc}$. To compute the absolute magnitudes $M(K)$ and the distances to the three new confirmed SBS CH stars, presented in Table 1, we used the empirical fitting formula from Totten et al (2000).

Table 1. Absolute K magnitudes and distances to the three CH giants.

SBS number	M(K)	d
	<i>mag</i>	<i>kpc</i>
0759+533	-4.9	10
1543+555	-5.8	20
1701+555	-4.3	20

5. Summary and conclusions

We presented moderate resolution CCD spectra and new photometric data for four SBS candidate C stars. Spectra and colours are consistent with early CH-type classification. The most important result is the discovery that SBS1310+561 belongs to the small group of dwarf carbon stars. In spite of the limited sample, we could verify the increasing evidence that spectroscopy or colours alone are inconclusive as luminosity discriminants for CH stars. In fact, only the high proper motion, and possibly the strength of the red CaH bands, lead to the conclusion that SBS1310+561 is a main-sequence star, an extremely rare case of a dwarf carbon star showing Balmer and Ca II lines in emission.

References

- Alksnis, A., Balklavs, A., Dzervitis, U., et al. 2001, *Baltic Astronomy*, 10, 1
- Barnbaum, C., Stone, R.P.S., & Keenan, P.C. 1996, *ApJS*, 105, 419
- Lowrance, P., Kirkpatrick, J.D., Reid, I.N., et al. 2003, *ApJ*, 584, L95
- Margon, B., Anderson, S.F., Harris, H.C., et al. 2002, *AJ* 124, 165
- Samus, N.N., Durlevich, O.V., Kazarovets, E.V., et al. 2012, *General Catalogue of Variable Stars (GCVS Database, Version 2012 Jan.)*, CDS B/gcvs
- Stepanian, J.A. 2005, *Rev. Mex. Astron. Astrofis.* 41, 155
- Totten, E.J., Irwin, M.J., & Whitelock, P.A. 2000, *MNRAS* 314, 630

Наблюдения с помощью Киевского меридианного осевого круга

Анастасия Золотухина

Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Украина

E-mail: nastya@mao.kiev.ua

Резюме. Киевский меридианный осевой круг (КМОК) является меридианным рефрактором ($D=180$ мм, $F=2.3$ м). Инструмент использовался для наблюдений звездных полей в направлении объектов ICRF, а в настоящее время применяется для астрометрического обзора экваториальной зоны. Начиная с марта 2001 г., проводилась программа наблюдений звездных полей с внегалактическими радиоисточниками, которая уже завершена. Целью программы астрометрического обзора является определение положений, собственных движений, звездных величин и показателей цвета V-R слабых звезд в экваториальных зонах.

Observations with Kyiv Meridian Axial Circle

Anastasiya Zolotukhina

Main Astronomical Observatory of Ukrainian NAS, Ukraine

E-mail: nastya@mao.kiev.ua

Abstract. The Kyiv meridian axial circle (MAC) is a meridian refractor ($D=180$ mm, $F=2.3$ m). This instrument was used for observations of star fields in the direction of ICRF objects and, currently, for the equatorial zone astrometric survey. Since March 2001 we have started the program of observations of star fields with extragalactic radio-sources, which is now completed. The purpose of the astrometric survey program is to determine positions, proper motions, magnitudes and V-R colours of faint stars in the equatorial zones.

Распределения параметров визуальных двойных с учетом эффектов селекции и их применение для определения начальной функции масс звезд

Анастасия Исаева¹, Дмитрий Трушин²

1 - ГАИШ МГУ, Россия, E-mail: Is.stasya@yahoo.com

2 - Физический факультет МГУ, Россия, E-mail: dmitrytru@mail.ru

Резюме. Определение начальной функции масс (НФМ) звезд - одна из фундаментальных проблем астрономии. В настоящее время опубликовано несколько НФМ, показывающих иногда существенные различия, особенно в области малых масс. В работе предлагается методика проверки НФМ, опирающаяся на сравнение наблюдаемых распределений двойных систем по разнице блесков компонентов с моделями, основанными на различных предположениях об истории звездообразования (в частности, о форме НФМ). Прежде всего, необходимо получить корректные распределения двойных звезд по различным наблюдаемым параметрам. Для этого требуется учесть многочисленные эффекты селекции. Кроме того, при анализе нескольких (в особенности - компилятивных) каталогов необходимо также принимать во внимание степень независимости представленных в них данных. В работе было исследовано три самых представительных каталога визуальных двойных (WDS, CCDM и TDSC). Были получены, поправлены за эффекты селекции и интерпретированы распределения каталогизированных систем по важнейшим наблюдательным параметрам, в том числе угловому расстоянию и разнице блесков компонентов. Предложены возможные объяснения для рассогласования некоторых результирующих распределений (в частности, звезд каталога TDSC со звездами двух других каталогов). Для получения модельных распределений была написана программа, имитирующая ансамбль двойных систем при различных предположениях об истории звездообразования (в частности, о форме НФМ). В ней задаются различные начальные распределения, учитывается звездная эволюция, рассчитываются наблюдаемые параметры двойных систем, и строятся распределения систем по интересующим параметрам. В работе приведено сравнение модельных и наблюдаемых распределений, и, на основании значений критерия согласования Пирсона, сделаны выводы о применимости наиболее популярных теоретических НФМ и различных подходов к заданию истории звездообразования.

Ключевые слова: звёзды: двойные – звёзды: формирование

Distributions of parameters of visual binaries with respect to selection effects and their application the initial mass function stellar initiation mass function determination.

Anastasia Isaeva¹, Dmitry Trushin²

1 - Sternberg Astronomical Institute (SAI), MSU, Moscow, Russia, E-mail: Is.stasya@yahoo.com

2 - Faculty of Physics, MSU, Russia, E-mail: dmitrytru@mail.ru

Abstract. Determination of the initial mass function (IMF) of stars is one of the fundamental problems of astronomy. Currently, there is a number of IMF published in literature, which show significant differences, especially at low masses. This paper proposes a method for checking the IMF based on the comparison of the observed distributions of the components magnitude difference and models based on different assumptions about the history of star formation (in particular, the structure of the IMF). First, we obtain from catalogues distributions of binaries along various parameters and correct them for selection effects. In particular, it is necessary to take into account an independence of data in various compiled catalogues. We investigate three catalogues of visual binaries (WDS, CCDM and TDSC). We study and correct for selection effects distributions of observed parameters of binaries and interpret them. We suggest possible explanations for the discrepancy of some of the resulting distributions (in particular, the stars in the catalog TDSC with the stars of two other catalogues). A code to obtain model distributions, compiled by the authors, simulates an ensemble of binaries for different assumptions about the history of star formation. Consequent stellar evolution then changes initial distributions. Distributions of observed parameters (component mass ratio, component magnitude difference) of binary systems are simulated and compared with empirical data. Based on Pearson matching criterion, we make conclusions about the applicability of the most popular theoretical IMF and various approaches to the history of star formation modeling.

Keywords. stars: binaries – stars: formation

Введение

Начальная функция масс звезд описывает распределение количества звезд по их начальной массе. Масса — одна из основных характеристик звезд. Для моделирования больших звездных ансамблей (таких как скопления или галактики) необходима информация об НФМ. Так же, зная НФМ мы можем судить о процессах звездообразования.

В 1955 г. Солпитер исследовал функцию светимости звезд поля и показал, что начальную функцию масс можно представить в виде степенного закона: $f(M) = M^{-2.35}$ (Salpeter 1955). Логонормальная начальная функция масс, полученная Миллером и Скало в 1979 году, имеет вид: $f(\log(M)) = C_0 \exp(-C_1(\log(M) - C_2)^2)$ где $C_1 = 1,09$, $C_2 = 1,02$. Дальнейшие исследования не внесли ясности в форму НФМ, особенно в диапазоне малых масс.

Проблема состоит в том, что получение НФМ непосредственно из звездных подсчетов затруднительно, т.к. нет достаточного количества звезд, для которых можно измерить или вычислить массу с необходимой точностью. Знание НФМ позволяет нам судить о процессах звездообразования и моделировать большие звездные ансамбли.

Исследование наблюдательных данных

Из огромного объема наблюдательных данных мы выбрали для рассмотрения несколько каталогов визуальных двойных:

- Catalog of Components of Double & Multiple stars (CCDM, Dommanget & Nys 2002)
- Tycho Double Star Catalogue (TDSC, Fabricius et al. 2002)
- The Washington Visual Double Star Catalog (WDS, <http://ad.usno.navy.mil/wds/>)

Прежде чем говорить о распределениях звезд по различным параметрам, а также об эффектах селекции в каталогах двойных звезд, необходимо рассмотреть пространственное распределение звезд по небесной сфере. В каталогах WDS, CCDM и TDSC была обнаружена концентрация звезд к некоторым выделенным значениям склонения δ . Причина их появления следующая: эти области были тщательно исследованы рядом наблюдателей визуальных звезд в узкой полосе неба по склонению. Эти наблюдения, наряду с наблюдениями других авторов, были включены в компилятивные каталоги визуальных двойных CCDM, WDS.

Включение в рассмотрение наблюдений этих авторов будут искажать пространственные распределения визуальных двойных. Для задачи об эффектах селекции такие неоднородности по склонению не играли бы никакой роли, если бы не было обнаружено, что в этих пиках по склонению присутствует большое количество очень широких пар. Это означает, что по крайней мере часть наблюдателей из таб. 1 включали в статистику

оптические пары (такие пары для наших исследований не годятся). Кроме того, Poveda et al (1982) указали, что наблюдатель Smart включал в статистику в основном оптические пары.

Таблица 1. Наблюдения в полосах по склонению.

Пик по склонению на:

delta +38:	ALI	Ali1949	Ali, A.
delta +38:	ES	Es_1901	Espin, T.E.
delta +38:	SEI	Sei1908	Scheiner, J
delta +24:	POU	Pou1933	Pourteau, M.
delta +2:	BAL	Bal1924	Baillaud, R.
delta +56:	STI	Sti1932	Stein, J.
delta -20:	ARA	Ara1961	Aravamudan, S.
delta -62:	JSP	Jsp1935	Jessup, M.K.

Каталог TDSC оказался неоднородным: это видно из неоднородного распределения звезд по склонению. Как выяснилось (Claus Fabricius, частное сообщение) 13251 визуальных двойных, открытых миссией Tycho (спутник Hipparcos), были скомбинированы с 18160 звезд из каталога WDS, идентифицированных в каталоге Tycho-2 а также с 1220 звездами каталога Tycho-2.

Кроме этого в каталоге TDSC наблюдается большая концентрация звезд к ± 47 градусам эклиптической долготы, где велико количество наблюдений приходящихся на звезду. (C. Fabricius et al, 2002, Fig.2)

Эффекты селекции можно разделить на две части: ограничение по блеску и ограничение по угловому расстоянию (ρ). Ограничение по блеску зависит от проникающей силы телескопа (т.е., предельной звездной величины); ограничение по угловому расстоянию связано с разрешающей способностью телескопа (снизу) и наличием оптических пар (сверху).

Эффект селекции, возникающий из-за оптических пар, был рассмотрен выше. За минимальную разрешающую способность примем $0.1''$ – величину, характерную для телескопов с апертурой около 1 м., использующихся наблюдателями визуальных двойных (см., например, Vereshchagin et al. 1988).

Для определения звездной величины полноты каталогов мы построили распределение главных и вторичных компонентов для каталогов CCDM, WDS и TDSC (рис.1)

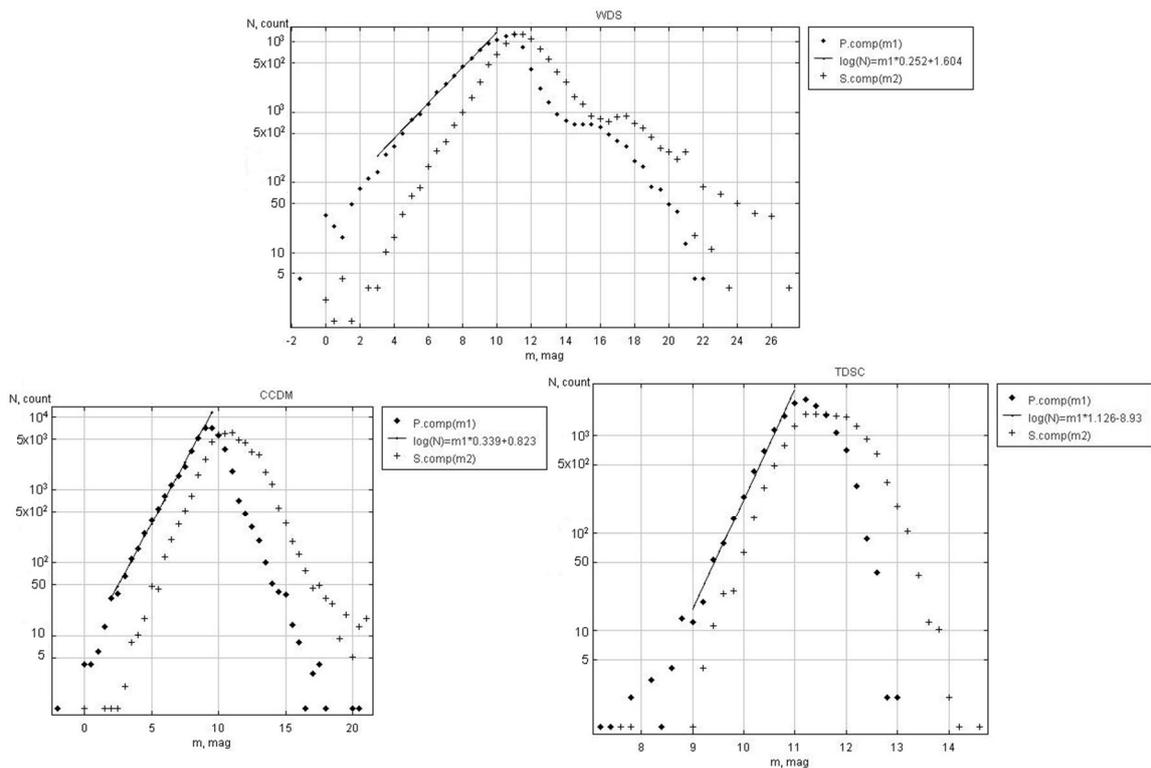


Рис.1. Распределение главных и вторичных компонентов по звездной величине для каталогов WDS, CCDM и TDSC

Из данных диаграмм видно, что каталоги можно считать полными до $m_{v2} \approx 10,25^m$ для WDS,
 $m_{v2} \approx 11^m$ для TDSC;
 $m_{v2} \approx 9^m$ для CCDM.

Для дальнейшего исследования из каталогов мы взяли только те пары, блеск **вторичного** компонента которых был не ниже соответствующего значения m_{v2} .

Таким образом, распределения по угловому расстоянию и разнице блесков компонентов (Δm), поправленные за рассмотренные выше эффекты селекции, имеют вид, соответственно:

Из рис.2 и 3 можно видеть, что распределения по ρ и Δm звезд каталогов WDS и CCDM сходны и, в первом приближении, могут быть аппроксимированы уравнениями:

$$Y_1 = A - 0.4\rho + 0.56 \rho^2 - 0.19 \rho^3$$

$$Y_2 = B - 0.38\Delta m$$

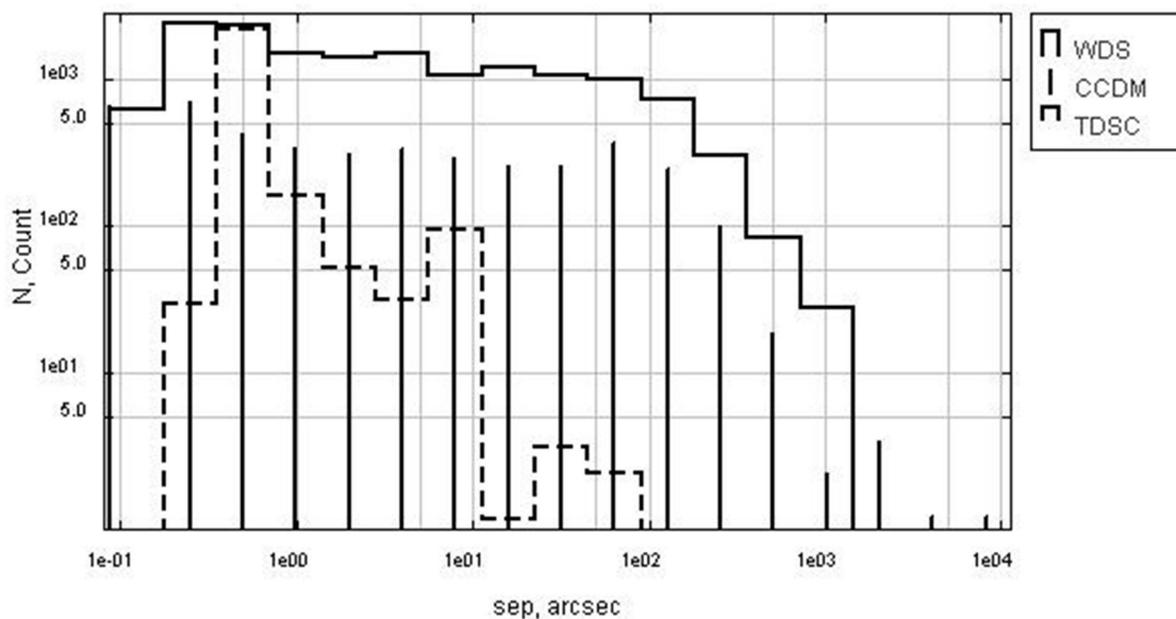


Рис.2. Распределение звезд каталогов по угловому расстоянию, исправленное за эффекты селекции.

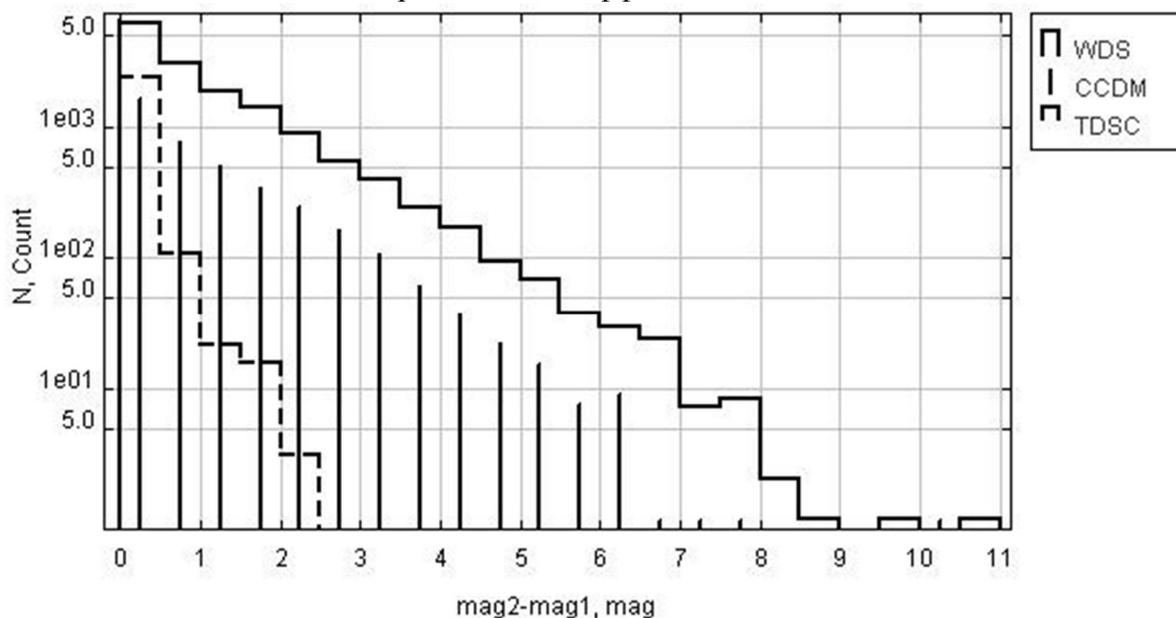


Рис.3. Распределение звезд каталогов по разнице блесков компонентов, исправленное за эффекты селекции.

Получение начальной функции масс

Для получения модельных распределений была написана программа, имитирующая ансамбль двойных систем при различных предположениях об истории звездообразования (в частности, о форме НФМ). В ней задаются различные начальные распределения, учитывается звездная эволюция, рассчитываются наблюдаемые параметры двойных систем, и строятся распределения систем по интересующим параметрам.

Свободные параметры, такие как массы компонентов, расстояние до системы, возраст, большая полуось, эксцентриситет и положение орбиты в пространстве задаются исходя из введенных в программу распределений.

Остальные параметры (отношение масс, период, угловое расстояние, эволюционная стадия, светимость, температура, звездная величина) вычисляются из свободных. Свободные параметры можно выбрать разными способами, поэтому существуют различные сценарии задания масс компонентов:

- Random Pairing (RP). Массы задаются независимо с использованием распределения $f(m)$.
- Primary Constrained Random Pairing (PCRP). Масса главного компонента задается распределением $f(m)$ [M_{min} ; M_{max}], масса вторичного компонента - так же из $f(m)$, но [M_{min} ; M_1].
- Primary-Constrained Pairing (PCP). Задается масса главного компонента с использованием $f(m)$. И отношение масс с помощью $f(q)$.
- Split-Core Pairing (SCP). Задается полная масса системы из распределения $f(m)$ и отношение масс из распределения $f(q)$.
- Mass Constrained Pairing (MCP). Задается полная масса системы из распределения $f(m)$ и масса главного компонента так же из распределения $f(m)$.
-

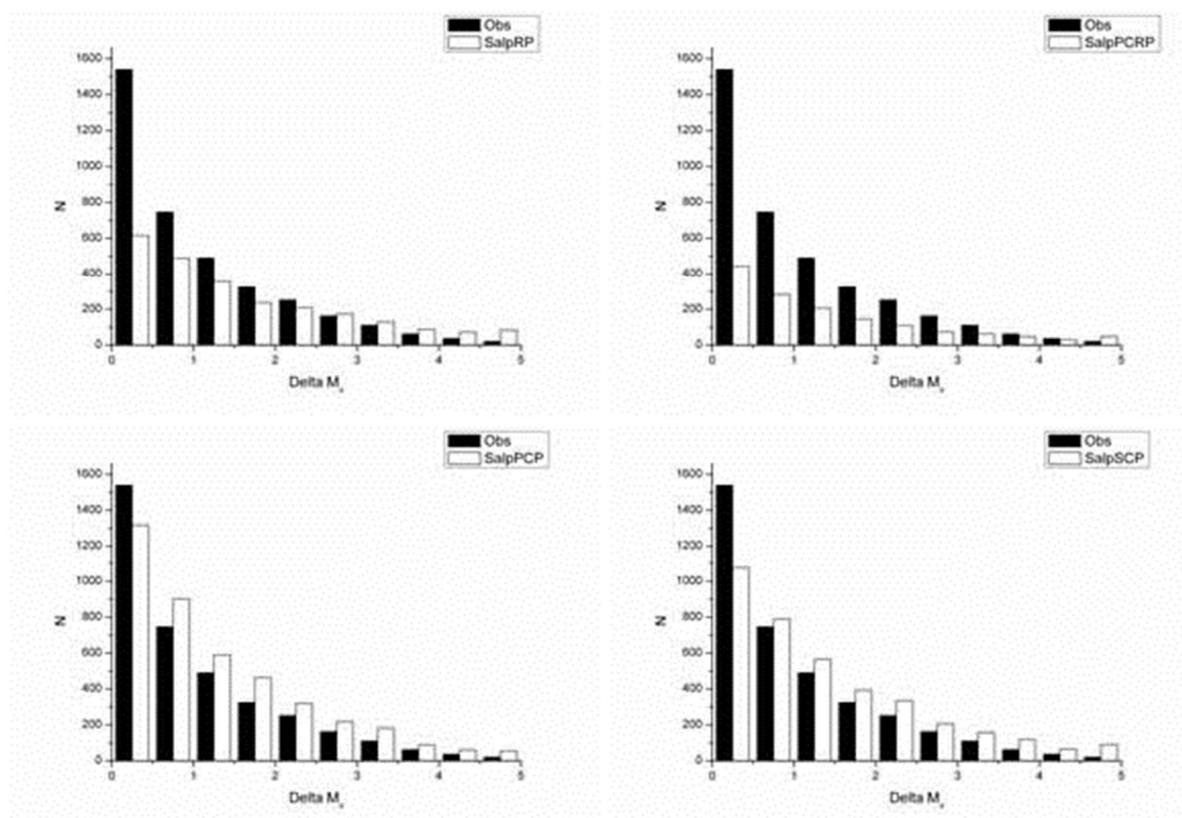


Рис.4. Сравнение наблюдаемого распределения (“Obs”, данные взяты из каталога CCDM) с распределениями, вычисленными с различными подходами введения НФМ для функции масс Солпитера. Распределение нормировано на количество звезд.

Часть этих сценариев была предложена в работе Kouwenhoven et al, 2008.

В трех последних случаях существует вероятность того, что масса одного или обоих компонентов окажется вне интервала масс $[M_{min}; M_{max}]$. В таком случае возможно несколько подходов:

- переразыгрываются оба распределения $f(m)$ и $f(q)$. (PCP1, SCP1, MCP1)
- переразыгрывается одно из распределений. (PCP2, SCP2, MCP2)
- система считается одиночной звездой и в дальнейшем не рассматривается.

Можно видеть, что распределения по Δm , полученные в соответствии с различными перечисленными выше сценариями, отличаются:

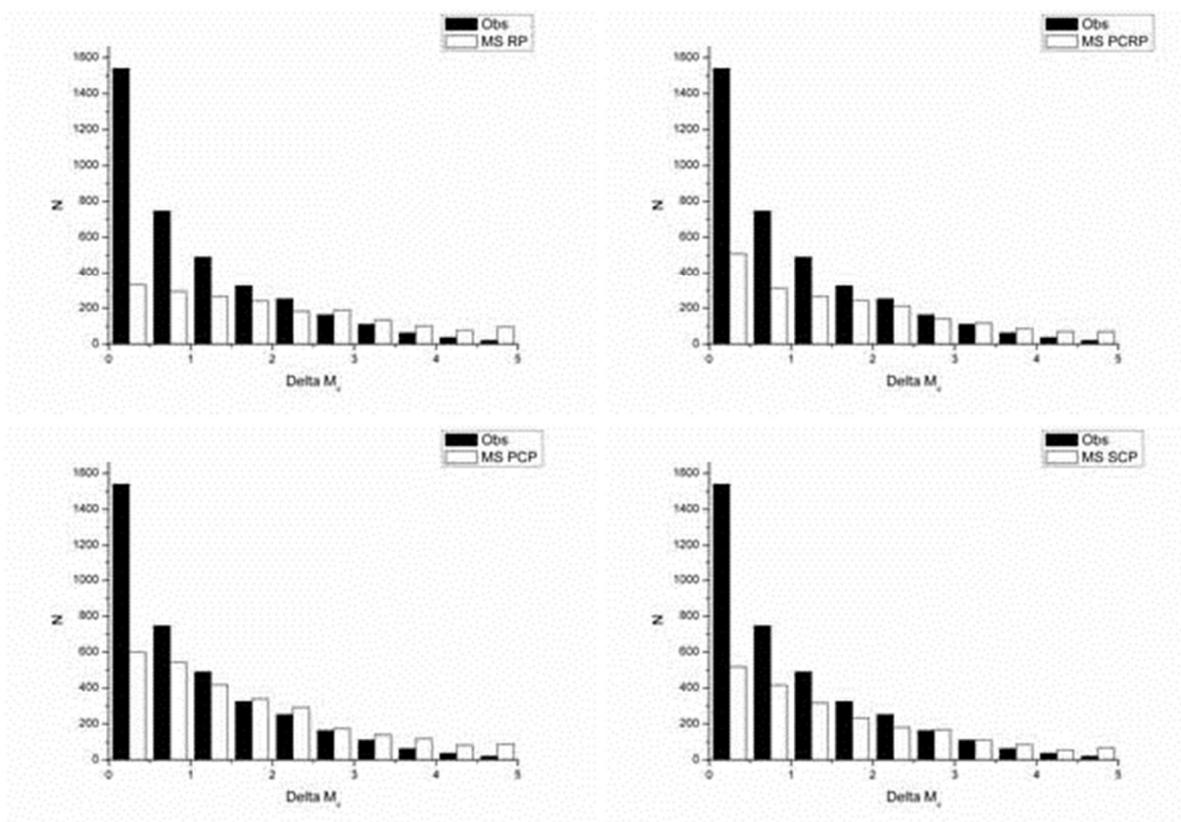


Рис. 5. Сравнение наблюдаемого распределения (“Obs”, данные взяты из каталога CCDM) с распределениями, вычисленными с различными подходами введения НФМ для функции масс Миллера-Скало. Распределение нормировано на количество звезд.

Обсуждение результатов

Как видно из рис. 4 и рис. 5 расчетные распределения слишком медленно убывают по сравнению с наблюдаемыми. Но в целом распределение Солпитера лучше коррелирует с наблюдаемыми распределениями. При этом для распределения Солпитера предпочтительней сценарий РСР, как впрочем и для функции масс Миллера-Скало.

Благодарности

Мы благодарим Чулкова Дмитрия и Малкова Олега за ценные замечания.

Список литературы

- Dommanget J., Nys O. 2002, *Observations et Travaux* 54, 5
Fabricius C., Hog E., Makarov V.V., Mason B.D., Wycoff G.L. Urban S.E. 2002, *A&A* 384, 180
Poveda A., Allen C., Parrao L. 1982, *ApJ* 258, 589
Vereshchagin S., Kraicheva Z., Popova E., Tutukov A., Yungelson L. 1988, *ApSS* 142, 245
Salpeter E.E., 1955 *ApJ* 121, 161
Miller G.E., Scalo G.M., 1979 *ApJS* 41, 513

Исследование углеродных звёзд с помощью Шмидтовского телескопа в Балдоне

Илгмарс Эглитис (ilgmars@latnet.lv), Элина Казиня (elina.kazina@inbox.lv)

Институт астрономии, Университет Латвии, Латвия

Резюме. При сравнении положений звезд каталога 2MASS с положениями всех углеродных звезд каталога CGCS найдено 6620 общих объектов (96%). С учетом результатов исследований углеродных звезд в Большом Магеллановом Облаке, а также абсолютных величин звезд классов R и N, рассчитаны значения поглощения и расстояния для звезд выборки на основе трехмерной модели распределения межзвездной пыли. В проекции на плоскость Галактики выборка покрывает область радиусом 30 кпк вокруг Солнца, показывает значительный дефицит углеродных звезд в секторе с раскрытием 50° в направлении галактического центра, а также умеренный дефицит в направлении антицентра на расстояниях свыше 5 кпк. Ясно видны две ближайшие спиральные ветви, а также кажущиеся пустоты на галактических широтах 65° , 80° , 260° , 280° при расстояниях свыше 1 кпк, обусловленные плотными пылевыми облаками. Изучено распределение показателей цвета углеродных звезд. Составлен список потенциальных углеродных звезд. Спектральные исследования потенциальных углеродных звезд с помощью Балдонского телескопа Шмидта с 4° объективной призмой завершены для $\delta > 60^\circ$ и сейчас продолжаются в зоне $55^\circ < \delta < 60^\circ$. Анализ спектров низкого разрешения для 191 углеродных звезд продемонстрировал возможность определения эффективных температур C-звезд с точностью ± 350 К.

Ключевые слова: звёзды: углеродные

Investigations of carbon stars with Baldone Schmidt telescope

Ilgmars Eglitis (ilgmars@latnet.lv), **Elina Kazina** (elina.kazina@inbox.lv)

Institute of Astronomy, University of Latvia, Raina bulv. 19, Riga, LV-1586, Latvia

Abstract. Comparing star positions from the 2MASS catalog to those for all carbon stars from the CGCS, 6620 common objects (96%) have been found. Taking into account the results of research of C stars in the Large Magellanic Cloud, absolute magnitudes of R- and N- type stars, extinctions and distances for the sample stars have been calculated relying on a three-dimensional model of interstellar dust distribution. In a projection on the Galactic plane, the sample covers a region with 30 kpc radius around the Sun and demonstrates a large deficiency of carbon stars in the 50° sector towards the Galactic center and a moderate deficiency in the anticenter direction beyond 5 kpc. The two nearest spiral arms are evident as well as apparent voids at Galactic longitudes 65° , 80° , 260° , 280° beyond 1 kpc caused by dense dust clouds. The distribution of C-star color indices was investigated. A list of potential carbon stars was created. Spectral investigations of potential carbon stars with the Baldone Schmidt telescope equipped with a 4° objective prism was completed for $\delta > 60^\circ$ and now continues in the $55^\circ < \delta < 60^\circ$ zone. Our analysis of low-resolution spectra of 191 carbon stars shows that it is possible to determine effective temperatures of C stars with an accuracy of ± 350 K.

Keywords. stars: carbon

The photometric investigations of carbon stars in the near IR region are very important because the predominant part of their radiation is concentrated there. Also, interstellar extinction in IR is significantly lower than in the visual spectral region. Extremely important are the extensive IR photometric surveys which can be used to gain insight into the properties of the general population of carbon stars. Also, there is noticeable interest in the distribution of the disk C-stars on the Galactic plane and its possible connections with spiral arms.

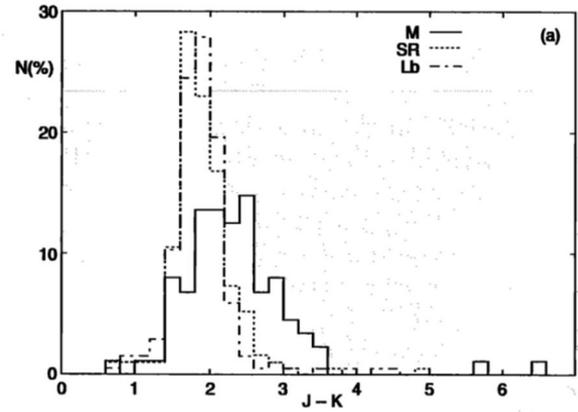
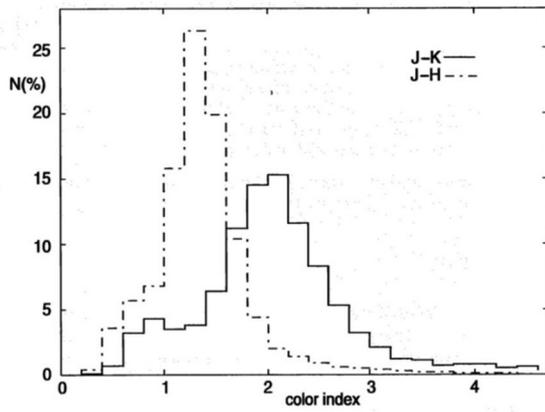
Known C-stars were identified in 2MASS and then investigated some statistical properties of their IR magnitudes and color indices, as well as their space distribution.

To identify known C-stars in the 2MASS catalog, the General catalog of Galactic Carbon Stars was used. The circles with 5' radius around all position in the CGCS have been examined. Such number was chosen, because excluding misprints and rough mistakes in the source list, errors in the CGCS did not exceed this value. The selection was based on the proximity of the positions and on the values of magnitudes and color indices. From 6891 CGCS stars 6620 (or 96%) have been identified.

All the J, H and K magnitudes analyzed relate to the 2MASS catalog. The distribution of the observed color indices J-K and J-H for the sample stars is shown on figure. The maximum number of stars corresponds to 1.2 for J-H and 2.15 for J-K mag and the distribution functions drop below 1% at 2.4 and 3.6 mag, respectively. The distribution of the J-K is broader and bimodal, having a local minimum at 1.2 mag. This minimum can be treated as a separation between warm (R-type and CH- type) and cool (N-type) carbon stars.

The number distributions of J-K color indices between different type of variability of these stars are compared on the graphs. It is evident that carbon of all type of variability overlap considerably, especially in the 1.3-1.8 mag range.

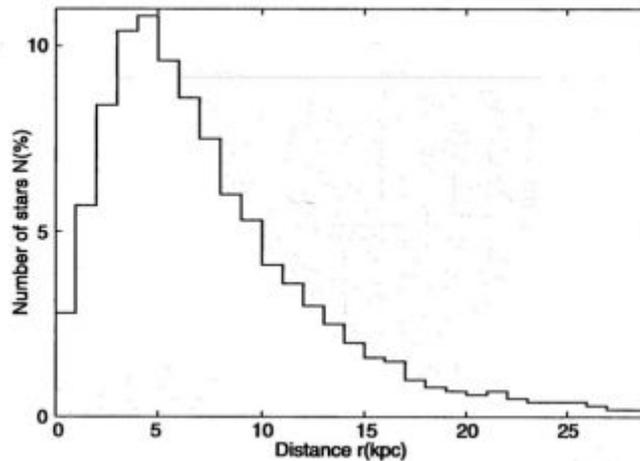
Magnitudes and color indices have been corrected for the interstellar extinction and reddening according to the 3-D model (Arenou et.al, 1992) of interstellar dust distribution. There all sky were divided into 199 areas, and in each area the visual extinction A_v , found from hot stars, star clusters and other distance and extinction indicators, as a function of the distance is approximated by the quadratic polynomial. To calculate the extinction in the J, K and H passbands, the formula seen on slide was used. Also used values are seen. The distribution of calculated extinction A_k values for the sample carbon stars is seen on figure.



The distance was calculated solving iteratively by the tangent method the equation,

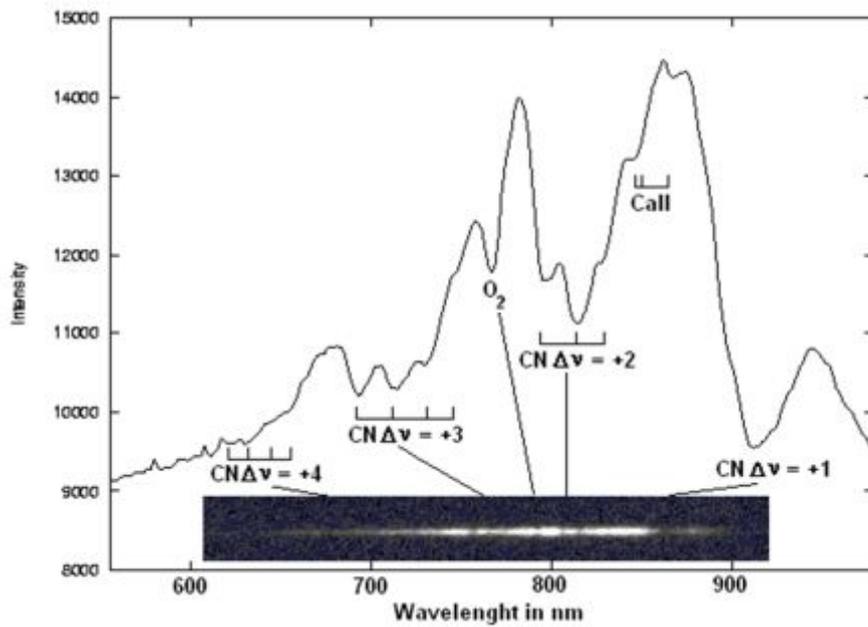
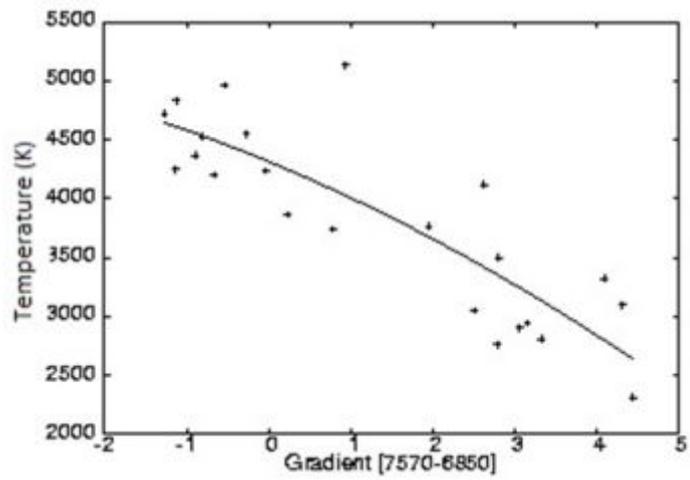
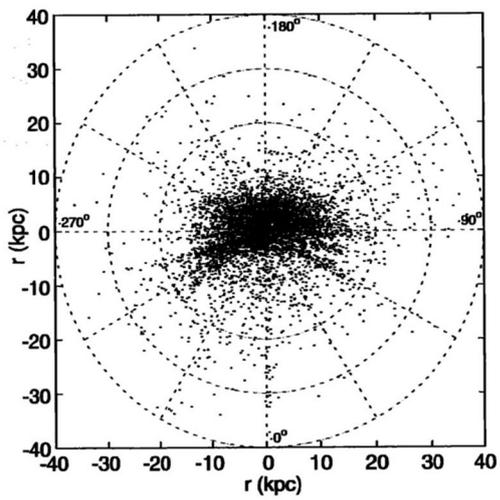
$$M_K - m_K + 5 \log r + A_K(\ell, b, r) + 10 = 0 \quad (r \text{ in kpc})$$

extinction A_K calculated, as explained previously. The distribution of the calculated distances is plotted in figure. It is evident that the spatial density maximum of the CGCS C-stars is at 4.5 kpc, but there are stars, reaching at 40 kpc.



There is some interest in the distribution of the disk C-stars on the Galactic plane and its possible connection with spiral arms. Taken in the global scope, the distribution has a form of distorted oval with the long axis directed from 90° to 270° . Such form of distribution is mainly predominated by the positions of absorbing clouds. Especially, this is the cause of a vast void in the longitude sector from 310° to 55° including the galactic center.

Among other investigations, by analysis of low-resolution spectra of many c-stars, a special program has been developed that allows analyzing photometric data of existing objects in 2MASS catalog and marking the potential C-stars.



Also, by analyzing the relation between the T_{eff} by Bergeat et.al (2001) and gradient [7570-6850] of 191 C-stars, it can be shown that the determination of the effective temperature is in ± 350 K precision.

At the moment, investigation of potential C-stars is in progress at $55^\circ - 60^\circ$. Previous zone is completed for delta-values $60^\circ - 90^\circ$.

References

1. Eglitis, I., Dzervitis, U. 2005, Baltic Astronomy, vol. 14, 167-178
2. Arenou, F., Grenon, M., & Gomez, A. 1992, *Astron. Astrophys.* 258, 104-111
3. Bergeat, J., Knapik, A., Rutily, B. 2001, *A&A* 369, 178-209

Моделирование кривых блеска рентгеновских Новых

Константин Л. Маланчев¹ (malanchev@physics.msu.ru), Александр В. Мещеряков²
(mesch@iki.rssi.ru), Николай И. Шакура¹ (nikolai.shakura@gmail.com)

*1 – Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва,
Россия, 2 - ИКИ РАН*

Резюме. В рамках модели нестационарной дисковой аккреции на релятивистские звёзды исследуются кривые блеска рентгеновских Новых на их ниспадающих частях. На первой стадии аккреции водород полностью ионизован во всём диске, и размер диска постоянен. Примерно через 30÷70 дней после максимума рентгеновской светимости диска на его внешнем крае возникает зона с частично ионизированным водородом. В этой зоне появляется конвекция в направлении, перпендикулярном радиусу диска, которая эффективно увеличивает вязкость и темп аккреции, на кривой блеска образуется вторичный пик. На данном этапе граница, отделяющая зону полной ионизации водорода от зоны с нейтральным водородом, начинает смещаться внутрь по радиусу диска. Характер спада кривой блеска изменяется. Результаты расчетов удовлетворительно объясняют данные наблюдений.

Ключевые слова: аккреция, аккреционные диски, рентген: двойные

Modeling of Light Curves of X-ray Novae

Konstantin L. Malanchev¹ (malanchev@physics.msu.ru), Alexander V. Meshcheryakov²
(mesch@iki.rssi.ru), Nikolay I. Shakura¹ (nikolai.shakura@gmail.com)

*1 – Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow University, Moscow, Russia, 2 - ИКИ
RAS*

Abstract. We study descending light-curve branches of X-ray Novae in the model of non-stationary disk accretion on relativistic stars. At the first accretion stage, hydrogen is completely ionized in the whole disk, and the disk size is constant. After some 30÷70 days after the X-ray luminosity maximum of the disk, a zone is formed at its outer edge where hydrogen is partially ionized. Convection in the direction perpendicular to the disk radius appears in this zone, which effectively increases viscosity and the accretion rate; the light curve exhibits a secondary peak. At this stage, the boundary between the zone of completely ionized hydrogen and the zone of neutral hydrogen begins to move inward, along the disk radius. The character of decline on the light curve changes. Our computations explain observations satisfactorily.

Keywords: accretion, accretion disks, X-rays: binaries

Введение

Рентгеновские Новые – тесные двойные системы с релятивистским объектом (черная дыра или нейтронная звезда) и маломассивной звездой-компаньоном, заполняющим свою полость Роша (см. обзоры Черепашук 2000 и Чен и др. 1997). Дискковая аккреция вещества в рентгеновских Новых происходит в нестационарном режиме. Механизм запуска нестационарной дискковой аккреции в рентгеновских Новых всё ещё остаётся загадочным. Нетривиальной также выглядит рентгеновская кривая блеска. На первой стадии происходит быстрый рост рентгеновского потока до максимума (5÷10 дней), затем начинается стадия более медленного квазиэкспоненциального спада потока с характерным временем порядка 20÷30 дней. Примерно через 30÷70 дней на кривой блеска появляется небольшой вторичный пик с последующим более быстрым, по сравнению с предыдущей стадией, спадом потока.

В работе Липуновой и Шакуры (2003) появление вторичного пика на кривой блеска рентгеновской Новой объясняется скачкообразным увеличением вязкости в аккреционном диске вследствие появления на внешнем крае диска конвективной зоны. Появление конвективной зоны происходит одновременно с рекомбинацией водорода во внешних областях аккреционного диска. Увеличение параметра вязкости в зоне с конвекцией приводит к увеличению темпа аккреции в диске, в результате чего на кривой блеска формируется вторичный пик. Настоящая работа численно развивает автомодельное решение задачи, полученное в работе Липуновой и Шакуры (2003), для объяснения наблюдаемой кривой блеска классической рентгеновской Новой A0620-00 на временном интервале до 90 дней. Численные расчеты спада рентгеновского блеска на стадии до вторичного пика были проведены Сулеймановым и др. (2008).

Модель

В качестве модели аккреционного диска используется классическое приближение геометрически тонкого ($H/R \ll 1$) аккреционного диска Шакуры-Сюняева (1973). Вязкость задается параметром α так, что компонента тензора вязких напряжений, проинтегрированная по толщине диска, равна $W_{R\Omega} = \int \alpha p dz$, здесь p — газовое давление в диске. Гравитационное поле рассматривается в ньютоновском приближении. Это приближение не работает вблизи релятивистского центрального объекта, однако характер поведения кривой блеска определяется диском в целом, а большая часть его массы располагается вдали от чёрной дыры, где ньютоновское приближение достаточно точно описывает гравитационное поле.

Эволюция радиальной структуры аккреционного α -диска со временем описывается нелинейным уравнением диффузии (Липунова, Шакура, 2000):

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} = \frac{1}{2} \frac{(GM_{bh})^2}{h^3} \frac{\partial^2 F}{\partial h^2},$$

где $\Sigma = \int \rho dz$ — полная поверхностная плотность на данном радиусе, $2\pi F = 2\pi W_{R\Box} R^2$ — полный момент вязких сил, действующий между соседними слоями, M_{bh} — масса чёрной дыры, G — гравитационная постоянная, $h = \sqrt{GM_{bh} R}$ — кеплеровский угловой момент. В этой задаче именно h является удобной радиальной координатой. Поверхностная плотность в данном уравнении является функцией времени и радиальной координаты. Имеется однозначная функциональная связь между поверхностной плотностью на данном радиусе и моментом вязких сил, которая определяется из численного решения уравнений вертикальной структуры диска на данном радиусе (Мещеряков и др., 2011). В переменных h, t темп аккреции $\dot{M}(h, t)$ определяется из соотношения:

$$\dot{M}(h, t) = -2\pi \frac{\partial F}{\partial h}$$

Для решения нелинейного дифференциального уравнения необходимо задать начальное условие и два граничных условия:

$$F(h_{in}) = 0, \\ \frac{\partial F(h_{out})}{\partial h} = -\frac{\dot{M}(h_{out})}{2\pi} = 0$$

где h_{in} — угловой момент на внутреннем радиусе диска, совпадающем с радиусом последней устойчивой орбиты, h_{out} — угловой момент на внешнем радиусе диска R_{out} . До второго скачка аккреционный диск полностью ионизован и его радиус считался равным 80% от размера полости Роша компактного объекта (Эгглтон, 1983):

$$\frac{R_{out}}{a} = \frac{4}{5} \frac{0.49 q^{2/3}}{0.6q^{2/3} + \ln(1+q^{1/3})},$$

где $q = M_{bh}/M_{opt}$ — отношение масс компонент системы, a — расстояние между компонентами двойной системы, вычисляемое по третьему закону Кеплера:

$$a = \sqrt{\frac{GM_{bh} (1 + 1/q) P_{orb}^2}{\pi^2}},$$

где P_{orb} — орбитальный период системы.

После вторичного пика внешний радиус аккреционного диска считается переменным, и его положение определяется границей между зонами полностью ионизованного и нейтрального диска.

Численные расчеты показали, что решение данного дифференциального уравнения через некоторый относительно малый промежуток времени стремится к автоточному решению Липуновой и Шакуры (2000), следовательно вид начального условия не имеет принципиального значения. В расчетах использовалось начальное условие следующего вида:

$$F(h, t=0) = \text{const} \times \sin\left(\frac{h - h_{in}}{h_{out} - h_{in}} \frac{\pi}{2}\right)$$

Параметры A0620-00

В таблице представлены полученные недавно наблюдательные ограничения на орбитальные параметры и расстояние до рентгеновской Новой A0620-00 (Кантрелл и др., 2010).

Масса чёрной дыры	M_{bh}	$6.61 \pm 0.25 M_{Sun}$
Масса компаньона	M_{opt}	$0.40 \pm 0.045 M_{Sun}$
Наклонение орбиты	i	$50^{\circ} .98 \pm 0^{\circ} .87$
Расстояние до системы	D	1.06 ± 0.12 кпк

Согласно Гоу и др. (2010) параметр Керра в этой системе $a_* = 0.12 \pm 0.19$. Мы в данной работе ограничились значением параметра Керра $a_* = 0.2$. При этих параметрах значение внешнего радиуса аккреционного диска R_{out} составляет 1.30×10^{11} см.

Моделирование рентгеновской кривой блеска A0620-00

В начальный момент времени радиальный профиль $F(h)$ задаётся вышеуказанным соотношением, аккреционный диск считается полностью ионизованным до радиуса R_{out} . Коэффициент вязкости равен α_1 .

Температура на внешней границе диска постепенно падает и в какой-то момент становится ниже предела рекомбинации водорода. В этот момент в зоне рекомбинации начинается конвекция, благодаря которой коэффициент вязкости в ней увеличивается до значения α_2 . В момент скачкообразного увеличения коэффициента вязкости в диске на рентгеновской кривой блеска наблюдается вторичный пик.

Для расчета рентгеновского потока, исходящего от диска, использовался дилутированный планковский спектр с фактором дилуции $T_c/T_{eff} = 1.7$, T_c и T_{eff} — цветовая и эффективная температуры.

На рисунке показана наблюдаемая кривая блеска рентгеновской новой A0620-00 в мягком рентгеновском диапазоне 1.5-6 кэВ. Кривая блеска, полученная в результате расчёта эволюции нестационарного аккреционного диска имела свободные параметры: α_1 , α_2 и темп аккреции в начальный момент времени. Для значений параметров, приведённых в следующей таблице, модель хорошо описывает наблюдаемую кривую блеска.

Коэффициент вязкости до вторичного пика	α_1	0.4
Коэффициент вязкости после вторичного пика	α_2	0.7
Начальный темп аккреции	$M_0(R_{in})$	$3.4 \times 10^{18} \text{ g/s}$

Заклучение

В данной работе мы рассчитали кривую блеска рентгеновской Новой A0620-00, используя модель нестационарного тонкого аккреционного диска в тесной двойной системе. С помощью представленной численной модели удалось объяснить вторичный пик на кривой блеска этой рентгеновской Новой при относительно умеренных значениях параметра α .

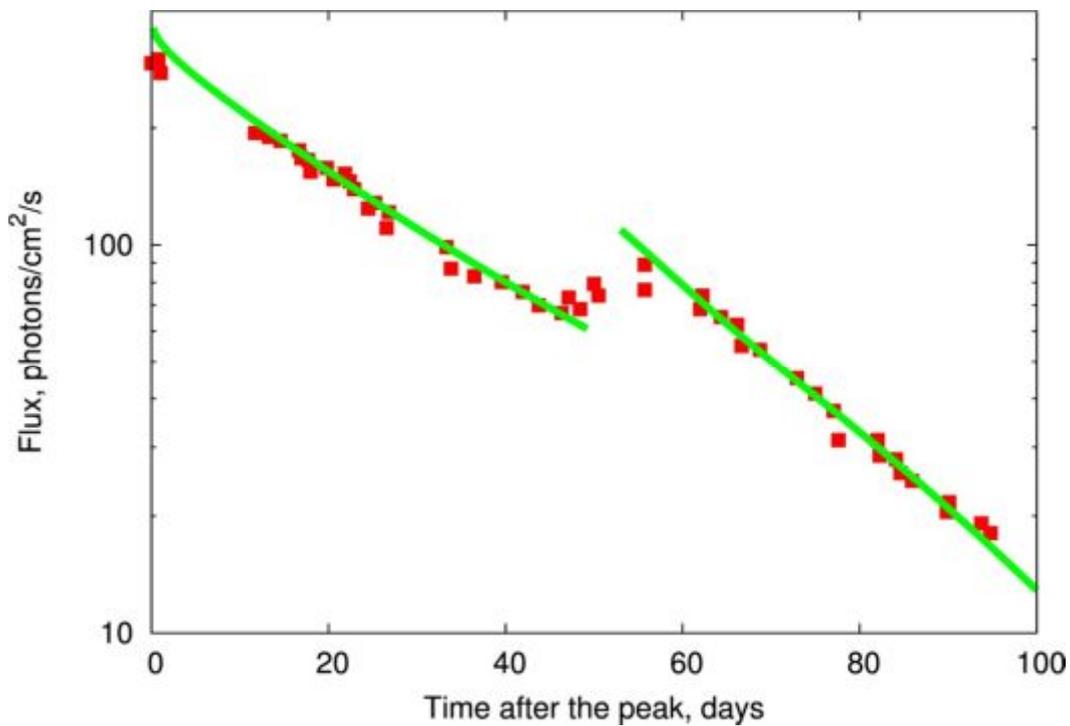


Рисунок. Кривая блеска рентгеновской Новой A0620-00. Нанесены данные наблюдений (квадраты) (Куулкерс, 1998) и полученная нами модельная кривая блеска (сплошная линия).

Список литературы

- Гоу и др., 2010. Gou L., McClintock J.E., Steiner J.F., Narayan R., Cantrell A.G., Bailyn C.D., Orosz J.A., 2010, ApJ, 718, L122
- Кантрелл и др., 2010. Cantrell A.G., Bailyn C.D., Orosz J.A., McClintock, J.E., Remillard R.A., Froning C.S., Neilsen J., Gelino D.M., Gou L.J., 2010, ApJ, 710, 1127
- Куулкерс, 1998. Kuulkers, E., 1998, New Astron. Rev., 42, 1
- Липунова, Шакура, 2000. Lipunova G.P., Shakura N.I., 2000, A&A 356, 363

Липунова, Шакура, 2002. Lipunova G.P., Shakura N.I., May 2002, Astronomy Reports 46, 366
Липунова Г.В., Шакура Н.И., 2003, Известия Академии Наук, серия физическая, 67, 332
Любарский, Шакура, 1987. Lyubarskiy Y.E., Shakura N.I., 1987, Soviet Astronomy Letters 13,
386
Мещеряков А.В., Шакура Н.И., Сулейманов В.Ф., 2011, Письма в АЖ, 37, 343
Сулейманов и др., 2008. Suleimanov V.F., Lipunova G.V., Shakura N.I., 2008, A&A 491, 267
Черепашук, 2000. Cherepashchuk A.M., 2000, Space Science Reviews 93, 473
Чен, 1997. Chen Wan, Shrader C.R., Livio Mario, 1997, AJ 491, 312
Шакура, Сюняев 1973. Shakura N.I., Sunyaev R.A., 1973, A&A 24, 337
Эгглтон, 1983. Eggleton P.P., 1983, AJ 268, 368 (Lyngby: DSRI), 125

Фотометрическое Исследование Темного Облака в Созвездии Цефея

Мариус Масколиунас

Институт теоретической физики и астрономии Вильнюсского университета, Литва

E-mail: Marius.Maskoliunas@tfai.vu.lt

Резюме. В статье обсуждается межзвездная экстинкция в направлении темного облака TGU 619, расположенного в $l=102.5^\circ$, $b=+15.5^\circ$, и расстояние до него. Исследование в полутораградусной квадратной площади основано на фотометрической классификации 658 звезд различных спектральных классов и классов светимости до звездной величины $V=16$ mag, с применением Вильнюсской фотометрической семицветной системы. Распределение звезд по диаграмме - A_V vs. d – позволяет определить расстояние до исследуемых темных облаков космической пыли. Облако TGU 619 находится на расстоянии 286 ± 50 pc.

Ключевые слова: звезды: основные параметры, классификация, галактика, созвездие Цефея, экстинкция, облака, отдельное (TGU 619).

Photometric Investigation in the Direction of the Dark Clouds in Cepheus Flare

Marius Maskoliūnas

Institute of Theoretical Physics and Astronomy of Vilnius University,

Goštauto 12, Vilnius LT-01108, Lithuania

E-mail: Marius.Maskoliunas@tfai.vu.lt

Abstract. Interstellar extinction in the direction of dark cloud TGU619 located at $l=102.5^\circ$, $b=+15.5^\circ$ and its distance is given in this paper. Investigation in 1.5 square degree area is based on photometric classification of 658 stars in spectral types and luminosity classes down to $V=16$ mag using photometry in the Vilnius seven-color photometric system. The distribution of stars in the A_V vs. d plot specifies that the dust clouds are located at a distance of 286 ± 50 pc.

Key words: stars: fundamental parameters, classification-Galaxy: Cepheus Flare,-ISM: extinction, clouds: individual (TGU 619).

1. Introduction

For a better understanding of the structure of the Milky Way Galaxy, we need information about stars, interstellar matter, and their distribution in the space. For investigation of distant objects, especially near the Galactic plane, we need the value of interstellar extinction.

Star formation takes place in dense cores of molecular clouds. Distance determinations of the interstellar matter and clouds in the region are needed to clarify the interrelation of clouds of different density. Studying the effects of interstellar matter on starlight can reliably derive distances to individual clouds and stars. Photometric classification of the observed stars permits to derive their distances and interstellar reddening, changes of the interstellar extinction with distance.

The distance to star-forming regions in the Cepheus Flare, an out-of-plane concentration of interstellar dust and molecular clouds, is still not known to sufficient accuracy; see the review by Kun et al. (2008, 2009).

The Milky Way region in the direction of Cepheus contains several star formation regions. For investigation of distant objects, we need the value of interstellar extinction in their direction. The area of 1.2×1.2 deg. size at $l=102.4$; $b=+15.5$ was investigated using CCD photometry in the Vilnius photometric system. This area contains low- and intermediate-mass star formation regions. The area is located in the direction of the dark cloud TGU 619 (Dobashi et al. 2005), corresponding to the Lynds (1962) clouds LDN 1147, 1148, 1152, 1155, 1157, and 1158.

2. Observations and reductions

The observations were obtained in 2005 October with the Maksutov-type 35/51 cm telescope of the Molėtai Observatory in Lithuania, equipped with a CCD camera made by Roper Scientific, Princeton Instruments. The camera contains a 1340×1300 pixel chip, back-illuminated, with the Unichrome UV-enhancement coating and liquid nitrogen cooling. The size of pixels is 20×20 μm and the size of the area is 26.8×26.0 mm. Each pixel corresponds to $3.38''$. The CCD detector covers a field of view of $1.26^\circ \times 1.22^\circ$. Star magnitudes were obtained by photometry using the standard IRAF program package.

The study is based on photometric classification of 658 stars in spectral types and luminosity classes down to $V=16$ mag using photometry in the Vilnius seven-color system. Table 1 shows the mean wavelengths and half-widths of the Vilnius photometric system.

Table 1. Wavelengths and half-widths of the Vilnius photometric system.

Filters	U	P	X	Y	Z	V	S
Mean wavelength (nm)	345	374	405	466	516	544	656
Half-width (nm)	40	26	22	26	21	26	20

The Balmer jump is sensitive to temperatures of O–A–B stars. To measure it, one must have two filters placed in the ultraviolet, one beyond the Balmer jump (U filter) and the other one (P filter) is placed exactly on the Balmer jump, also providing information on luminosity classes of B–A–F stars. The X filter is located in a visible spectral part after the Balmer jump. The Y filter carries temperature information on A–F–G–K stars. The Z filter is placed at the Mg triplet and the MgH molecular band, it is sensitive to luminosity classes of G–K–M stars. The V filter is similar to the V filter in the UBV system, it provides a possibility to relate these two photometric systems. And finally, the S filter is located at the position of the H α line and provides information about emission or absorption phenomena in this line.

For the transformation of instrumental magnitudes and color indices to the standard Vilnius system, the linear equations were used, determined using 28 stars in the area observed photoelectrically by Straizys et al. (1992).

Spectral types and luminosity classes for individual stars were determined by three different methods based on reddening-free Q parameters described in Zdanavičius (2005). Additionally, in some complicated cases, various two-color diagrams were used, combined with the intrinsic sequence of different luminosity classes and spectral types, in order to avoid wrong classification results. The infrared J–H and H–K_s color indices from the 2MASS survey were additionally used for recognition of K and M dwarfs.

3. Interstellar extinction and distances

We used 658 stars with the most reliable photometric classification, most of them brighter than V=16 mag. For these stars, we determined color excesses E(Y–V), interstellar extinction A_v and, distances d by the following equations:

$$(1) \quad E(Y-V) = (Y-V)_{\text{obs}} - (Y-V)_0;$$

$$(2) \quad A_v = 4.16 E(Y-V);$$

$$(3) \quad 5 \log d = V - M_{v+5} - A_v,$$

where V and $(Y-V)_{\text{obs}}$ are the observed magnitude and color index. The absolute magnitude M_V and $(Y-V)_0$ for the star's spectral type and luminosity class are taken from Staižys (1992). The coefficient in the second equation, 4.16, is the typical value for areas with the regular extinction law, like the coefficient 3.15 in the well-known UBV system.

The dependence of the extinction on distance for the investigated area is shown in Fig. 1.

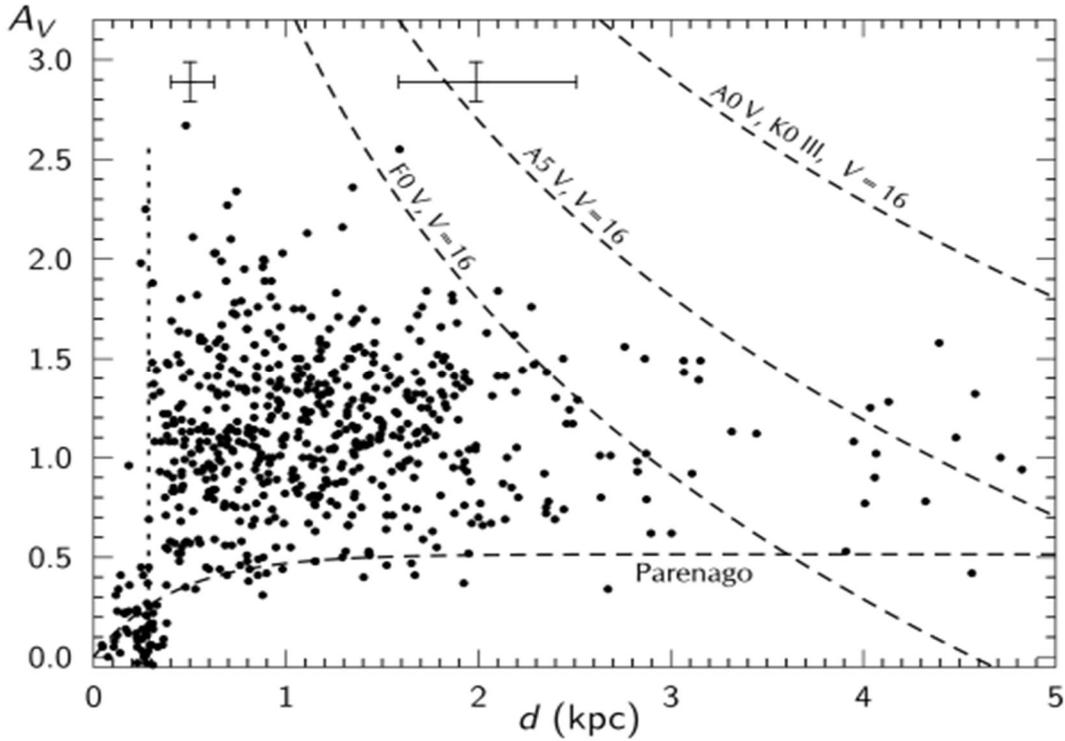


Fig. 1. The plot A_V vs. d for stars in the area. The three broken curves show the limiting magnitude effects for A0V, A5V, and F0V stars. The A0V curve is also valid for K0III giants. The lower segmented curve is the dependence of the extinction on distance for the Galactic latitude $+15.5^\circ$ calculated by the Parenago formula. The error bars correspond to standard deviations of the distance and extinction at distances of 0.5 kpc and 2 kpc. The vertical dotted line marks the estimated distance of the dust cloud.

The three broken curves correspond to A0V (or K0III), A5V and F0V stars at the limiting magnitude $V=16$. Stars of these spectral types and absolutely fainter stars above the corresponding curves are missing because of the sensitivity limit of our observations. In the upper part of figure, the error bars of the distance and A_V are shown for two distance values, 500 pc and 2 kpc. They correspond to an absolute error of ± 0.1 mag in A_V , ± 0.5 mag in absolute magnitude M_V , and $(-20, +26)\%$ in the distance (3σ). The figure shows a segmented curve corresponding to the exponential extinction law for the Galactic latitude $b=+15.5$ deg, with the extinction coefficient $A_V=1.25$ mag/kpc and the half-thickness of the dust layer $\beta=0.11$ kpc. The curve is in agreement with the distribution of low-extinction stars. The front edge of the dust clouds can be estimated from the

position of stars located at a steep rise of the extinction, which is found to be at a distance of 286 ± 50 pc. (3σ).

4. Discussion and conclusions

In this paper, I presented the results of the study of interstellar extinction in the direction of the dark cloud TGU 619 (Dobashi et al. 2005) located in the Cepheus Flare. The distribution of extinction in the ~ 1.5 square degree area is quite complicated. In some directions, the extinction is relatively low, with A_v between 0.5 and 1.5 mag even at large distances. In this area, the extinction distribution is in agreement with the exponential Parenago (1945) law for the Galactic latitude $b=15.5^\circ$. In the direction of the TGU 619 cloud clumps, the extinction is much larger. In this area, the measured maximum extinction of 3 mag corresponds only to the edges of the dust cloud, which is found to be at the distance of 286 ± 50 pc.

Acknowledgments

I would like to express my great thanks to all organizers, coordinators and lecturers of the conference “50 Years of Cosmic Era, Real and Virtual Studies of the Sky”. My special thanks and gratitude are due to Dr. Areg Mickaelian for his efforts in organizing this conference. Also, big thanks to Gohar Harutyunyan for perfect conference coordination. A use of the SkyView, Simbad, and 2MASS databases is acknowledged.

References

- Dobashi K., Uehara H., Kandori R. et al. 2005, PASJ, 57, S1
Kun M., Balog Z., Kenyon S.J. et al. 2009, ApJS, 185, 451
Kun M., Kiss Z.T., Balog Z. 2008, in *Handbook of Star Forming Regions*, ed. B. Reipurth, ASP, vol. 1, p. 136
Lynds B. T. 1962, ApJS, 7, 1
Parenago P.P. 1945, AZh, 22, 129
Straižys V. 1992, *Multicolor Stellar Photometry*, Pachart Publishing House, Tucson, Arizona: available in pdf format from <http://www.itpa.lt/MulticolorStellarPhotometry/>
Straižys V., Černis K., Kazlauskas A., Meištas E. 1992, *Baltic Astronomy*, 1, 149
Zdanavičius K. 2005, *Baltic Astronomy*, 14, 104
Zdanavičius K., Zdanavičius J., Straižys V., Maskoliūnas M. 2009a, *Baltic Astronomy*, 18, 33
Zdanavičius K., Zdanavičius J., Straižys V., Maskoliūnas M. 2009b, *Baltic Astronomy*, 18, 161 (Paper1)
Zdanavičius K., Maskoliūnas M., Zdanavičius J., Straižys V., Kazlauskas A. 2011, *Baltic Astronomy*, 20, 161

Движение звезд в тесных двойных системах с консервативным обменом масс

Анна Медведева

Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга, Московский
Государственный Университет им. М.В. Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва, Россия

E-mail: mizar-alcora@rambler.ru

Резюме. В течение полувека для определения относительной орбиты тесных двойных звездных систем использовалась некорректная модель Пачинского-Хуанга. По сей день в работах, связанных с тесными двойными системами, эта модель продолжает использоваться. Для определения относительного движения звезд в тесной двойной системе в настоящей работе используется численное интегрирование уравнений движения с учетом реактивных сил и сил притяжения звезд перетекающей струей. Проведенные вычисления эллиптических орбит тесных двойных звезд показывают, что влияние реактивной силы на эволюцию орбиты звезд может быть различным. Так же была найдена зависимость траектории струи при изменении угла наклона начальной скорости ($\alpha = 0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, -20^\circ, -40^\circ, -60^\circ, 80^\circ$); при изменении величины начальной скорости $V_0 = \beta V_{00} V_1(v)$, ($\beta=1, 0.5, 1.5, 2$). Определены изменения большой полуоси и эксцентриситета относительной орбиты S2 при новом условии: учитывается только составляющая реактивной силы, направленная в центр масс звезды S2.

Ключевые слова: двойные: затменные, двойные: общее, звёзды: потеря массы, звёзды

The motion of stars in close binary systems with conservative mass exchange

Anna Medvedeva

Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University (SAI MSU),

Moscow, Russia. E-mail: mizar-alcora@rambler.ru

Abstract. During 50 years astronomers used ill-posed Pachinskij-Huanga model to determin relative orbit of close binary systems. Now we still use this model. We use numerical integration of motion equations with a glance reactive forces and attractive forces between star and overflowing substance, to calculate relative motion of stars in close binary system. We calculated elliptical orbits of close binary systems. Our results point at various influence by reactive force to orbit evolution. We determin relation between stream path and various initial velocity angles of inclination ($\alpha = 0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, -20^\circ, -40^\circ, -60^\circ, 80^\circ$); and relation between stream path and value of initial velocity $V_0 = \beta V_{00} V_1(v)$, ($\beta=1, 0.5, 1.5, 2$). We determin variation semimajor axis and excentricity of relative orbit S2 in consideration of component of reactive force which directed to mass center of star S2.

Keywords: (stars:) binaries: eclipsing, (stars:) binaries: general, stars: mass loss, stars

Введение

В середине 20-го века началось исследование движения звезд в тесных двойных системах. Данная проблема нашла свое отражение в работах: А. Крушевского [1], Д. Хаджидиметриу [2], С. Пиотровского [3], С. Хуанга [4], Б. Пачинского [5] и др. В результате этих исследований для консервативного обмена массой в тесной двойной системе была получена упрощенная зависимость изменения большой полуоси (a) круговой относительной орбиты звезд от постоянной скорости увеличения массы, принимающей звезды M_2 в виде:

$$\dot{a} = 2a\dot{M}_2 \left(\frac{1}{M_1} - \frac{1}{M_2} \right). \quad (1)$$

Согласно (1) большая полуось относительной орбиты звезд уменьшается, если истечение происходит со звезды с большей массы и увеличивается при истечении вещества со звезды с меньшей массой. Данная зависимость используется во всех исследованиях тесных двойных систем с консервативным обменом массой, когда $M_1 + M_2 = M = \text{const}$. (формула Пачинского-Хуанга). Вывод этой формулы основан на предположении, что уравнения движения звезд с переменными массами допускают существование интеграла момента количества движения

$$\mathbf{J} = M_1 \mathbf{R}_1 \times \mathbf{V}_1 + M_2 \mathbf{R}_2 \times \mathbf{V}_2 = \text{const}, \quad (2)$$

Здесь M , \mathbf{R} и \mathbf{V} – масса, радиус-вектор и скорость движения звезд, соответственно. Следовательно, делается предположение, что тесные двойные звезды образуют замкнутую механическую систему, т.е. систему, допускающую существование интегралов количества движения и момента количества движения. Дифференциальные уравнения движения при этом как правило не приводятся.

Предположение о существовании интеграла момента количества движения является ошибочным. Убедимся в этом, исходя из наиболее общего вида уравнений движения Мещерского для задачи двух тел с переменными массами [6]:

$$M_1 \frac{d\mathbf{V}_1}{dt} = G \frac{M_1 M_2}{R^3} \mathbf{R} + \mathbf{Q}_1, \quad M_2 \frac{d\mathbf{V}_2}{dt} = -G \frac{M_1 M_2}{R^3} \mathbf{R} + \mathbf{Q}_2, \quad (3)$$

где $\mathbf{R} = \mathbf{R}_2 - \mathbf{R}_1$, а \mathbf{Q}_1 и \mathbf{Q}_2 – реактивные силы, действующие на звезды S_1 и S_2 .

Существование интеграла (2) в задаче двух тел с переменными массами является возможным только в задаче Мещерского-Леви-Чивиты [7], уравнения движения которой получаются из (3), если реактивные силы положить равными:

$$Q_1 = -\dot{M}_1 V_1, \quad Q_2 = -\dot{M}_2 V_2, \quad (4)$$

где $\dot{M}_1 = -\dot{M}_2 = \text{const}$, $\dot{M}_2 > 0$.

Однако, использовать модель Мещерского-Леви-Чивиты для изучения движений звезд в тесной двойной системе с консервативным обменом массой недопустимо, так как реактивных сил (4) в тесной двойной системе не существует. Истинные реактивные силы имеют другие направления и другие абсолютные величины: на звезду-донор действует реактивная сила, направленная в противоположную сторону радиуса R , по величине равная произведению скорости звука на \dot{M}_1 , а на звезду-аккретор действует реактивная сила, направленная по касательной к траектории относительного движения перетекающих частиц в момент их попадания на поверхность звезды.

Никаких других задач двух тел с переменными массами, допускающих существование интеграла момента количества движения, не существует, поэтому создание строгих теорий движений звезд является актуальной задачей.

В настоящее время в ГАИШ МГУ создана модель (Л.Лукиянов, С. Гасанов), определяющая движение тесных двойных систем в случае эллиптической орбиты. Определение движений звезд проведено с помощью численного интегрирования.

Постановка задачи: учесть взаимодействие притяжения звезд, притяжение звезды струей и реактивной силы. В настоящей работе рассматриваются дальнейшее уточнение траекторий движения звезд:

1. оценить влияние возможного разброса параметров перетекающей струи.
2. учесть эффект приложения реактивной силы не к центру масс звезды, а к ее поверхности

Ограниченная эллиптическая задача трех тел

Для определения движения перетекающих частиц используем плоскую ограниченную эллиптическую задачу трех тел, уравнения движения которой во вращающейся и пульсирующей барицентрической системе координат Шапнера (Шайбнера, Петра, Нехвила, Рейн) x, y имеют вид [10]

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dv^2} - 2\frac{dy}{dv} &= \rho \frac{\partial U}{\partial x}, \\ \frac{d^2y}{dv^2} + 2\frac{dx}{dv} &= \rho \frac{\partial U}{\partial y}, \end{aligned} \quad (5)$$

где ось x всегда направлена на звезду-аккретор S_2 , v -истинная аномалия звезд, $\rho=1/(1+\text{ecos}v)$ – безразмерный радиус положения звезды S_2 относительно S_1 . Через U обозначена функция Якоби в ограниченной эллиптической задаче трех тел

$$U = \frac{x^2 + y^2}{2} + p^3 \left(\frac{1-m}{r_1} + \frac{m}{r_2} \right) + \frac{p^2}{2} (3 + m^2 - m), \quad (6)$$

r_1 и r_2 - расстояния от частицы перетекающей струи соответственно до центров масс первой и второй звезд

$$r_1 = \sqrt{(x + pm)^2 + y^2}, \quad r_2 = \sqrt{(x + pm - p)^2 + y^2}, \quad (7)$$

где $1-m = M_1/M$ и $m = M_2/M$ - относительные массы звезд, $p=a(1-e^2)$ - фокальный параметр орбиты звезд, a и e – большая полуось и эксцентриситет орбиты, соответственно.

Истечение вещества со звезды-донора происходит через окрестность внутренней особой точки Эйлера L_1 , абсцисса x_{L_1} которой заключена в пределах $-pm < x_{L_1} < p-pm$ и определяется численно как корень нелинейного уравнения $\frac{\partial U}{\partial x} = 0$ при $y = 0$, т.е. уравнения

$$x - p^3 \left(\frac{1-m}{\sqrt{x+pm}} + \frac{m}{\sqrt{x+pm-p}} \right) = 0. \quad (8)$$

Полости Роша в плоской эллиптической ограниченной задаче трех тел определяются при помощи уравнений кривых минимальной энергии [11]

$$x^2 + y^2 + 2p^3 \left(\frac{1-m}{r_1} + \frac{m}{r_2} \right) - p^2(3 + m^2 - m) = C(1 + e \cos v), \quad (9)$$

где C - постоянная Якоби

Будем считать, что принимающая звезда имеет форму сферы

$$(x + pm - p)^2 + y^2 = \frac{P^2}{\rho^2}, \quad (10)$$

радиус P которой в процессе перетекания вещества изменяется согласно зависимости

$$P = P_0 \sqrt[3]{\frac{m}{m_0}}. \quad (11)$$

Истечение вещества со звезды-донора начинается по достижении уровня энергии частиц, превышающего уровень энергии в особой точке Эйлера L_1 . Как показано в работе [11], истечение вещества через окрестность точки L_1 носит пульсирующий характер и происходит в окрестности апоастро орбит звезд. Скорость истечения V_0 частиц массы со звезды S_1 всегда направлена в сторону звезды S_2 , образуя с осью Ox некоторый угол α и имеет значение

$$V_0(v) = V_{00}V_1(v)\beta, \quad (12)$$

где $V_1(v) = m\sqrt{\frac{GM}{p}}\sqrt{1 + 2e \cos v + e^2}$, а $V_{00}=0.03$ --- коэффициент, установленный из наблюдений. Положительный параметр β характеризует структуру звезды-аккретора, т.е. зависит от ее химического состава и физического состояния. Окрестность апоафра звезд, в которой происходит истечение массы, определяется по уровню энергии частиц (постоянной Якоби C , см. [11]) диапазоном истинной аномалии v . Поэтому среднюю скорость V_c истечения массы со звезды $S1$ на одном периоде обращения звезд можно определить по формуле

$$V_c = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi-v_a}^{\pi+v_a} V_0 dv = \frac{2\beta V_{00}m}{\pi} (1 + e_0) \sqrt{\frac{GM}{p_0}} \left[E\left(\frac{2\sqrt{e_0}}{1+e_0}\right) - E\left(\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{2\sqrt{e_0}}{1+e_0}\right) \right] \quad (13)$$

Здесь $p_0 = a_0(1-e_0^2)$, где a_0, e_0 --- начальные значения большой полуоси и эксцентриситета орбиты звезды-аккретора. Кроме того, $E(k), E(s,k)$ --- полный эллиптический интеграл и эллиптический интеграл II рода, соответственно.

Все линии тока струи, имеющие разброс как по координатам, так и по времени в течении одного "выброса" вещества за период обращения звезд, будем аппроксимировать одной траекторией, исходящей из особой точки $L1$. Численное интегрирование уравнений проводится с заданными начальными условиями. В начальных условиях угол α между скоростью и осью абсцисс меняется в пределах $-\pi/2 < \alpha < \pi/2$, а параметр β - в пределах $0.5 < \beta < 2$. В работе (Л. Лукьянова, С. Гасанова, 2010) значения угла α и параметра β принимались равными $\alpha=0$ и $\beta=1$.

Численное интегрирование осуществляется на интервале $v_0 < v < v_0 + \tau$, где значение истинной аномалии $v_0 + \tau$ определяется моментом попадания частицы на поверхность второй звезды в точке $x_2 = x(v_0 + \tau)$, $y_2 = y(v_0 + \tau)$. Если такого момента не существует, то процесс перетекания вещества происходит с образованием аккреционного диска.

В результате численного интегрирования уравнений (13) получаются компоненты скорости истечения $W1$ со звезды $S1$ и скорости притока $W2$ на звезду $S2$:

$$W_{1x} = V_c, \quad W_{1y} = 0, \quad W_{2x} = x'(v_0 + \tau)\dot{v}, \quad W_{2y} = y'(v_0 + \tau)\dot{v}. \quad (14)$$

Реактивные силы, действующие на звезды $S1$ и $S2$, считаются приложенными к их центрам масс и определяются по формулам

$$Q_1 = \dot{m}M\{-V_c, 0\}, \quad Q_2 = \dot{m}M\{x'(v_0 + \tau)\dot{v}, y'(v_0 + \tau)\dot{v}\}. \quad (15)$$

С помощью численного интегрирования определяются также масса установившейся перетекающей струи $S3$ и координаты x_3, y_3 ее центра масс:

$$M_3 = \frac{\tau}{\dot{v}_c} \dot{m} M, \quad x_3 = \frac{1}{\tau} \int_{v_0}^{v_0+\tau} x(v) dv, \quad y_3 = \frac{1}{\tau} \int_{v_0}^{v_0+\tau} y(v) dv, \quad (16)$$

$$\dot{v}_c = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \dot{v} dv = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sqrt{\frac{GM}{p^3}} (1 + e \cos v)^2 dv = \sqrt{\frac{GM}{p^3}} \left(1 + \frac{e^2}{2}\right)$$

где

- средняя угловая

скорость орбитального движения. По формулам (15) и (16) определяются реактивные силы, масса струи и координаты ее центра масс. Эти величины входят в правые части дифференциальных уравнений движения звезд.

Дифференциальные уравнения движения звезд

В качестве исходных дифференциальных уравнений движения звезд в инерциальной системе координат будем рассматривать систему уравнений Мещерского:

$$\begin{aligned} M_1 \frac{dV_1}{dt} &= G \frac{M_1 M_2}{R^3} \mathbf{R} + \mathbf{Q}_1 + G \frac{M_1 M_3}{r_{13}^3} \mathbf{r}_{13}, \\ M_2 \frac{dV_2}{dt} &= -G \frac{M_1 M_2}{R^3} \mathbf{R} + \mathbf{Q}_2 + G \frac{M_2 M_3}{r_{23}^3} \mathbf{r}_{23}, \end{aligned} \quad (17)$$

Дифференциальные уравнения Ньютона-Эйлера в оскулирующих элементах для большой полуоси относительной орбиты a и эксцентриситета e представляются в виде [10]:

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= \frac{2a^2}{\sqrt{GMa(1-e^2)}} [e \sin v S + (1 + e \cos v) T], \\ \frac{de}{dt} &= \sqrt{\frac{a(1-e^2)}{GM}} \left[\sin v S + \left(\cos v + \frac{\cos v + e}{1 + e \cos v} \right) T \right]. \end{aligned} \quad (18)$$

Возмущающие ускорения S и T становятся известными после интегрирования уравнений

$$\begin{aligned} S &= \dot{m} \left(\frac{W_{2x}}{m} + \frac{V_c}{1-m} \right) + GM\tau \frac{\dot{m}}{\dot{v}_c} \left(\frac{x_3 + pm - p}{r_{23}^3} - \frac{x_3 + pm}{r_{13}^3} \right), \\ T &= \dot{m} \frac{W_{2y}}{m} + GM\tau \frac{\dot{m}}{\dot{v}_c} y_3 r_3, \quad r_3 = \frac{1}{r_{23}^3} - \frac{1}{r_{31}^3}. \end{aligned} \quad (19)$$

Если перейти к независимой переменной m по формуле $d/dt = m'd/dm$, то после проведения осреднения путем вычисления определенных интегралов от правых частей уравнений (18), получим окончательный вид дифференциальных уравнений для определения вековых возмущений большой полуоси и эксцентриситета относительной орбиты звезд [1]:

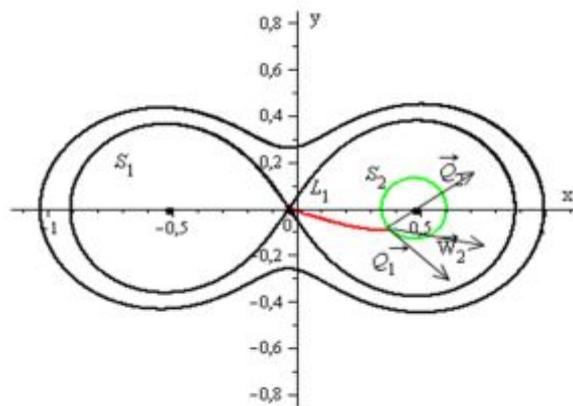
$$\begin{aligned} \frac{d\tilde{a}}{dm} &= \frac{2 + \tilde{e}^2}{(1 - \tilde{e}^2)^2} \frac{\tilde{W}_{2y}}{m} + 2\tilde{a}^3 \sqrt{1 - \tilde{e}^2} \tau y_3 r_3, \\ \frac{d\tilde{e}}{dm} &= \frac{2 + \tilde{e}^2}{2\tilde{a}(1 - \tilde{e}^2)} \frac{\tilde{e}}{1 + \sqrt{1 - \tilde{e}^2}} \frac{\tilde{W}_{2y}}{m} - \frac{3}{2} \tilde{e} \tilde{a}^2 \sqrt{1 - \tilde{e}^2} \tau y_3 r_3, \end{aligned} \quad (20)$$

Здесь принято обозначение $\tilde{W}_{2y} = y'(v_0 + \tau) \cdot \cos(\pi - \gamma)$, где γ — угол между векторами \vec{W}_2 и \vec{Q}_2 .

Влияние разбросов параметров истечения струи и учет приложения реактивной силы к поверхности 2-й звезды

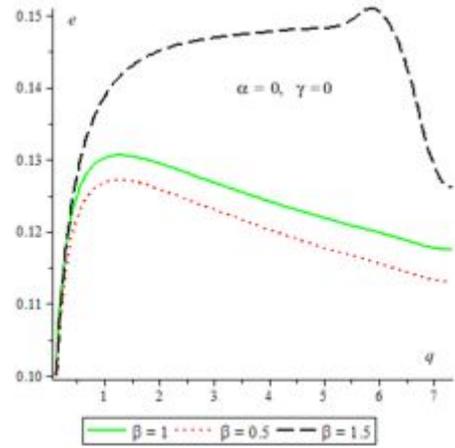
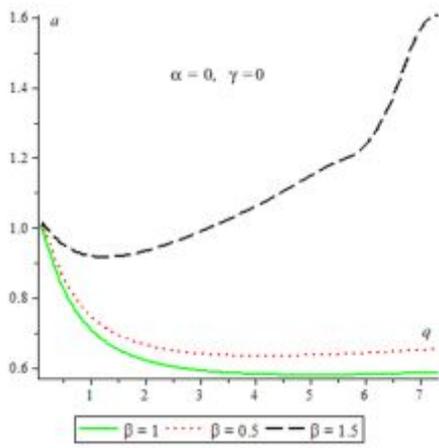
Относительная орбита звезд определялась путем численного интегрирования дифференциальных уравнений (20). Интегрирование проводилось на интервале независимой переменной m от 0.1 до 0.8. Результаты вычислений приведены в виде рисунков, причем зависимости большой полуоси $a = a(q)$ и эксцентриситета $e = e(q)$ относительной орбиты звезды-аккретора от величины $q = m/(1 - m)$ определены при начальном значении большой полуоси $a_0 = 1$ и эксцентриситета $e_0 = 0.1$ и для начального значения радиуса 2-й звезды $R_0 = 0.0765$.

На рис. 1 схематично изображён процесс перетекания струи (пунктирная линия) из точки Лагранжа на поверхность 2-й звезды (прерывистая линия), при $\beta = 1$ и $\alpha = 0$.



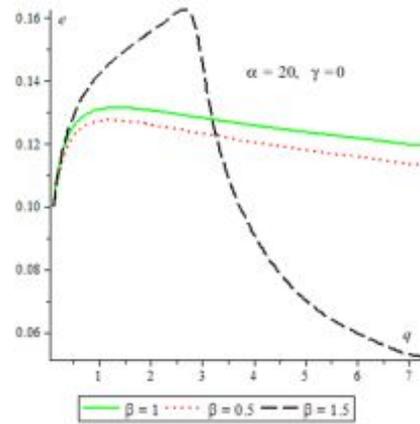
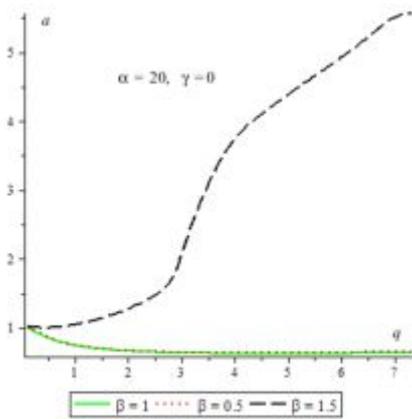
Процесс перетекания струи (пунктирная линия) из точки Лагранжа L1 на поверхность 2-й звезды (прерывистая линия), при $\beta = 1$ и $\alpha = 0$.

На рис. 2 приведены зависимости большой полуоси $a = a(q)$ справа и эксцентриситета $e = e(q)$ слева относительной орбиты звезды-аккретора при различных значениях β и углов $\gamma = 0$ и $\alpha = 0$.



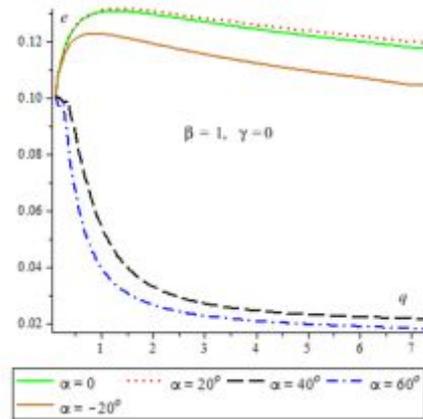
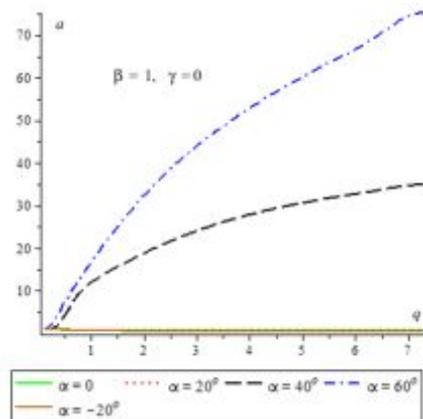
Графики функций: слева $a(q)$ и справа $e(q)$ при различных значениях β .

На рис. 3 приведены зависимости большой полуоси $a = a(q)$ справа и эксцентриситета $e = e(q)$ слева относительной орбиты звезды-аккретора для различных значений β и при $\alpha = 20^\circ$ и $\gamma = 0$.



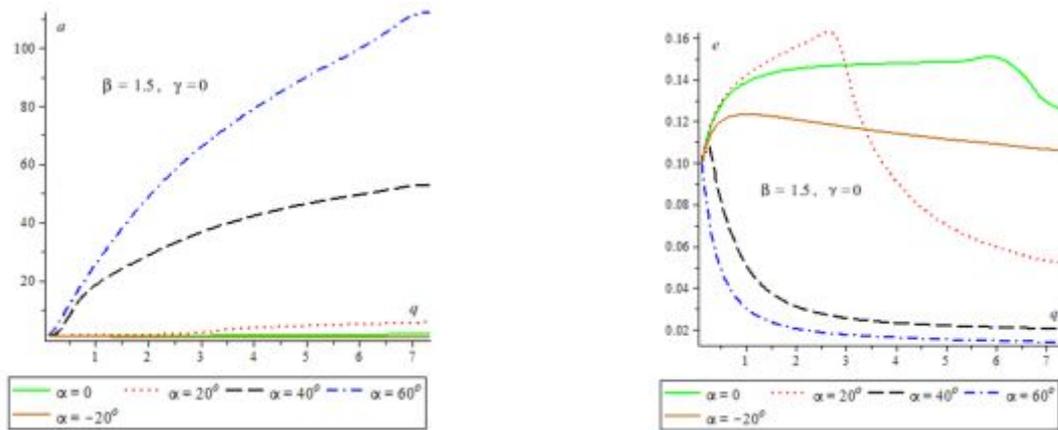
Графики функций: слева $a(q)$ и справа $e(q)$ для различных значений β .

На рис. 4 приведены зависимости большой полуоси $a = a(q)$ справа и эксцентриситета $e = e(q)$ слева относительной орбиты звезды-аккретора для различных значений α при $\gamma = 0$ и $\beta = 1$.



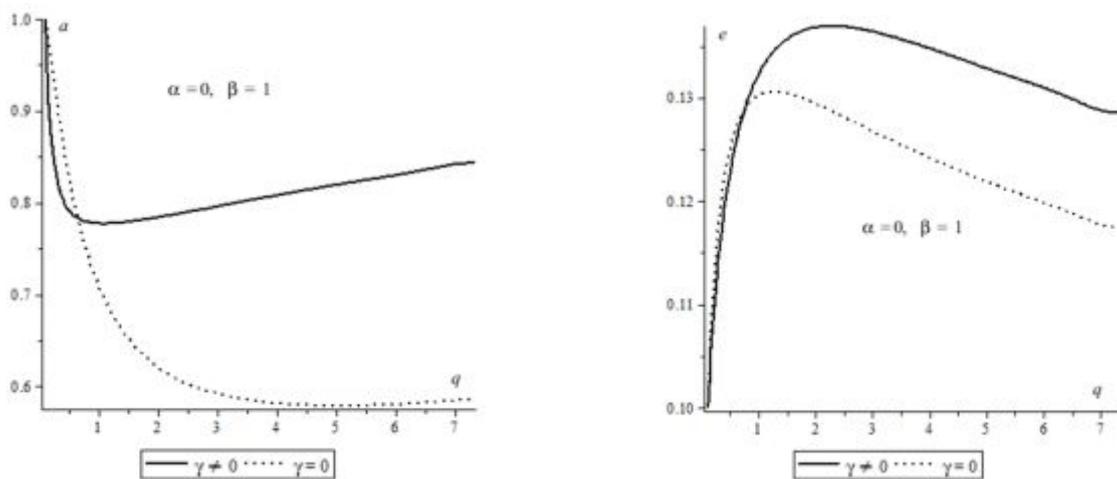
Графики функций: слева $a(q)$ и справа $e(q)$ при различных значениях α .

На рис. 5 приведены зависимости большой полуоси $a = a(q)$ справа и эксцентриситета $e = e(q)$ слева относительно орбиты звезды-аккретора для различных значений α при $\gamma = 0$ и $\beta = 1.5$.



Графики функций: слева $a(q)$ и справа $e(q)$ для различных значений α

На рис. 6 приведены зависимости большой полуоси $a = a(q)$ справа и эксцентриситета $e = e(q)$ слева относительно орбиты звезды-аккретора для $\gamma = 0$ сплошной линией и $\gamma \neq 0$ пунктирной линией при $\alpha = 0$ и $\beta = 1$.



Графики функций: слева $a(q)$ и справа $e(q)$ для $\gamma = 0$ сплошной линией и $\gamma \neq 0$ пунктирной линией. Процесс перетекания струи из точки Лагранжа на поверхность 2-й звезды, при изменении угла α в пределах от -20 до 90 почти совпадает с реальными их значениями, но при $\alpha < -20$, физический смысл перетекания струи отсутствует.

Заключение

В течении полувека для определения относительной орбиты тесных двойных звезд использовалась некорректная модель Пачинского-Хуанга, что было отмечено в работе [8]. Однако и по сей день в работах, связанных с тесными двойными системами, эта модель продолжает использоваться.

Для определения относительного движения звезд в тесной двойной системе в настоящей работе используется численное интегрирование уравнений движения с учетом реактивных сил и сил притяжения звезд перетекающей струей. Проведенные вычисления эллиптических орбит тесных двойных звезд показывают, что влияние реактивной силы на эволюцию орбиты звезд может быть различным. Также была найдена зависимость траектории струи от разных $\alpha = 0, 20, 40, 60, 80, -20, -40, -60$; $\beta = 1, 0.5, 1.5, 2$. Определены, кроме того, изменения a и e относительной орбиты второй звезды при следующем условии: учитывались только составные реактивные силы, направленные в центр масс второй звезды. Несомненно, что полученные результаты можно уточнять, вводя другие возмущающие факторы и делая новые предположения, опирающиеся на наблюдения.

Список литературы

1. Л.Г. Лукьянов, С.А. Гасанов Астрон. журн., (в печати)
2. A. Kruszevski, Adv. Astron. and Astrophys. 4, 233 (1966)
3. J. Hadjidemetriou, Astrophys. and Space Sci. 3, 330 (1969)
4. С.Л. Пиотровский, Астрон. журн. 44, 241 (1967)
5. Л.Г. Лукьянов, Письма в "Астрон. журн." 31, 628 (2005)
6. B. Paczynski, Acta Astron. 16, 231 (1966)
7. I.W. Mestchersky, Astron. Nachr. 159, 229 (1902)
8. T. Levy-Civita, Rendiconti delle reale Acad. Licei. 8, No 12, 621 (1928)
9. S.S. Huang, Ann. Rev. of Astron. and Astroph. 4, 35 (1966)
10. Л.Г. Лукьянов, Астрон. журн., 85, 755 (2008)
11. Г.Н. Дубошин, Небесная механика. Основные задачи и методы (М.: Наука, 1968)
12. Л.Г. Лукьянов, Астрон. журн., 82, 1137 (2005)
13. J.F. Sepinsky, B. Willems, V. Kalogera, F.A. Rasio, The Astroph. Journ., 667, 1170 (2007)
14. А.М. Черепашук, Соросовский образовательный журнал, Физика, No 8, 84 (1996)
15. N.I. Shakura, R.A. Syunyaev, Astron. and Astrophys. 24, 337 (1973)
16. А.М. Фридман, Д.В. Бисикало, Успехи физических наук, 178, 577 (2008)
17. А.М. Черепашук, В.Г. Каретников, Астрон. журн., 80, 42 (2003)

Детальное исследование химической структуры атмосферы Ар-звезды HD8441

Анастасия Р. Титаренко¹, Е.А. Семенко², Т.А. Рябчикова³

¹ Государственный Астрономический Институт им. Штернберга, 119992, Россия, Москва, Университетский пр-т 13, E-mail: 2chlaidze@gmail.com

² Специальная Астрономическая Обсерватория РАН, 369167, Россия, Нижний Архыз, E-mail: sea@sao.ru

³ Институт Астрономии РАН, 119017, Россия, Москва, Пятницкая 48, E-mail: ryabchik@inasan.rssi.ru

Резюме. В данной работе мы представляем результаты исследования химического состава и стратификационного анализа атмосферы химически пекулярной, обладающей слабым магнитным полем, звезды HD 8441. Исследование химического состава звезды было проведено по спектрам, полученным на обсерватории Пик Терскол на телескопе 2м, в области от 3700Å до 7500Å с разрешением 40000. По наблюдаемым индексам женеvской и стремгеноvской фотометрических систем были определены начальные параметры атмосферы, которые уточнялись по наблюдаемым профилям водородных линий. В результате по химическому составу были приняты следующие параметры: эффективная температура $T_{\text{eff}} = 9130$ К, логарифм ускорения свободного падения $\log g = 3.4$, скорость вращения $v \cdot \sin i = 7.0$, микротурбулентная скорость $v_{\text{micr}} = 0.3$ км/с. С ними была рассчитана атмосфера по программе ATLAS9 (Kurucz 1993). По измеренным эквивалентным ширинам примерно 850 неблендированных линий было получено содержание для 18 химических элементов (от натрия до европия). Большой разброс в содержаниях, полученных по индивидуальным линиям, заставил предположить о существовании вертикальных различий химического состава атмосферы звезды. В связи с этим был проведен стратификационный анализ железа, хрома, кальция и марганца. В результате получена тенденция, что элементы концентрируются в глубоких слоях атмосферы – в околофотосферных слоях.

Ключевые слова: звёзды: химический состав – звёзды: атмосферы – звёзды: химически пекулярные – звёзды: индивидуальные: HD 8441

Detailed Study of Chemical Structure of the Atmosphere of Ap-star HD8441

Anastasiya R. Titarenko¹, Ye.A. Semenko², T.A. Ryabchikova³

¹ Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: 2chlaidze@gmail.com

² Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences (SAO RAS),

Nizhny Arkhyz, Russia. E-mail: sea@sao.ru

³ Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences (IA RAS), Moscow, Russia

E-mail: ryabchik@inasan.rssi.ru

Abstract. We present results of our work – the abundances and stratification analysis of the weakly magnetic field chemically peculiar star HD 8441. The results based on spectrum that was obtained with coude-spectrograph at the 2m telescope (Terskol Peak) in wavelength area 3700-7500 Å with 40000 resolution power. By observed indices of Geneva's and Strömgen's photometric system we found initial parameters of the atmosphere that was précised by observable hydrogen line's profiles. The best fit to the observed spectral line's profiles was obtained with a combination of effective temperature $T_{\text{eff}} = 9130$ K, rotational velocity $v \cdot \sin i = 7.0$ km/s, $\log g = 3.4$ and micro turbulence velocity $v_{\text{micr}} = 0.3$ km/s. We calculate atmosphere model with this parameters with Kurucz's program ATLAS 9 (1993). By measured equivalent widths of about 850 lines we find the abundances of 18 chemical elements (from Na to Eu). The big difference between abundances of individual lines makes us suggest that the longitudinal stratifications of the atmosphere chemical composite exist. Consequently we carry out stratification analysis of some elements – Fe, Cr, Ca and Mn. As a result we find that the elements has tendency to concentrate in the deep atmosphere layers – close to the photosphere.

Key words. stars: abundances – stars: atmospheres – stars: chemically peculiar – stars: individual:
HD 8441

Звезда HD 8441 является пекулярной спектральной двойной класса A2. Линии второго компонента – слабые, поэтому мы рассматривали HD 8441 как звезду с одиночными линиями в спектре. Также звезда имеет небольшое магнитное поле.

Для звезд типа Ар характерны сильные линии редкоземельных элементов. HD 8441 особенна тем, что в ее спектре линии редкоземельных элементов – слабые. Последний факт заставил нас сделать предположение о принадлежности этой звезды к группе других звезд Ар со слабыми линиями таких элементов, уходящих с главной последовательности.

Спектр HD 8441 был получен на обсерватории пик Терскол на куде - спектрографе Maestro 2 м телескопа с разрешением $R = 40000$ в области длин волн от 3700 до 7500 ангстрем.

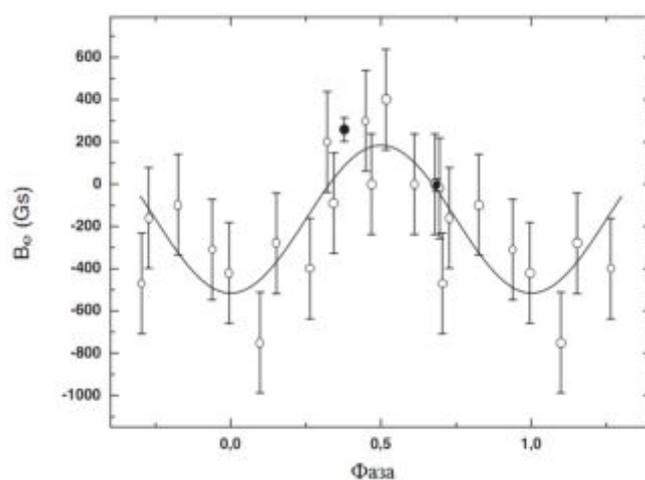


Рисунок 1. Магнитное поле HD 8441

Магнитное поле звезды было получено В. Бычковым и др. (Bychkov, 2005). Как видно из рисунка 1, амплитуда поля невелика (от -500 до 200 Гс) при периоде изменения поля ~ 1.81 день. Этот же период является периодом вращения звезды.

Используя наблюдаемые фотометрические индексы в системе Стремгрена и в женевской системе, мы получили оценочные значения эффективной температуры и логарифма ускорения свободного падения для HD 8441. Strömgren: $V=6.676$, $b-y=0.022$, $m1=0.145$, $c1=1.145$, $\beta=2.833$, Женева: $U=1.557$, $V=0.934$, $B1=0.875$, $B2=1.496$, $V1=1.640$, $G=2.109$. С помощью программы TempLogG (Kaiser, 2006), усредняя данные по калибровкам в стремгреновской системе (использовались калибровки Moon & Dworetzky 1985, Napiwotzki 1995, Balona 1994, Ribas 1997 и Castelli 1997) и женевской системе, мы получили, что эффективная температура звезды $T_{\text{eff}} = 9130 \pm 100$ К, и логарифм ускорения свободного падения $\log g = 3.57 \pm 0.19$.

Отождествление линий в спектре проводилось сравнением полученного и синтетического спектра, теоретически рассчитанного по данной атмосфере. Атомные данные для расчета взяты из базы данных VALD.

Далее, был проведен расчет сетки моделей атмосфер по программе ATLAS9 (Kurucz, 1993) – для температур в диапазоне от 8900 до 9300 К (с шагом по 100 К) и значений

логарифма ускорения свободного падения от 3.3 до 3.6 (с шагом 0.1). В результате была рассчитана серия синтетических спектров с солнечным химическим составом по программе Synth3 (Kochukhov, 2007), среди которых был выбран теоретический спектр, соответствующий параметрам атмосферы $T_{\text{eff}} = 9130$ К и $\log g = 3.4$. Выбор был обусловлен хорошей аппроксимацией наблюдаемого спектра этим синтетическим спектром в крыльях водородных линий. На рис. 2. приведен пример аппроксимации тремя моделями наблюдаемого спектра в области 4845 – 4880 Å. Черная линия – наблюдаемый спектр, синяя (верхняя) – 9300 К, красная (средняя) – 9130 К, зеленая (нижняя) – 9100 К. Скорость вращения звезды по ширине спектральных линий принята равной 7.0 км/с.

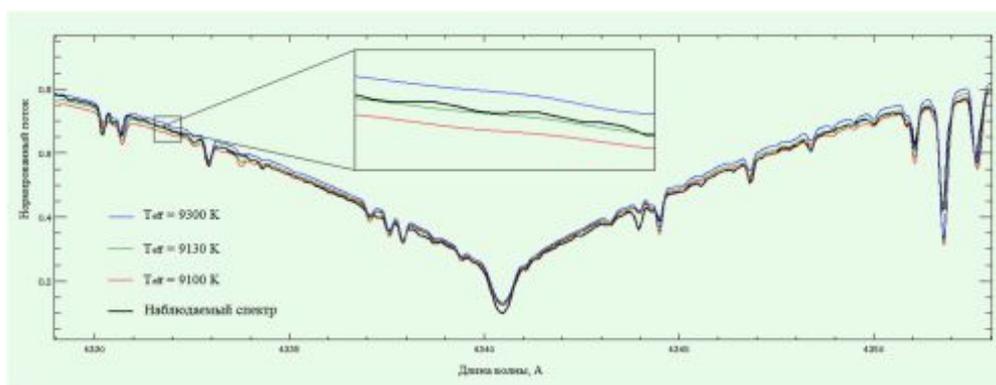


Рисунок 2. Наблюдаемый и синтетические спектры HD 8441 в области длин волн 4330-4350Å

В наблюдаемом спектре звезды нами были измерены эквивалентные ширины более чем 800 свободных от блендирования линий. По измеренным эквивалентным ширинам и по выбранной модели атмосферы с $T_{\text{eff}} = 9130$ К, $\log g = 3.4$ были определены содержания химических элементов. Для анализа химического состава использовалась версия 2010 года программы Width (Tsymbal, 1996). Содержание по индивидуальным линиям химических элементов рассчитывались для набора микротурбулентных скоростей. Окончательное значение микротурбулентной скорости, при которой отсутствует корреляция между индивидуальным содержанием и эквивалентной шириной, принято $v_{\text{micr}} = 0.3$ км/с. Содержания по индивидуальным линиям элементов / ионов усреднялись, и вычислялось стандартное отклонение.

Результат приведен в таблице 1.

Как видно на примере линий Fe 1, Fe 2, Cr 1, Cr 2, существуют значительные различия содержаний для линий одного элемента, но разных степеней ионизации. Это позволяет предположить, что в атмосфере существует стратификация элементов – т.е. неоднородное распределение элементов по атмосфере. Для стратификационного анализа нами были выбраны около 20 линий хрома и железа, которые по своим параметрам явно принадлежат разным слоям атмосферы. Например, линии с одинаковыми силами осцилляторов, но

существенно отличающимися потенциалами ионизации, и, наоборот – с похожими значениями потенциалов ионизации и различающимися силами осцилляторов.

Таблица 1. Избытки и их погрешности найденных в спектре HD 8441 линий элементов.

Элемент	Число линий	Избыток	Погрешность	Элемент	Число линий	Избыток	Погрешность
Na 1	3	-5.65	0.19	Fe 1	157	-3.99	0.19
Mg 1	4	-4.70	0.26	Fe 2	249	-3.64	0.20
Mg 2	3	-4.57	0.23	Co 1	2	-6.14	0.13
Si 2	5	-5.10	0.37	Co 2	1	-6.22	
Ca 1	3	-6.44	0.25	Ni 1	2	-6.08	0.09
Ca 2	2	-6.40	0.27	Sr 2	4	-6.98	0.25
Sc 2	1	-9.90		Y 2	6	-9.69	0.11
Ti 2	30	-7.20	0.19	Ba 2	3	-9.59	0.19
V 2	2	-8.08	0.12	La 3	2	-9.89	0.34
Cr 1	131	-4.16	0.19	Pr 3	1	-9.41	
Cr 2	214	-4.06	0.14	Nd 3	9	-9.26	0.28
Mn 1	6	-6.24	0.22	Eu 2	4	-9.36	0.04
Mn 2	10	-5.75	0.17	Gd 2	2	-9.67	0.57
				Dy 3	1	-9.17	

Сравнение наблюдаемых профилей линий хрома и синтетических профилей, рассчитанных для химически однородной атмосферы, показано на рис.3. По линиям хрома отмечена тенденция, что однородная модель атмосферы дает избытки в содержаниях для верхних слоев атмосферы, где формируется ядро линии, и недостаточное содержание для глубоких слоев атмосферы, где формируются крылья линии.

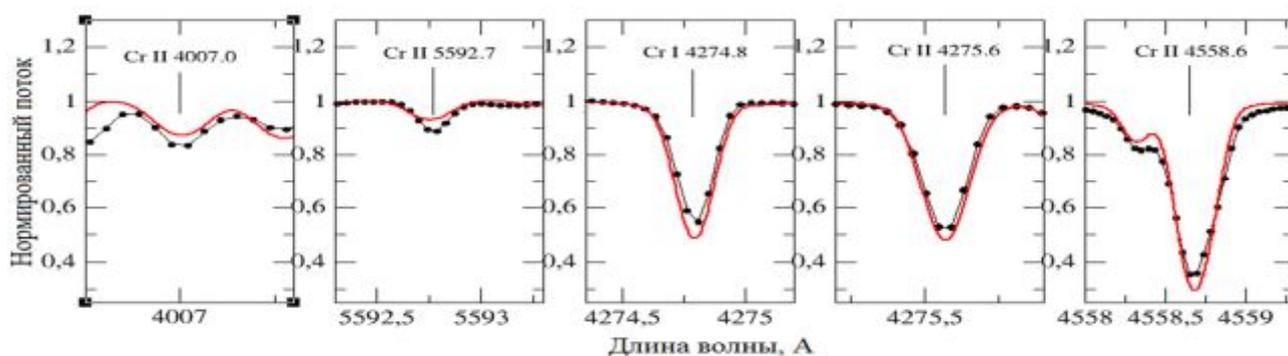


Рисунок 3. Примеры линий хрома, используемых для стратификационного анализа.

---•--- наблюдаемый спектр,

— синтетический спектр.

По линиям железа отмечена тенденция, что однородная модель атмосферы достаточно хорошо описывает ядра линий, но содержания для глубоких слоев атмосферы, где формируются крылья линий, меньше истинных.

Анализ стратификации проводился по наблюдаемым профилям с использованием программы *ddafit*, написанной О. Кочуховым (Kochukhov, 2007) на интерактивном языке программирования IDL. В этой программе распределение элемента аппроксимируется ступенчатой функцией, и мы находим 4 параметра: содержание элемента в нижних слоях атмосферы, содержание элемента в верхних слоях атмосферы, положение и ширину скачка в содержании. Параллельно, в ходе стратификационного анализа, была уточнена скорость вращения звезды, равная 7.0 км/с. Это значение принято исходя из значения отклонения полученного синтетического спектра «со стратификацией» от наблюдаемого при данной скорости вращения. Получено, что даже для разных моделей температуры звезды, на значение 7.0 км/с приходятся наиболее подходящие под наблюдаемый спектр теоретические расчеты.

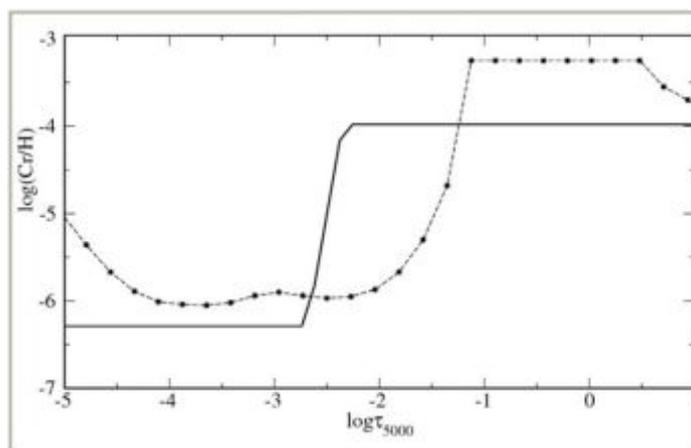


Рисунок 4. Распределение хрома в атмосфере HD 8441.

— полученное в данной работе эмпирическое распределение,
-*-*- теоретическое распределение (LeBlanc & Monin, 2004)

В результате стратификационного анализа была получена уточненная модель атмосферы, в которой распределение таких элементов как хром, железо, марганец и кальций имеет неоднородный характер. Распределение элемента в атмосфере HD 8441 на примере хрома иллюстрируется на рис.4.

Качественно, наблюдаемое нами распределение элементов согласуется с теоретически предсказанной стратификацией.

Ссылки

- Bychkov V. D., 2005, in Bychkova L. V., Madej J., eds., A&A 430, 1143-1154
- Kaiser A., 2006, in Aerts C., Sterken C., eds., ASP Conf. Ser. Vol. 349, Astrophysics of Variable Stars. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. 257
- Kochukhov O. P., 2007, in Romanyuk I. I., Kudryavtsev D. O., eds., Physics of Magnetic Stars. SAO RAS, Niznij Arkhyz, p. 109
- Kurucz R. L., 1993, ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs, CD-ROM 13, Cambridge, SAO
- Tsymbal V., 1996, in Adelman S. J., Kupka F., Weiss W. W., eds., ASP. Conf. Ser. Vol. 108, Model Atmospheres and Spectrum Synthesis. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. 198

Статистические свойства двойных звёзд и звездообразование

Дмитрий Чулков

Физический факультет МГУ, Россия

E-mail: chulkov@physics.msu.ru

Резюме. В статье обсуждаются теоретические модели звездообразования двойных звёзд и их связь с наблюдаемыми характеристиками. Для получения наблюдаемого распределения двойных по большой полуоси исследуется выборка звёзд в ближайшей солнечной окрестности. Полученное распределение показывает плохое согласие с канонически принятым законом Эпика.

Ключевые слова: звёзды: формирование – двойные: общее – двойные: визуальные

Statistical properties of binary stars and star formation

Dmitry Chulkov

Faculty of physics, M.V. Lomonosov Moscow University, Russia

E-mail: chulkov@physics.msu.ru

Abstract. We discuss theoretical formation models of binary stars and their relation to observable parameters. In order to obtain the current semi-major-axis distribution, we investigate a volume-limited sample of binaries in the solar neighborhood. The resulting distribution shows an unsatisfactory agreement with the canonical Öpik's law.

Keywords: stars: formation – binaries: general – binaries: visual

Introduction

The majority of stars in our Galaxy are in binary or multiple systems. While the physical properties and evolution of a single star are determined mainly by its mass, binary systems possess at least three fundamental parameters: component masses and orbital separation. The generally accepted log-flat distribution (Öpik's law, [1]) implies equal numbers of close and wide binaries, e.g. the number of stars with $1 < a < 10 \text{ AU}$ is roughly the same as the number of stars with $10 < a < 100 \text{ AU}$.

Star formation models

Wide and close binaries are expected to form via two different ways: core-mediated processes and disk-mediated processes [2]. In the first case, a collapsing bound gas clump fragments into two or more objects depending on the ratio of thermal, gravitational, and rotational energy. Non-linear perturbations in a turbulent cloud cause a sub-region within a core to become over-dense and collapse more rapidly than the free-fall timescale of the background core, thereby leading to the production of secondary condensation. Although these binaries are born on scales of 0.1 pc, calculations show that their separations shrink to less than 1000 AU after $\sim 10^4$ years since the formation [2].

In its turn, disk fragmentation is a promising mechanism for the formation of relatively close binaries, because the separations at birth are less than 1000 AU, and often within a hundred AU. It occurs at a slightly later evolutionary state, when stars form protostellar disks that become susceptible to gravitational instabilities and can fragment into several companions. They accrete matter from parent disk and core. Although migration can alter the orbits, disk fragmentation suggests a possible correlation between secondary mass and separation: fragmentation typically occurs towards the outer edge of the disk which is larger at late times, when there is also less mass available for the secondary to accrete.

These two mechanisms should produce different initial distributions of semi-major axis. Unfortunately, present theoretical models fail to predict exact primordial distribution either for each of them separately or for the whole population of binaries. We should not discard consequent orbital evolution that alters the initial semi-major-axis distribution. Hence, checking the statistical distributions of binaries gives insight into stellar formation and evolution process. We investigate a volume-limited sample of visual binary stars, which presumably includes binary systems formed via both described mechanisms of formation.

An analysis of the Visual binaries catalog

If both stars are observed as distinct sources of light, it is possible to measure the current angular separation and the positional angle of secondary component. In some cases, we can track the motion of stars around the center of mass over time. Then, after sufficient number of observations, the apparent orbit is fitted. Since the plane of orbital revolution usually is not perpendicular to our line of sight, we observe the projection of true elliptical orbit on the celestial sphere. A sufficiently long set of observations of the star's positions together with recorded time is sufficient to determine the inclination angle of a given binary and, therefore, the semi-major axis expressed in angular units can be calculated. Unless the distance to the binary is known, we cannot determine the actual semi-major axis expressed in linear units (e.g. km, AU).

The determined orbital elements (including angular semi-major axis) of visual binary stars are assembled in several catalogs, e.g. *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* (ORB6) [3], *Catalogue of Orbits and Ephemerides of Visual Double Stars* [4]. Further we refer to the ORB6, since it includes information about accuracy of its content. Trigonometric parallaxes are not included in this catalog. The derived orbits are of different reliability due to various factors, such as accuracy of initial observations, number of revolutions from the first to the last observation, total number of observations, etc. In order to estimate the quality of calculated orbit, grades are assigned to each entry in the catalog. The grade is a natural number varying from 1 for definitive orbits to 5 for orbits of indeterminate quality. Few interferometric binaries (which generally have good quality) have grade 8; grade 9 is given for astrometric orbits. Due to large uncertainties, orbits with grades 5 and 9 are excluded from further analysis.

The relationship between angular (a'') and linear (a) semi-major axis for a star with known parallax (π) is trivial: $a'' = a/d = a\pi$. Since ORB6 does not contain references to parallaxes, we have made a cross-identification with another catalog, containing data on trigonometric parallaxes. Confident parallax estimates were provided by the Hipparcos mission; they are available only for the nearest bright ($m < 7.3$) stars. Therefore, we have selected the survey by Raghavan et al. [5], containing relatively bright stars, as the reference catalog for our analysis. This survey comprises 454 solar-type primary stars within 25 pc from the Sun with parallax errors less than 5%. The larger distance limit would make the sample magnitude-limited and hence incomplete. Note that binaries in the solar neighborhood are less biased due to comprehensive monitoring of nearby Sun-like stars. The Raghavan survey allows us to study the statistical properties of binaries since selection effects are minimized there.

Parallaxes from the new Hipparcos astrometric catalog [6] were used. 51 pairs from the Raghavan survey were found in ORB6 after cross-matching. Multiple systems were listed as separate entries. Figure 1 shows the observed distribution of binaries by semi-major axis in angular units, Fig. 2 represents the resulting distribution in linear units.

Results

The obtained distribution shows unsatisfactory agreement with the canonical Öpik's law. Certainly, the number of systems with large a is underestimated in our sample because the time span from first to last observation is still insufficient to accomplish the full orbit coverage for wide systems with long orbital periods. Nevertheless, the distribution form in separation range $a < 10 AU$ does not fit the log-flat law. This remains an issue since the examined sample consists of nearby well-studied stars and pretends to be complete.

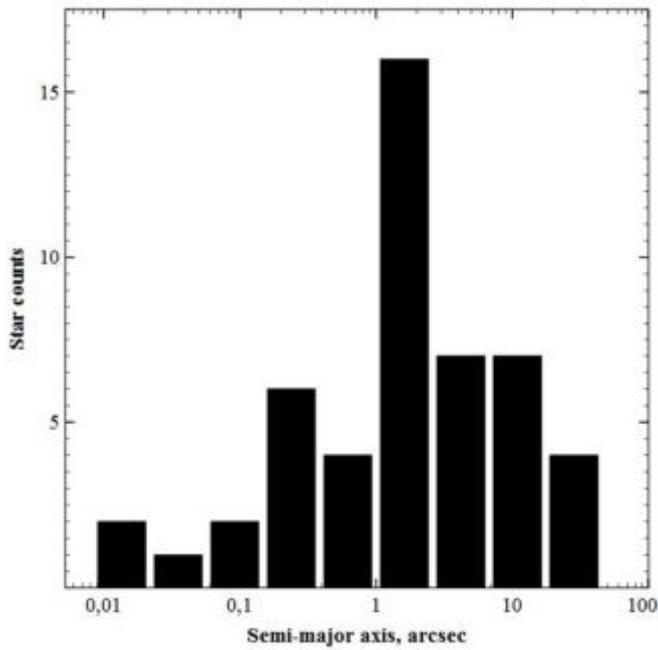


Figure 1: the observed angular semi-major axis distribution in the Raghavan sample.

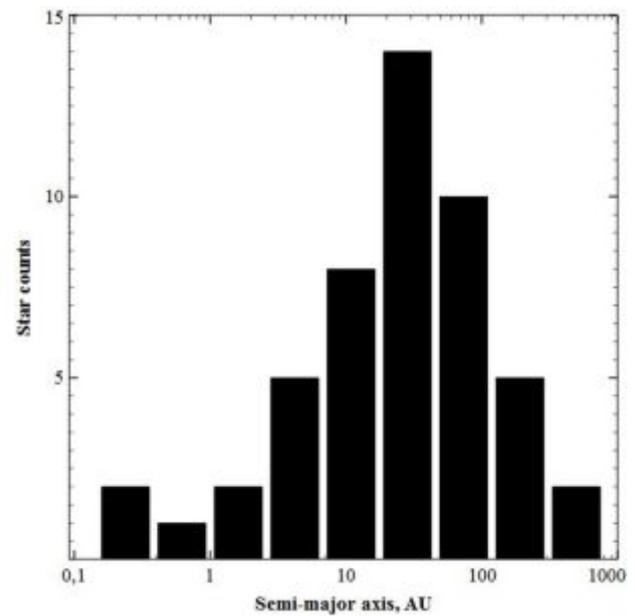


Figure 2: the observed linear semi-major axis distribution in the Raghavan sample.

Acknowledgments

I thank Oleg Malkov, Dmitry Trushin, Anastasia Isaeva for valuable comments. This research has made use of NASA's Astrophysics Data System, VizieR database, operated at CDS, Strasbourg, France, Tool for OPERations on Catalogues And Tables.

References

1. E. Öpik. 1924. Tartu Obs. Publ 25.
2. K. Kratter. 2011. "The Formation of Binaries". Proceedings for the ESO Workshop 'Evolution of Compact Binaries'
3. W. Hartkopf, B. Mason. "Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars". U.S. Naval Observatory, Washington, DC. Current version: <http://ad.usno.navy.mil/wds/orb6.html>
4. J. Docobo, et al. "Catalogue of Orbits and Ephemerides of Visual Double Stars". Observatorio Astronómico Ramón María Aller. Current version: <http://www.usc.es/astro/catalog.htm>
5. Raghavan D., et.al. 2010, ApJS 190, 1
6. F. van Leeuwen. 2007, A&A 474, 653

Оценка состояния звёзд с активностью солнечного типа по виртуальным наблюдениям КрАВО

А.А. Долгов, Алексей А. Шляпников

Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО), Украина

E-mail: aas@crao.crimea.ua

Резюме. В работе представлены результаты обработки негативов с прямыми изображениями неба из стеклянной библиотеки КрАО, ставших частью on-line архива Крымской астрономической виртуальной обсерватории (КрАВО). По полученным данным произведены оценки параметров звезд-карликов, вошедших в каталог "Звёзд с активностью солнечного типа" (GTSh10). Рассмотрены: методика поиска негативов по координатам исследуемых звёзд и расчётной предельной проницающей звёздной величине; просмотр изображений и их обработка средствами Международной виртуальной обсерватории; предварительные результаты фотометрии изучаемых объектов.

Estimation of the state of solar activity type stars by virtual observations of CrAVO

A.A. Dolgov, Aleksey A. Shlyapnikov

Crimean Astrophysical Observatory (CrAO), Ukraine

E-mail: aas@crao.crimea.ua

Abstract. The results of precosseing of negatives with direct images of the sky from CrAO glass library are presented in this work, which became a part of on-line archive of the Crimean Astronomical Virtual Observatory (CrAVO). Based on the obtained data, the parameters of dwarf stars have been estimated, included in the catalog "Stars with solar-type activity" (GTSh10). The following matters are considered: searching methodology of negatives with positions of studied stars and with calculated limited magnitude; image viewing and reduction with the facilities of the International Virtual Observatory; the preliminary results of the photometry of studied objects.

Результаты наблюдений магнитного поля звёзд с гелиевыми аномалиями на 6-м телескопе

Илья Якунин (elias@sao.ru), Иосиф Романюк (roman@sao.ru),

Дмитрий Кудрявцев (dkudr@sao.ru), Евгений Семенко (sea@sao.ru)

Специальная астрофизическая обсерватория, Российская Академия Наук (САО РАН),

Нижний Архыз, Россия

Резюме. В статье представлены измерения магнитного поля горячих химически пекулярных звезд с аномальными линиями гелия на 6-м телескопе в 2010-2011 гг. В рамках программы получены данные для более чем 50 звезд. У 10 звезд магнитное поле было найдено впервые. Для двух ранее известных магнитных звезд HD 36485 и HD 35298 циркулярно поляризованные спектры были получены в различные фазы периода вращения. Обе звезды показывают необычно сложное распределение параметра Стокса V, который значительно меняется с вращением объектов.

Ключевые слова: звёзды: химически пекулярные, звёзды: магнитные поля

Results of magnetic field observations of stars with helium anomalies using the 6-m telescope

Илья Якунин (elias@sao.ru), Iosif Romanyuk (roman@sao.ru),

Dmitry Kudryavtsev (dkudr@sao.ru), Eugene Semenko (sea@sao.ru)

Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Science (SAO RAS),

Nizhny Arkhyz, Russia

Abstract. We present new longitudinal magnetic field observations of hot CP stars with helium anomalies obtained with the 6-m telescope in 2010 and 2011. The survey includes more than 50 objects. For 8 stars, the magnetic field was detected for the first time. For 2 previously known magnetic stars, HD 36485 and HD 35298, circular polarized spectra were obtained at different phases of the period. Both stars show lines with unusual complicated distribution of Stokes V, which is changing strongly during their rotation.

Keywords: stars: chemically peculiar, stars: magnetic fields

Introduction

About 15% of stars in the upper main sequence of the Hertzsprung–Russell diagram have clearly pronounced chemical anomalies. Spectra of these stars host unusually strong or weak lines of silicon, metals, and some other chemical elements, including rare earths. Since 1970s, it became clear that such anomalies have a chemical nature. Following Preston (1974), such objects are called chemically peculiar (CP) stars. He divided all known CP stars into four subgroups with increasing temperature.

The hottest stars in this classification are the stars with anomalous helium lines, in the 13000–25000 K temperature range. Like cooler Ap/Bp stars, they reveal strong magnetic fields in their atmospheres.

Furthermore, many authors point out that the hottest and most complex magnetic fields are hosted in the hot CP stars of spectral types between B2 and B6.

We aim to investigate the amplitude and geometry of magnetic fields of hot B-stars with anomalies in helium abundance. There are two subgroups of such stars: He-strong and He-weak stars. Almost all of them are members the young open clusters, although there are also field stars. Most of them are fast rotators (typical periods of rotation of 1–2 days). The number of lines in their spectra is usually small; in addition, they are broadened by rotation, and it significantly impairs the accuracy of magnetic-field measurements.

Magnetic measurements are performed using polarized spectra with a high signal-to-noise ratio; therefore, they require too much observing time at the largest telescopes. To improve the efficiency of the search for new magnetic stars, it is necessary to find criteria to pre-select candidates with magnetic field.

For this purpose, we started a new program of observations of B stars at the Special Astrophysical Observatory. For the study, we selected more than 350 candidates from different sources. At present, we have carried out observations of more than 100 B stars with the SAO 1-m telescope, most of them not investigated earlier. Approximately 30 of them show abnormal (weak or strong compared to usual) He lines. In this investigation, we assume that the presence of such anomalies is a good indicator of the presence of magnetic fields for main-sequence B-stars and try to examine this assumption.

Stars with the strongest anomalies in the helium lines will be first-order candidates for observations with the Zeeman analyzer at the 6-m telescope. In this paper, we present the first results of our longitudinal-magnetic-field observations of hot CP stars with helium anomalies obtained with the 6-m telescope during the winter of 2010–2011.

Observations and data reduction

Spectroscopic observations with the 1-m telescope were performed with the UAGS spectrograph, providing a spectral resolution of $0.7 \text{ \AA}/\text{pix}$. We used the $\lambda 3800\text{--}5200 \text{ \AA}$ spectral range to detect and analyze continuum, helium lines, and some other spectral features if they are present. We carried out observations of objects down to the 10th magnitude. The spectra were reduced using the NOAO IRAF package.

We use the Main Stellar Spectrograph (Panchuk 1998) at the 6-m telescope to observe candidates selected from the analysis of our observations with the 1-m telescope. It is equipped with a circular-polarization analyzer with an image slicer, a rotating quarter-wave plate (Chountonov 2004) and a $2 \text{ k} \times 4.6 \text{ k}$ CCD detector. The spectrograph is located at the Nasmyth focus of the telescope. The observations were made in the $4385\text{--}4936 \text{ \AA}$ wavelength range, with the spectral resolution $R=14000$. The spectrum of a ThAr lamp is used for wavelength calibration. The data reductions and longitudinal field measurements were performed using the ZEEMAN context of the MIDAS package, written by Kudryavtsev (2000).

Selection of candidates

As primary candidates, we have chosen 350 B stars from different sources for which information of different anomalies in the spectra is available. Among the cooler B stars, we have chosen those with the flux depression at $\lambda 5200 \text{ \AA}$ still visible. Most of the stars were chosen based on the analysis of the data of the Renson & Manfroid (2009) catalog of CP stars. Besides, we included several stars that are members of young open clusters in our sample. We also included normal B stars and previously known magnetic B stars in the observational list for calibration purposes.

Selection of candidates for observations at the 6-m telescope was based on the measurement of the equivalent width of the He $\lambda 4471 \text{ \AA}$ and $\lambda 4713 \text{ \AA}$ lines. Equivalent widths of possible candidates for magnetic stars were compared to those measured for observed standard stars of the same spectral type. If the values for the program star differ significantly from those for the standard one, we include the former into our observational list for the 6-m telescope. In some cases, not only helium lines were the cause for including the star in our further observations. Stars with unidentified lines, or with lines that are non-typical for their spectral type, are also included in the list. Then, the selected candidates were observed at the 6-m telescope.

Two previously known magnetic stars, HD 36485 and HD 35298, were included in the 6-m-telescope observational list for detailed study. For these objects, observations with circular-polarization analyzer were carried out several times during the set.

Results

Table 1 presents new magnetic stars discovered during two sets in the winter of 2010–2011. The columns of the Table are: HD number of the star; its spectral type; the longitudinal magnetic-field component B_e and its rms error σB_e .

The stars HD 36485 and HD 35298 are not included in the Table. They will be examined in the next section of the paper.

Table 1. New magnetic stars

HD number	Sp. type	V	B_e , Gauss	σB_e
HD 17330	B9	7.11	−450	50
HD 35881	B8	7.77	−1990	660
HD 37525	B5	8.06	615	400
HD 37687	B8	7.04	507	40
HD 260858	B6	9.14	693	82
HD 43112	B1	5.89	114	40
HD 161480	B8	7.70	200	80
HD 331413		8.82	410	90
HD 188501		8.04	-2310	80

Comments on individual stars

In this section, we present the results of our magnetic field measurements for the previously known magnetic stars HD 36485 and HD 35298, performed at different rotation phases. Both stars were found as hosting magnetic fields by Borra (1981) after observations with a Balmer-line magnetometer.

HD 36485

The He-strong star δ Ori C is a famous binary system established by Leone & Catanzaro (1999). Recently, Leone et al. (2010) carried out a detailed study of this star and revisited its orbital elements and some other physical parameters. In particular, they found a rotational velocity of $v \sin i = 32$ km/s ignoring magnetic field and microturbulence. They also determined the magnetic field from the CII 6578.052 and CII 6582.882 lines and phased it with the data from Bohlender et

al. (1987) and Mathys & Hubrig (1997), with the period derived from long-term H α spectrum variations as $P = 1.47775$ days. We used our circular polarization spectra to determine magnetic field variations with phase. The best fit is obtained with the period of 1.495 days (Fig. 1). However, previous magnetic measurements are in a poor agreement with our period.

Table 2. Longitudinal magnetic field of HD 36485

HJD	Be, Gauss	σ_{Be}
2455553.247	-2940.	230.
2455553.480	-2200.	200.
2455554.264	-3580.	270.
2455554.399	-3700.	210.
2455555.253	-3080.	230.
2455555.485	-3330.	240.
2455582.279	-2800.	250.
2455583.280	-2460.	250.
2455873.637	-2879.	298.

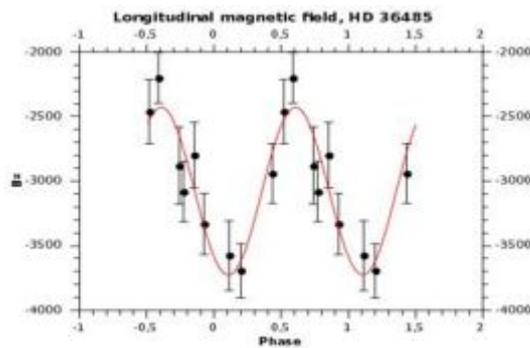


Figure 1. Variations of the longitudinal magnetic field of HD 36485

HD 35298

The helium-weak star HD 35298 is a member of the Ori OB1a association ($\log t=7.3$). North (1984) derived a period of $P=1.85336$ days. This star exhibits a double-wave light curve with all colors varying in phase. Borra (1981) discovered its magnetic field. Adelman and Rice (1999) revisited the period and found it to be $P=1.85457$ days.

In our database of magnetic stars, the basic parameters are the following: $T_{\text{eff}}=15200\text{K}$, rotational period $P=1.85336$ days, $v \sin i=57$ km/s.

This star has one intriguing feature. At some phases, the same spectral lines have different shapes in the oppositely polarized spectra (see Fig. 2).

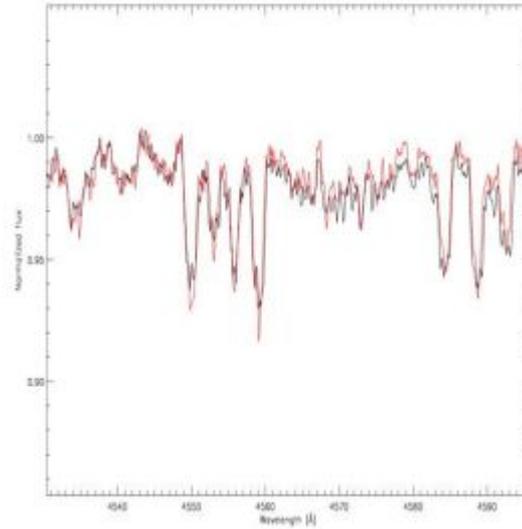


Figure 2. Different shapes of lines in opposite polarization.

For correct measurements of the magnetic field, one needs to reject such lines and this, in turn, increases the measurement error. Figure 3 presents the longitudinal magnetic field phased with the period $P=1.85457$ days.

Table 3. Longitudinal magnetic field of HD 35298

HJD	B, Gauss	σ_{Be}
2455554.300	-5700.	300.
2455582.390	-4916.	587.
2455583.344	2684.	500.
2455584.376	1667.	800.
2455841.565	-4390.	410.
2455842.447	4609.	296.
2455842.597	3736.	320.
2455843.462	-5102.	332.
2455843.595	-5487.	376.
2455873.532	-5700.	520.

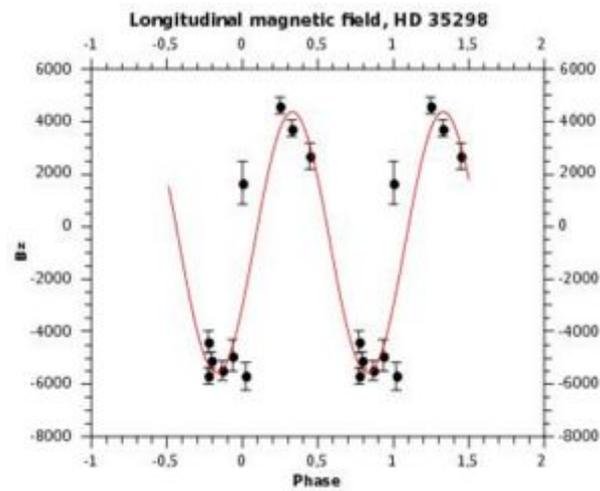


Figure 3. Variations of the longitudinal magnetic field of HD 35298

We need more data points to a certain judgment on the character of the field variations during the rotation. The longitudinal field shows a large scatter.

Conclusion

We carried out observations of 55 B stars with helium anomalies using a Zeeman analyzer at the 6-m telescope of the SAO RAS. For 9 objects, magnetic fields were detected for the first time.

For two stars, variation curves of the longitudinal magnetic field were plotted. Further observations are needed. The program will be continued.

References

- Adelman, S.J. & Rice, R.H. 1999, *A&AS* 136, 111
 Bohlender, D.A., Landstreet, J. D., Brown, D.N. et al. 1987, *ApJ* 323, 325
 Borra, E.F. 1981, *ApJ* 249, 39
 Chountonov, G.A. 2004, in: Proc. Int. Conf. "Magnetic Stars" (eds: Glagolevskij Yu.V., Kudryavtsev D.O., Romanyuk I.I.), p. 286
 Kudryavtsev, D.O. 2000, *BaltA* 9, 649
 Leone, F. & Catanzaro, G. 1999, *A&A* 343, 273
 Leone, F., Bohlender, D.A., Bolton, C.T., et al. 2010, *MNRAS*, 401, 2739
 Mathys, G. & Hubrig, S. 1997, *A&AS* 124, 475
 North, P. 1984, *A&AS*, 55, 259
 Panchuk, V.E. 1998, SAO Technical Report 258
 Preston, G.W. 1974, *ARA&A*, 257
 Renson, P. & Manfroid, J. 2009, *A&A*, 498, 961



Доклады молодых ученых

Галактики и космология

Talks by Young Scientists

Galaxies and Cosmology

Исследование и классификация спектров SDSS для Бюракан-IRAS галактик

Гоар Арутюнян¹, Арег Микаелян²

1 - Ереванский государственный университет (ЕГУ), А. Манукян 1, Ереван 0025, Армения

Эл. почта: goharutyunyan@gmail.com

2 - Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область,

Армения. E-mail: aregmick@aras.am

Выборка Бюракан-IRAS галактик была создана на основе оптических отождествлений точечных источников каталога IRAS PSC (IRAS Point Source Catalog) на высоких галактических широтах. В результате были отождествлены 1178 галактик. 171 из них была спектроскопически исследована с помощью Бюраканского 2.6-м телескопа, 6-м телескопа Специальной астрофизической обсерватории и 1.93-м телескопа обсерватории Haute Provence. Кроме того, 81 галактика имела спектры в SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Мы извлекли эти спектры, классифицировали их, измерили спектральные характеристики, провели кросс-корреляции с многоволновыми каталогами. Были построены диагностические диаграммы и исследованы различные физические свойства этих объектов. Среди них обнаружены 47 HII-галактик, 17 сейфертовских галактик, 1 LINER, 10 объектов с составным спектром и еще 6 других галактик с эмиссионными линиями. 4 из этих объектов были классифицированы как ULIRG.

Study and classification of SDSS spectra for Byurakan-IRAS Galaxies

Gohar Harutyunyan¹, Areg Mickaelian²

1 - Yerevan State University (YSU), A. Manoogian 1, Yerevan 0025, Armenia

E-mail: goharutyunyan@gmail.com

2 - Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia

E-mail: aregmick@aras.am

Abstract. The sample of Byurakan-IRAS galaxies (BIG) has been created based on optical identifications of the IRAS Point Source Catalog (PSC) at high galactic latitudes. As a result, 1178 galaxies have been identified. 171 of them have been observed spectroscopically with Byurakan 2.6 m, SAO (Special Astrophysical Observatory) 6 m, and OHP (Observatoire de Haute Provence) 1.93 m telescopes. In addition, 81 galaxies have been found to have spectra in the Sloan Digital Sky Survey (SDSS). We have extracted these spectra, classified them, measured spectral features, made cross-correlations with multiwavelength catalogs. Diagnostic diagrams have been built and different physical properties of these objects have been studied. Among these 81 objects, 47 HIIs, 17 Seyfert galaxies, 1 LINER, 10 composite-spectrum objects, and 6 other emission-line galaxies have been revealed. 4 of these objects have been classified as ULIRGs.

1. Introduction

The Infrared Astronomical Satellite (IRAS) was the first-ever space-based observatory to perform a survey of the entire sky at infrared wavelengths. It mapped 96% of the sky four times, at 12, 25, 60 and 100 μm wavelengths, with resolutions ranging from 30" at 12 μm to 2' at 100 μm . It discovered about 350,000 sources, many of them still awaiting identification. About 75,000 of these sources are believed to be starburst galaxies, still enduring their star-formation stage.

About half of all IRAS sources are still not identified and there is need for optical identifications. Since 1995, a project of optical identifications has been carried out in Byurakan, which resulted in revealing 1178 galaxies and 399 stars, named Byurakan Infrared Galaxies (BIG) and Byurakan Infrared Stars (BIS) respectively (Mickaelian 1995; Mickaelian & Sargsyan 2004; Mickaelian & Gigoyan 2001). BIG objects have been studied spectroscopically using Byurakan 2.6 m, Special Astrophysical Observatory (SAO, Russia) 6 mand Observatoire de Haute-Provence (OHP, France) 1.93 m telescopes. 102 galaxies with star formation regions (HII), 29 galaxies with active nuclei, and 19 galaxies with a composite spectrum of BIG already discovered. The spectra of 12 of the galaxies showed signs of emission, but without the possibility of a more precise determination of their activity class; 9 galaxies appeared to have star formation rates that do not exceed normal; and one object was an absorption galaxy. In addition, some of them turned to be ULIRGs (Mickaelian & Sargsyan 2010). After accomplishment of the Sloan Digital Sky Survey, 81 more BIG objects have been observed spectroscopically. SDSS gives redshifts of these objects, but no activity types. The main objective of this study is to classify these spectra.

2. Observational material

As observational material, we had 81 spectra of BIG objects, spectroscopic redshifts, heights (intensities) and equivalent widths of spectral lines from the Sloan Digital Sky Survey Data Release 7 (Adelman-McCarthy et al. 2010). We cross-correlated these 81 objects with IRAS Point Source Catalog (IRAS 1988) and IRAS Faint Source Catalog (Moshir et al. 1990) and extracted the photometric fluxes of our sample objects given in these catalogs.

3. Workflow

We started the studying of spectra with identifications of spectral lines. We decided to use only lines having intensities of at least 3σ of the noise. We studied the influence of H β absorption component on the emission one, which is important for using the numerical data given in the tables of SDSS data. After identification of lines, we decided which lines we should use to build diagnostic diagrams.

The classification of objects had been done:

1. By eye (taking into account all features and effects);
2. By the 1st diagnostic diagram;
3. By the 2nd diagnostic diagram;
4. By both the 1st and the 2nd diagnostic diagrams.

Classification by eye has been done to compare to the classification by diagnostic diagrams and because not all objects appeared on them. We built diagnostic diagrams using $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$, $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$, and $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ line intensities ratios (Veilleux & Osterbrock 1987). In the 1st diagnostic diagram (Figure 1a), we used the $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ and $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ line intensities ratios, and for the 2nd diagnostic diagram (Figure 1b), $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ and $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$.

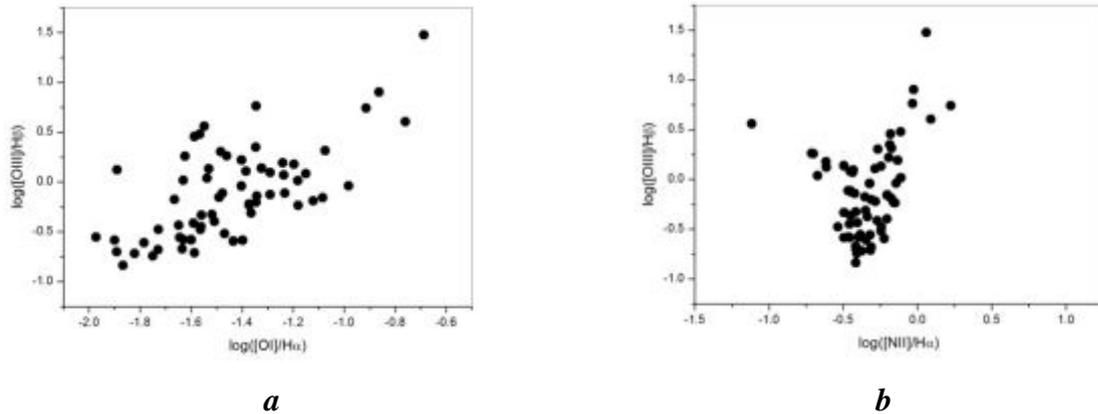


Figure 1. The diagnostic diagrams. (a) $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ vs. $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$; (b) $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ vs. $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$.

To classify a LINER by eye, we used both the 3727 Å and 6300 Å lines (Heckman 1980), which we did not use on diagnostic diagrams. We classified Seyfert galaxies using work by Osterbrock (1980). We classified the spectrum in Fig. 2a as a Sy 1.2 galaxy. For classification of HIIs (Fig. 2b), we used the study by Weedman (1977), and for composite-spectrum objects (Fig. 2c), criteria from Veron et al. (1997).

In addition to the lines used in the diagnostic diagrams, typically $\text{H}\gamma$ – $\text{H}\delta$, $[\text{OIII}]$ 4363, HeI 5876, and other lines appear for these objects.

Activity Type	HII	LINER	Sy2	Sy1.9	Sy1.2	HII/ LINER	HII/Sy	Em
Number of Objects	47	1	15	1	1	2	8	6

We are going to add these results to our previous findings and to study a more complete sample of BIG objects.

5. References

- Adelman-McCarthy J.K. et al. 2009, ApJS 182, 543
Duc P.A., Mirabel I.F., Maza J. 1997, A&AS 124, 533
Heckman T.M. 1980, A&Ap 87, 152
IRAS 1988, Joint IRAS Science Working Group. Infrared Astronomical Satellite Catalogs. The Point Source Catalog, v2.0, NASA RP-1190
Mickaelian A.M. 1995, Ap38, 625
Mickaelian A.M. & Gigoyan K.S. 2001, Afz 44, 222
Mickaelian A.M. & Sargsyan L.A. 2004, Afz 47, 109
Mickaelian, A.M. & Sargsyan, L.A. 2010, Ap 53, 483
Moshir M., Kopan G., Conrow T. et. al. 1990, Infrared Astronomical Satellite Catalogs, The Faint Source Catalog, v2.0
Osterbrock D.E. 1980, Proc. 9th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, Munich, West Germany, Dec. 14–19, 1978, New York, New York Academy of Sciences, p. 22
Sanders D.B. & Mirabel I.F. 1996, Ann. Rev. Astron. Astrophys.34, 749
Sargsyan L.A., Mickaelian A.M. 2010, Ap 49, 19
Veilleux S. & Osterbrock D.E. 1987, ApJS 63, 295
Veron P., Goncalves A.C., Veron-Cetty M.-P. 1997, A&Ap 319, 52
Weedman, D.W. 1977, Vistas in Astronomy 21, 55

Распределение темной материи в скоплении галактик Abell 1689

Юрий Бабик, Ирина Вавилова

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета, Украина

E-mail: babikyura@ukr.net, babikyura@gmail.com, vavilova@nas.gov.ua

Резюме. Мы представляем результаты обработки Чандра наблюдений скопления галактик Эйбелл 1689, очень горячего скопления ($kT = 10.04$ keV) с красным смещением $z = 0.1832$, мы получили распределения для температуры, плотности и массы газа и тёмной материи в скоплении для радиального распределения по отношению к радиусу R_{200} . Этот радиус соответствует контрасту плотности $\delta \sim 200$ к критической плотности Вселенной, отнесённой на определённое красное смещение. Распределение тёмной материи хорошо описывается с помощью НФВ - модели. Предположив гидростатическое равновесия и сферическую симметрию, мы использовали наблюдаемое распределения температуры и численное моделирование для профиля плотности газа, чтобы получить распределения массы в скоплении ($M_{200} = (9.36 \pm 1.21) \cdot 10^{14} M_{\odot}$). Распределения газа сосредоточено в центре скопления, в первую очередь, как результат распределения тёмной материи. Отношения масс рентгеновского газа к полной массе увеличивается с увеличением радиуса к ~ 0.2 . Также мы использовали метод де-проекции данных для более точной оценки масс.

Ключевые слова: методы: симуляции N-тел – галактики: рентгеновские скопления галактик – космология: тёмная материя

The dark matter distribution in the Abell 1689 galaxy cluster

Iurii Babyk, Irina Vavilova

*National Taras Shevchenko University of Kyiv, Main Astronomical Observatory,
National Academy of Science of Ukraine, Akademika Zabolotnogo st., 27, Kyiv, Ukraine*

E-mail: babikyura@ukr.net, babikyura@gmail.com, vavilova@nas.gov.ua

Abstract. We present the results of our processing of Chandra observations of Abell 1689, a very hot ($kT = 10.04$ keV) galaxy cluster at $z = 0.1832$. We reconstructed the temperature, density, and mass profiles of the gas and dark matter over the radial range up to R_{200} . This radius corresponds to a density contrast $\delta \sim 200$ to the critical density of the Universe at the redshift of the cluster. The dark matter distribution is well described by the NFW model. Assuming hydrostatic equilibrium and spherical symmetry, we use the observed temperature profile and numerical simulations for the gas density profile to produce the total mass distribution of the cluster ($M_{200} = (9.36 \pm 1.21) \cdot 10^{14} M_{\odot}$). The gas distribution is peaked in the center, primarily because of the cusp in the dark matter distribution. The X-ray gas content to the total mass ratio rises with increasing radius to ~ 0.2 . To estimate the masses more precisely, we used the method of deprojection of the data.

Keywords: methods: N-body simulations - galaxies: X-ray galaxy cluster - cosmology: dark matter

1. Introduction

About 20% of the matter in the Universe is the so called dark matter, and emission directly from this matter has not been detected at any wavelength. However, the presence of this matter is inferred from different observations which have shown that the galaxy clusters contain dark matter and intracluster gas.

X-ray clusters have a very high luminosity due to the high temperature (10^{7-8} K) of intracluster medium (ICM). In rich clusters, most of the luminous mass ($\sim 20\%$ of the total cluster mass) emits from this hot medium. Observations of this hot intracluster medium permit a sensitive determination of the properties of dark-matter structure, which can then be compared to the results of numerical simulations.

Measuring the mass distribution of a galaxy cluster is central to a number of methods for constraining cosmological parameters. Potential estimates include the baryonic density Ω_b , the dark matter distribution etc.

In this paper, we describe our data analysis of the Chandra observations of Abell 1689. The spectral analysis and radial temperature profiles are described in Section 2. In Section 3, we give the modeling of the mass distribution and describe the DSDEPROJ method of spectrum deprojection [9, 10]. In Section 4, we discuss the ICM characteristics and the hydrostatic equilibrium within the R_{200} radius (a radius within which the mean cluster mass density is 200 times the cosmic critical density), such as the total cluster mass (M_{200}) and the fraction of dark matter within R_{200} .

We use $H_0 = 73 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, assuming a flat universe with $\Omega_m = 0.27$. Errors are given at the 90% confidence level.

2. Observation and data analysis

A1689 is the richest of the Abell clusters, one of only nine that have a richness of four or higher (A665 is the only cluster of richness five). It is at a redshift of $z \sim 0.18$, with a virial radius of $R_{200} = 1.15 \text{ Mpc}$ (or $1.13 h^{-1} \text{ Mpc}$ [7]) and hence about 10 arcmin. The entire core of the cluster fits within the single Chandra ACIS chip [1]. A1689 has a variety of published redshift estimates, ranging from 0.183 [11] to 0.203 [5].

In our work, we have chosen the redshift $z = 0.1832$ (<http://ned.ipac.caltech.edu>). In 2006, Halkola et al. [6] estimated the velocity dispersion $\sigma \sim 1500 \text{ km s}^{-1}$ for this cluster, placing the galaxy in the upper $\sim 1\%$ of cluster members for the low- z estimate. Abell 1689 is a regular galaxy cluster (Fig. 1) with the diameter of ~ 13 arcmin. The X-ray emission from the ICM is peaked in the center (RA: 13:11:29.455; DEC: $-01:20:28.14$, 2000.0).

The data sets analyzed in this paper are those that were examined in [3,4]. We used the CIAO software package and Chandra archive data from HEASARC (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov>). The observation was conducted in March 2006 with the ACIS-I detector (the exposure time was 77 ks).

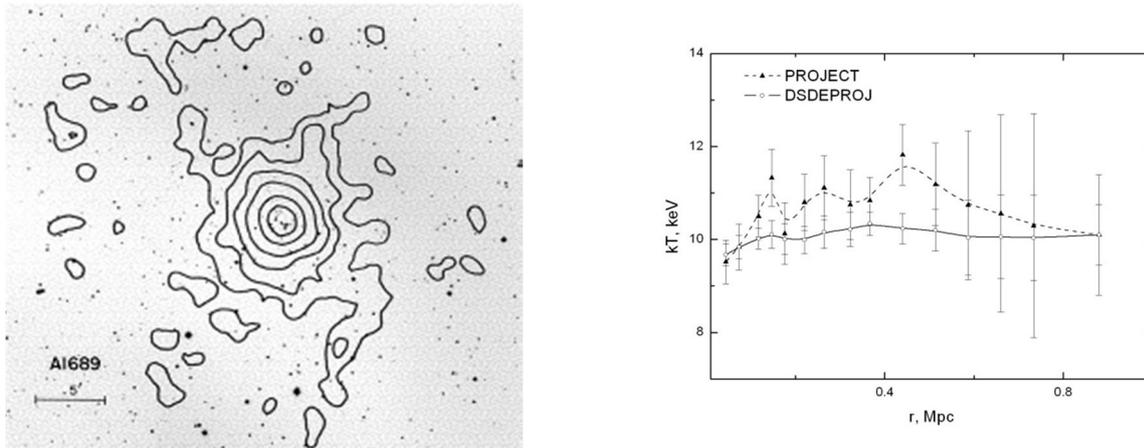


Figure 1: Left: The image of Abell 1689 taken from DSS.
Right: The radial temperature profiles of A1689.

We have obtained the image of A1689, split into annuli with 4000 (± 50) in each ring, and removed point sources. For the spectral analysis, we extracted spectra from each ring. The same procedure was applied to the spectra from the background event files with the same size of ring for foreground. To analyze the spectra, we fit them in Xspec version 12.6 [2]. The energy range 0.5–7.0 keV was used during fitting, and the spectra were grouped to have at least 50 counts per spectral bin. For fitting, we used the MEKAL thermal spectral models.

The results from fitting the cluster data using the model in Xspec can be misleading. Because we obtained different parameters from projection image, it is needed to obtain these parameters from 3D images. For this aim, we used the DSDEPROJ method [10]. The routine takes spectra extracted from annuli in a sector, and their blank-sky background equivalents. From each spectrum, we subtract the respective blank-sky background spectrum.

3. Modeling

3.1. The modeling of surface brightness profile

We used numerical simulations and the Navarro–Frenk–White (NFW) density profile of dark matter [8] for reconstruction of the dark matter distribution. Our model assumes that the cluster is spherically symmetric and that the gas is in hydrostatic equilibrium with the cluster potential. The NFW density profile has the following form:

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{\left(\frac{r}{r_s}\right)\left(1 + \frac{r}{r_s}\right)^2},$$

where ρ_0 is the characteristic density of dark matter; r_s is the core radius of dark matter halo. A massive dark matter halo is characterized by a gravitational potential field that determines the shape of the hot gas halo.

For estimating the total mass, we used the usual approach, namely to model the (deprojected) gas temperature, $T(r)$, and density, $\rho(r)$, separately and combine them to infer the mass profile under the assumption of hydrostatic equilibrium (HSE), via the following equation:

$$M(< r) = -\left(\frac{kT(r)r}{G} \mu m_p\right) \left(\frac{d \ln \rho}{d \ln r} + \frac{d \ln T}{d \ln r}\right),$$

where μ is the mean molecular weight of the gas and m_p is the proton mass.

3.2. The deprojection technique

Direct Spectral Deprojection (DSDEPROJ) is a model-independent approach, assuming only spherical symmetry, which solves some of the issues inherent to model-dependent deprojection routines for X-ray spectra [9, 10]. DSDEPROJ starts with spectra extracted from a series of concentric annuli in a sector of the X-ray cluster image and subtracts off suitable blank-sky background spectra. Assuming spherical symmetry and using appropriate volume scaling factors, DSDEPROJ subtracts projected spectra from each successive annulus to produce a set of deprojected spectra.

4. Discussion

From the X-ray observational data for A1689, we got the normalization parameter of the best-fit MEKAL model norm MEKAL , which was fitted by norm_{sim} values from simulations. Therefore we were able to obtain the field of hot gas density. We reconstructed the parameters of dark matter distribution by fitting the observational X-ray data with our modeling results. For two parameters, ρ_0 and r_s , we determined the cluster potential and the distribution of hot gas. It helped us to build the emission-measure profiles and then compare them to the observed ones (see Fig. 2). We have checked by a χ^2 test that our model corresponds to the data at the significance level of 90%. We used two free parameters, ρ_0 and r_s , for reconstruction of the density and mass (see Fig. 3) distributions for dark matter and intracluster gas.

We have obtained the total mass $M_{200} = (9.36 \pm 1.21) 10^{14} M_{\odot}$. Also, we have estimated the fraction of gas and dark matter in the total mass of Abell 1689; for gas, it is ~ 0.1 and for dark matter, ~ 0.9 . Note that the total mass is the sum of the dark-matter and gas masses; we did not take into account the mass of galaxies in the cluster.

Acknowledgments

Iu. Babyk would like to thank Areg Mickaelian, Gohar Harutyunyan, and other members of the organizing committee for the excellent conference and possibility to participate in it. This study was partially supported in the frame of the ‘‘Cosmomicrophysics’’ program of the NAS of Ukraine.

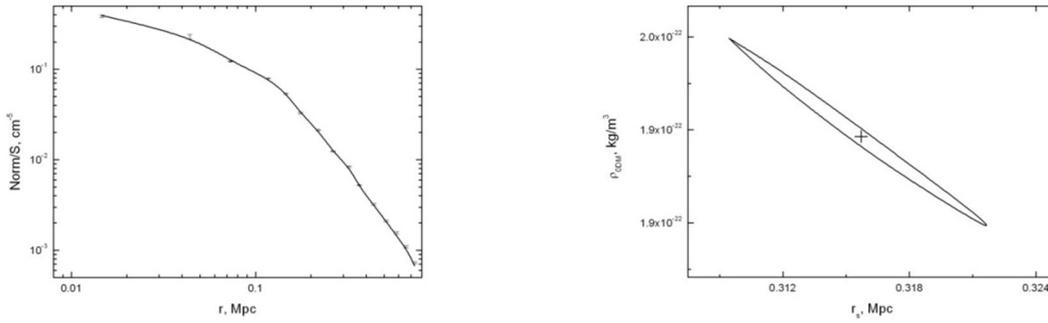


Figure 2: Left: The surface brightness profile of Abell 1689. Right: The distributions of r_s and ρ_0 at the 90% confidence level.

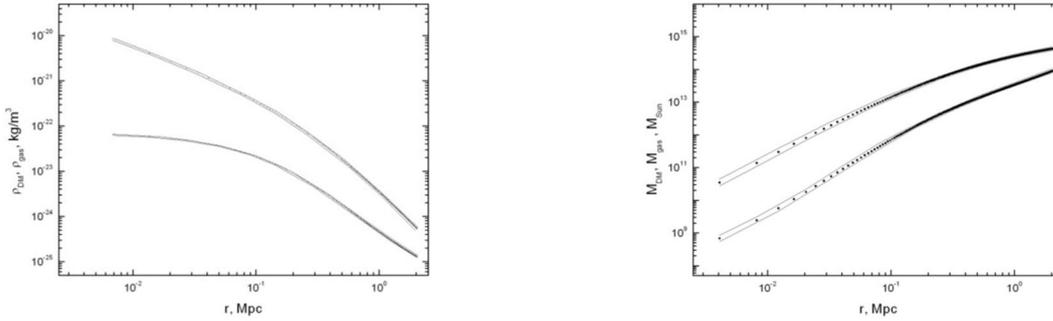


Figure 3: Left: The density profiles of the dark matter and hot gas in Abell 1689. Right: The distributions of mass for dark matter and gas.

References

- [1] Anderson, K.E. and Madejski, G.M. 2004, ApJ, 607, 190.
- [2] Arnoud, K. 1996, ASP, 101, 17.
- [3] Babyk, Iu., Elyiv, A., Melnyk, O. and Krivodubskij, V. 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies, 2, 34.

- [4] Babyk, Iu., Melnyk, O. and Elyiv, A. 2012, *Advances in Astronomy and Space Physics*, (submitted).
- [5] Estrada, J. et al. 2007, *ApJ*, 660, 1176.
- [6] Halkola, A., Seitz, S. and Pannella, M. 2006, *MNRAS*, 372, 1425.
- [7] Maksym, W.P., Ulmer, M.P. and Eracleous, M. A. 2010, *ApJ*, 722, 1035.
- [8] Navarro, J.F., Frenk, C. and White, S. 1996, *ApJ*, 462, 563.
- [9] Russell, H.R., Sanders, J.S. and Fabian, A.C. 2008, *MNRAS*, 390, 1207.
- [10] Sanders, J.S. and Fabian, A.C. 2007, *MNRAS*, 381, 1381.
- [11] Struble, M.F. and Rood, H.J. 1999, *ApJS*, 125, 35.

Выделение компонентов в поляризованном оптическом излучении блазаров

Дмитрий Блинов

Астрономический институт им. В.В. Соболева,

Санкт-Петербургский Государственный Университет (АИС СПбГУ), Россия

E-mail: dmitriy.blinov@gmail.com

Резюме. Многолетние ряды фотометрических и поляриметрических наблюдений блазаров BL Lac, OJ 287, 3C 454.3 и S5 0716+71 используются для установления параметров модели, где присутствуют постоянный и несколько переменных источников поляризованного излучения. Для объяснения результатов моделирования рассматриваются возможные конфигурации магнитного поля в джетах. Показано, что отличие светимостей постоянных источников данных блазаров может объясняться различием углов видимости джетов.

Ключевые слова: галактики: активные – техника: поляриметрическая – методы: статистические – лацертиды: индивидуальные BL Lac, OJ 287, S5 0716+714 – квазары: индивидуальные 3C 454.3

Separation of components in polarized optical emission of blazars

Dmitriy Blinov

Sobolev Astronomical Institute, St. Petersburg University, Russia,

E-mail: dmitriy.blinov@gmail.com

Abstract. The long-term photometric and polarimetric monitoring of blazars BL Lac, OJ 287, 3C 454.3 and S5 0716+71 is employed for establishing parameters of a stochastic model consisting of the radiation from a steady polarized source and a number of variable components with different polarization parameters. Different structure of a magnetic field in the jet is considered to explain the modeling results. Diversity in viewing angles of jets is examined as a possible reason for different flux level of constant sources of four blazars.

Keywords. galaxies: active – techniques: polarimetric – methods: statistical – BL Lacertae objects: individual BL Lac, OJ 287, S5 0716+714 – quasars: individual 3C 454.3

Оптическое излучение блазаров в основном состоит из релятивистки усиленного синхротронного излучения джета. Поляризационные характеристики этого излучения определяются свойствами магнитного поля. Поэтому исследование переменности поляризации является мощным инструментом, служащим для выяснения структуры джета и магнитного поля в нем.

Исследование долговременной переменности поляризации излучения блазаров OJ 287 (Hagen-Thorn, 1980) и BL Lac (Hagen-Thorn et al., 2002) позволило предложить феноменологическую модель активного объекта, в которой присутствует постоянно действующий источник поляризованного излучения, ответственный за преимущественное направление наблюдаемой поляризации, и некоторое число источников со случайно распределёнными параметрами поляризации и потоком. В этой работе мы попытались построить данную модель в численном виде.

В используемой модели предполагается, что в каждый момент в излучении блазара присутствует постоянный источник поляризованного излучения с параметрами I^c , p_x^c , p_y^c (I - интенсивность, p_x и p_y - относительные параметры Стокса) и случайное число переменных источников - n с параметрами I_i^v , p_{xi}^v , p_{yi}^v ($i = 1, \dots, n$). Все параметры переменных источников и их количество являются случайными нормально-распределёнными величинами с математическим ожиданием M и дисперсией σ^2 .

Ввиду аддитивности абсолютных параметров Стокса I , Q , U , суперпозиция источников в каждый момент времени будет давать следующие параметры (p – степень поляризации, θ - направление преимущественных колебаний электрического вектора):

$$I_{mod} = I^c + \sum_{i=1}^n I_i^v, (1)$$

$$Q_{mod} = p_x^c I^c + \sum_{i=1}^n p_{xi}^v I_i^v, (2)$$

$$U_{mod} = p_y^c I^c + \sum_{i=1}^n p_{yi}^v I_i^v, (3)$$

Оптимальные параметры модели вычислялись с помощью метода Монте-Карло. После многократной реализации модели с различными наборами параметров наиболее вероятной считалась та модель, для которой зависимости между величинами I_{mod} , Q_{mod} , U_{mod} , $p_{x\ mod}$, $p_{y\ mod}$, θ_{mod} были максимально близки к наблюдаемым зависимостям.

Моделирование производилось следующим образом:

1. Пространство параметров $\{I, Q, U\}$ разбивалось на K непересекающихся областей таким образом, чтобы в каждую из них попадало порядка 10 точек из наблюдательных данных.
2. Случайным образом генерировался начальный набор параметров модели $M(n)$, $\sigma(n)$, $M(I^v)$, $\sigma(I^v)$, $M(p_x^v)$, $\sigma(p_x^v)$, $M(p_y^v)$, $\sigma(p_y^v)$, I^c , p_x^c , p_y^c .
3. В соответствии с параметрами $M(n)$, $\sigma(n)$, $M(I^v)$, $\sigma(I^v)$, $M(p_x^v)$, $\sigma(p_x^v)$, $M(p_y^v)$, $\sigma(p_y^v)$ для

каждого из наблюдений генерировался набор случайных чисел n , I^v_i , p^v_{xi} , p^v_{yi} ($i = 1, \dots, n$).

4. С помощью этого набора и параметров I^c , p^c_x , p^c_y для каждого из наблюдений вычислялись величины I_{mod} , Q_{mod} , U_{mod} , $p_{x mod}$, $p_{y mod}$, p_{mod} , θ_{mod} по формулам 1 - 3.
5. Вычислялась статистика χ^2 для числа модельных MOD_i и наблюдаемых OBS_i ($i = 1, \dots, K$) точек, попавших в каждую из K областей разбиения, по формуле

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^K (MOD_i - OBS_i)^2}{OBS_i} .$$

Так как χ^2 является случайной величиной, которая меняется от реализации к реализации, использовалось её среднее значение для 1000 реализаций модели. Далее находились параметры модели, при которых χ^2 достигает минимума, с помощью эволюционных методов оптимизации: СМА-ES и классического генетического алгоритма (в качестве реализаций использовались библиотеки PyBrain и PyGene соответственно). Для того чтобы параметры модели были независимы от конкретного разбиения пространства параметров Стокса $\{I, Q, U\}$, использовалось 3 различных разбиения этого пространства, для каждого из которых весь алгоритм повторялся 200 раз. Таким образом получалось 600 наборов параметров модели. Средние параметры из этих наборов мы принимали за оптимальные, а среднеквадратические отклонения параметров - за ошибку их определения.

Описанный алгоритм был применён к рядам многолетних поляриметрических наблюдений четырёх блазаров. Параметры, полученные в результате моделирования, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры модели для четырёх блазаров.

параметр	BL Lac	OJ 287	3C 454.3	S5 0716+71
$M(n)$	10±1	4±1	1±0	4±1
$\sigma(n)$	5±1	2±1	0±0	1±1
$M(I^v)$, mJy	0.12±0.04	0.5±0.2	0.6±0.3	2.2±1.0
$\sigma(I^v)$, mJy	0.15±0.05	1.3±0.3	3.1±0.3	4.8±0.3
$M(p^v_x)$	2±1%	10±2%	3.6±0.4%	-1±2%
$\sigma(p^v_x)$	16±3%	19±2%	7.7±0.7%	12±1%
$M(p^v_y)$	2±1%	-3±1%	1.2±0.5%	-0.2±1%
$\sigma(p^v_y)$	18±3%	23±2%	7.0±0.6%	12±2%
I^c , mJy	0.19±0.03	1.5±0.2	0.7±0.2	1.2±0.4
p^c_x	27±5%	8±2%	-1±1%	-7±17%
p^c_y	28±4%	-6±2%	-4±2%	4±18%

Во всех случаях модельные распределения хорошо согласуются с наблюдаемыми. Одна из реализаций модели с параметрами из табл. 1 для блазара S5 0716 приведена в правой колонке на рис. 1.

Наибольший интерес из параметров, получаемых в модели, представляет направление поляризации постоянного источника. Для BL Lac это направление близко к позиционному углу парсекового джета на РСДБ картах (Blinov & Hagen-Thorn, 2009). Синхротронное излучение с такими характеристиками может возникать за счёт тороидальной составляющей спиралеобразного магнитного поля в зоне коллимации и ускорения джета. В случае OJ 287 направление поляризации постоянного источника, полученное в модели, близко к перпендикулярному к оси джета (Blinov et al., 2011). Такое направление поляризации нельзя объяснить геликоидальным магнитным полем, как в случае BL Lac. Также продольное магнитное поле сложно объяснить в рамках модели плоских ударных волн в джете, которые ужимают магнитные линии и создают поперечное поле. В работе (D'arcangelo et al., 2009) для

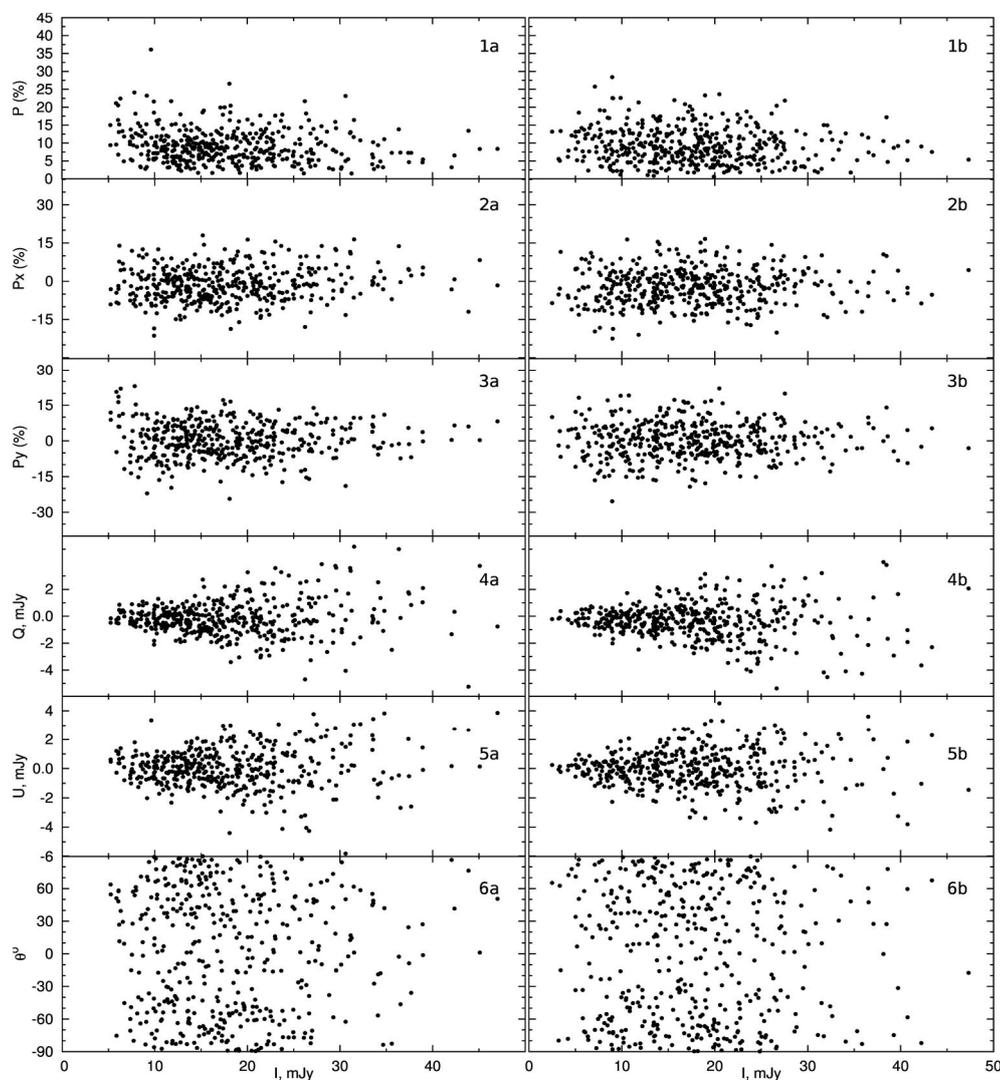


Рис.1. Зависимости поляризационных параметров от интенсивности для блазара S5 0716+71. Левая колонка — наблюдательные данные, правая — модель.

OJ 287 была предложена модель джета, состоящего из быстрой турбулентной сердцевины и медленной оболочки. На границе раздела сред в таком джете магнитное поле будет иметь продольное направление, что согласуется с полученным нами направлением поляризации постоянного источника.

Если в роли постоянного источника выступает невозмущённый протяжённый джет в области ускорения и коллимации, то плотность потока постоянного источника должна зависеть от угла, под которым виден джет, следующим образом (Larionov et al., 2009):

$$F(v) = F_0 \delta^{2-\alpha} v^\alpha = F_0 \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta \cos \theta} \right)^{2-\alpha} v^\alpha \quad (4).$$

Полученные в модели величины плотности потока постоянного компонента для четырёх блазаров, приведенные к стандартному расстоянию 10 пк, и углы видимости джетов из литературы приведены на рис. 2. Аппроксимация этих данных с помощью МНК показывает, что точки в пределах ошибок ложатся на кривую (4) с параметрами $\beta = 0.9986c$ и $\alpha = -2.0$. Данные для блазара S5 0716 не принимались во внимание, так как для этого блазара красное смещение известно лишь приближенно. Так как теоретическая кривая достаточно хорошо согласуется модельными данными, мы приходим к выводу, что результаты моделирования не противоречат нашему предположению о природе постоянного источника.

Построенная численная модель позволяет определять параметры поляризации и интенсивность отдельных компонентов в излучении блазаров в приближении феноменологической модели, где присутствуют постоянный и некоторое число переменных источников поляризованного излучения. Результаты моделирования для четырёх блазаров указывают на то, что структура магнитного поля в джете может существенно отличаться у разных объектов. Кроме того, число и параметры источников, ответственных за активность, также существенно варьируются для разных блазаров.

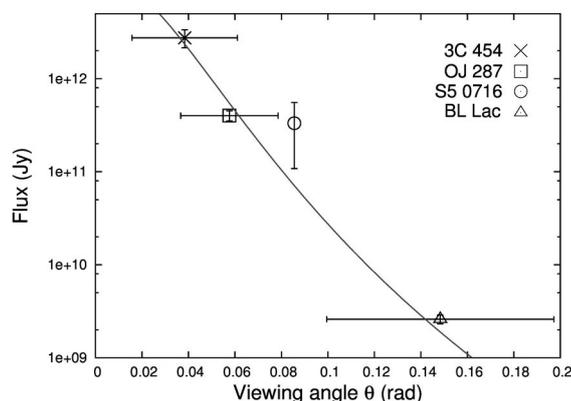


Рис. 2. Зависимость плотности потока постоянного источника от угла видимости. Разные цвета соответствуют данным из различных работ. Красная кривая — аппроксимация по формуле 4.

Список литературы

Hagen-Thorn, V.A. 1980, *Ap&SS*, 73, 263

Hagen-Thorn, V.A., Larionova, E.G., Jorstad, S.G. et al. 2002, *A&A*, 385, 55

Blinov, D.A. & Hagen-Thorn, V.A. 2009, *A&A*, 503, 103

Blinov, D.A., Hagen-Thorn, V.A., Hagen-Thorn, E.I. et al., 2011, *ARep*, 55, 1078

D'Arcangelo, F.D., Marscher, A.P., Jorstad, S.G. et al., 2009, *ApJ*, 697, 985

Larionov, V.M., Villata, M., Raiteri, C.M., 2010, *A&A*, 510, A93

Наблюдения оптических компонентов гамма-всплесков с помощью сети телескопов-роботов МАСТЕР

Евгений Горбовской

Физический факультет МГУ, Россия. E-mail: gorbovskey@gmail.com

Резюме. Представлены результаты ранних оптических наблюдений, наблюдений собственного излучения и послесвечений гамма-всплесков, полученных при помощи МАСТЕР – Мобильной Астрономической Системы Телескопов Роботов. Для двух источников, GRB100901A и GRB100906A, мы получили кривые блеска, начинающиеся с 113 сек. и 48 сек. после триггера, соответственно. Анализ оптической кривой блеска и спектральный анализ GRB100901A и GRB100906A указывают на различное происхождение собственного оптического излучения у этих всплесков перед T₉₀. Результаты спектральных исследований GRB100901A от оптики до рентгена указывают на степенной характер спектра данного всплеска и частичное поглощение в родительской галактике. Показано, что отношения Amati и Ghirlanda верны для GRB100906A. Кроме того вспышка на рентгеновской и оптической кривой блеска GRB100901A на 10-30 ks может объясняться длительной работой центральной машины. В докладе обсуждаются поляризационные наблюдения оптического собственного излучения GRB100906A.

Observations of optical components of gamma-bursts by means of the network of MASTER robotic telescopes

Evgeniy Gorbovskey

Faculty of physics, Moscow State University (MSU), Russia. E-mail: gorbovskey@gmail.com

Abstract. We present results of the prompt, early, and afterglow optical observations of five gamma-ray bursts, GRBs 100901A, 100902A, 100905A, 100906A, and 101020A, made with the Mobile Astronomical System of Telescope-Robots in Russia (MASTER-II net), the 1.5-m telescope of the Sierra Nevada Observatory, and the 2.56-m Nordic Optical Telescope. For two sources, GRB100901A and GRB100906A, we detected optical counterparts and obtained light curves starting before cessation of gamma-ray emission, at 113 s and 48 s after the trigger, respectively. Observations of GRB100906A were conducted in two polarizing filters. Observations of the other three bursts gave the upper limits on the optical flux; their properties are briefly discussed. More detailed analysis of GRB100901A and GRB100906A supplemented by Swift data provides the following results and indicates a different origin of the prompt optical radiation in the two bursts. The light curves patterns and spectral distributions suggest a common production site of the prompt optical and high-energy emission in GRB100901A. Results of spectral fits for GRB100901A in the range from the optical to X-rays favor power law energy distributions and a consistent value of the optical extinction in the host galaxy. GRB100906A produced a smoothly peaking optical light curve suggesting that the prompt optical radiation in this GRB originated in a front shock. This is supported by a spectral analysis. We have found that the Amati and Ghirlanda relations are satisfied for GRB100906A. An upper limit on the value of the optical extinction on the host of GRB100906A is obtained.

Атомарная и молекулярная газовые компоненты в спиральных галактиках скопления Virgo

Анастасия Каспарова

*Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга (ГАИШ),
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

E-mail: anastasya.kasparova@gmail.com

Резюме. Баланс газовых компонент межзвездной среды во многом определяет эффективность процесса звездообразования в галактиках. В настоящей работе в рамках двух моделей исследовалось соотношение молекулярного и атомарного газа в галактиках скопления Virgo в сравнении с галактиками поля. Было показано, что учет повышенной металличности для членов скопления и выметания атомарного газа с периферии диска под действием лобового давления не может в полной мере объяснить для них наблюдаемые соотношения между газовыми компонентами. Для галактик скопления необходимо принимать во внимание дополнительные факторы, связанные с окружением, воздействующие на межзвездную среду и приводящие к росту степени молекуляризации газа.

Ключевые слова: галактики: скопления: индивидуальные (ISM)

Atomic and molecular gas components in spiral galaxies of the Virgo cluster

Anastasiya Kasparova

Sternberg Astronomical Institute (SAI) M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia,

E-mail: anastasya.kasparova@gmail.com

Abstract. The interstellar gas component balance controls starformation process substantially. In present work we investigate molecular-to-atomic ratio in Virgo cluster galaxies comparing with field galaxies. It is shown that high metallicity in cluster members and ram pressure stripping solely can't be responsible for the observed relations between the gas components. For cluster galaxies it is necessary to take into account an additional environment factors affecting the interstellar medium and leading to growth of the molecular gas fraction.

Keywords: galaxies: clusters: individual (ISM)

Введение

Атомарный и молекулярный водород являются основными составляющими газовой межзвездной среды, причем механизмы перехода из одного состояния газа в другое плохо известны и являются предметом активного обсуждения. Известно, что доля молекулярного газа по отношению к атомарному ($\eta = \Sigma_{\text{H}_2} / \Sigma_{\text{HI}}$) тесно связана с равновесным турбулентным давлением межзвездного газа P , меняющимся вдоль радиусов галактик (Blitz & Rosolowsky 2006), и с полной поверхностной плотностью газа и металличностью (Krumholz et. al 2009). Однако определить по выборке нормальных галактик, какие из этих параметров являются ключевыми в процессе молекуляризации среды, практически невозможно. Основной идеей данной работы является проверка этих соотношений на примере галактик, чья межгалактическая среда подвержена дополнительному внешнему воздействию, что должно сказаться на балансе газовых компонент.

Доля молекулярного газа

Чтобы выяснить, как принадлежность галактики к скоплению отражается на соотношении между долей молекулярного газа и давлением, были рассчитаны радиальные профили давления газа для 18-ти галактик скопления Virgo, и, для сравнения, для 12-ти хорошо изученных близких спиралей, находящихся вне скоплений (галактики поля). Газовое турбулентное давление находилось самосогласованным методом для трехкомпонентного осесимметричного диска (звезды, HI и H₂) с учетом влияния темного гало и самогравитации газа (Kasparova & Zasov 2008), которые играют особенно большую роль на периферии галактик. Выборка галактик и использованные наблюдательные характеристики подробно описаны в работе Kasparova 2012.

На зависимости доли молекулярного газа η от суммарного гидростатического газового давления P (рис. 1а), помимо галактик скопления, черными кривыми с крестами обозначены галактики поля, штриховой прямой – ожидаемая корреляция из работы Blitz & Rosolowsky (2006), соответствующая закону $\eta \propto P^{0.92}$. В отличие от большинства галактик поля, значительная часть членов скопления при том же давлении газа имеют более высокую долю H₂, чем следует из ожидаемой зависимости (в особенности на периферии).

Мы условно разделили галактики скопления Virgo на три подвыборки с различным поведением зависимости $\eta(P)$. *Первая* группа (линии с точками) включает галактики, которые в центральных областях ведут себя почти неотличимо от галактик поля, однако η на периферии у них на порядок более высокая, чем ожидается при данном давлении (или P в десять раз ниже при данном η). *Ко второй* группе (кривые с треугольниками) мы отнесли те объекты, для которых даже в центральных областях доля молекулярного газа выше, чем для одиночных галактик. В *третью* группу попали галактики, для которых характерен рост молекуляризации газа к периферии во внешних областях диска – область антикорреляции (линии с квадратами).

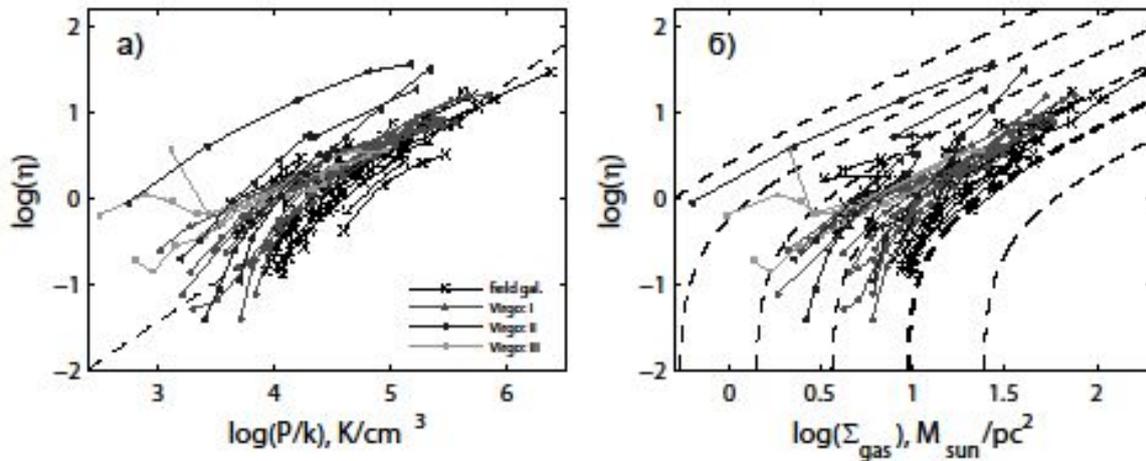


Рис. 1. Зависимости доли молекулярного водорода η а) от турбулентного газового давления в плоскости диска б) от полной поверхностной газовой плотности. Пунктирными линиями показаны модельные кривые из работы Krumholz et. al (2009) для разных значений металличности: справа налево линии соответствуют $\log(Z/Z_{sun})$ равному -0.5, 0, 0.5, 1, 1.5 и 2.

На рис. 1б приведена зависимость η от суммарной поверхностной плотности газа. Пунктирными линиями показаны теоретические модели из работы Krumholz et. al (2009) для разных значений металличности: справа налево для $\log(Z/Z_{sun})$ равного -0.5, 0, 0.5, 1, 1.5 и 2. Данная корреляция для нормальных галактик отражает тот факт, что тяжелые элементы регулируют образование молекул H_2 , а толщина межзвездного газа экранирует их от разрушающего действия ультрафиолета. Также для большей части галактик поля наблюдается резкое уменьшение молекуляризации газа при значениях газовой поверхностной плотности порядка $10 M_{sun} / pc^2$. Однако, для галактик скопления *второй* и *третьей* групп в рамках вышеописанной модели придется предполагать металличность более чем на порядок превышающую солнечную, что не согласуется с имеющимися наблюдениями (по которым разница не более, чем в два раза).

Таким образом, очевидно, что для объяснения соотношения газовых компонент для галактик скопления недостаточно учитывать такие внутренние характеристики газа, как металличность и поверхностная плотность, а необходим также учет внешних факторов, связанных с влиянием окружения на баланс между газовыми компонентами.

Влияние окружения: лобовое и статическое давление

Распределение поверхностной плотности атомарного газа (рис. 2а) показывает, что для части рассматриваемых галактик скопления наиболее вероятная причина аномально высокого η заключается в низком содержании HI. Для объектов *второй* группы по сравнению с галактиками поля недостаток HI наблюдается на всех расстояниях от центра, тогда как для *первой* и *третьей* – в большей или меньшей степени, на периферии. Однако не столь однозначно поведение холодной H_2 компоненты.

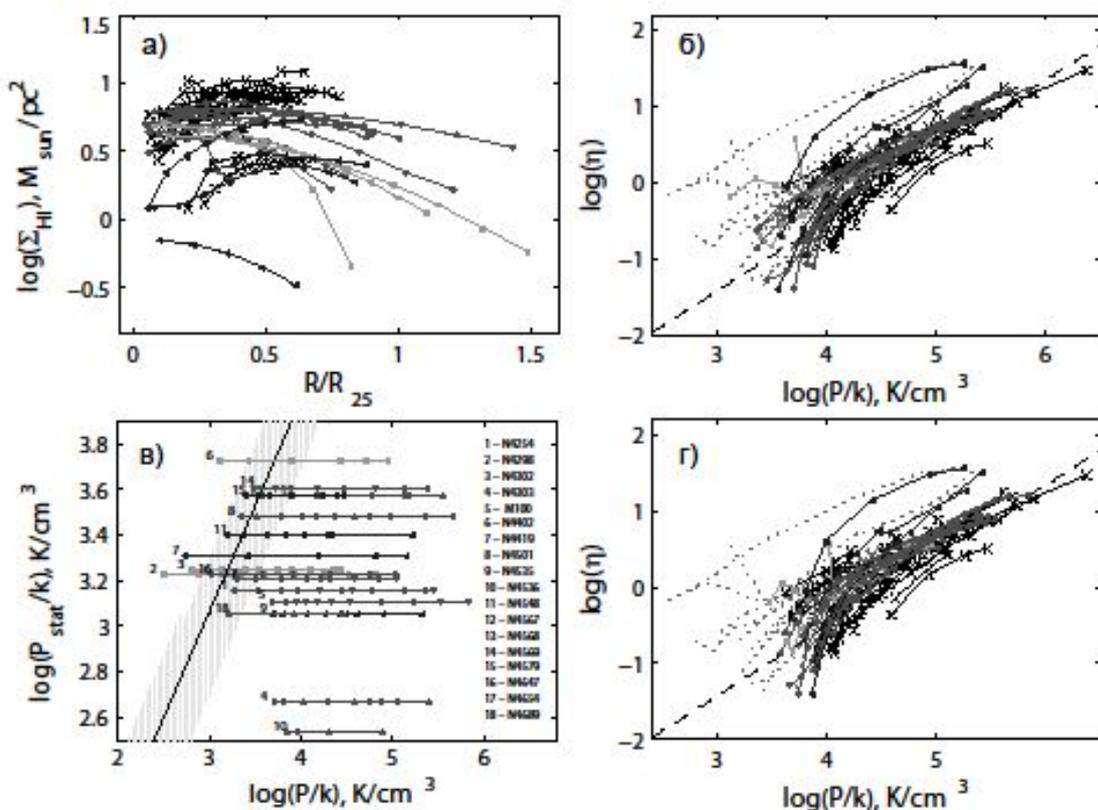


Рис. 2. а) Радиальные распределения поверхностных плотностей HI. б) Та же зависимость, что и на рис. 1а, но рассчитанная при модельном, среднем для данного морфологического типа, распределении Σ_{HI} . Пунктиром обозначены исходные кривые для галактик скопления. в) Зависимость статического давления от внутреннего турбулентного давления межзвездной среды в плоскости диска на каждом радиусе. Наклонная прямая соответствует линии равного давления. Штриховкой обозначена область, где $0.5 < P_{stat} / P < 2$. г) Та же зависимость, что и на рис. 2б, но при учете статического давления.

Наиболее эффективным механизмом потери HI можно считать, выметающее диффузный газ, лобовое давление межгалактической среды. С помощью простой процедуры можно проверить, достаточно ли наблюдаемого дефицита HI для объяснения высоких значений η для галактик скопления. Предположим, что до того, как возник дефицит атомарного водорода в галактиках, они имели нормальное радиальное распределение HI, характерное для галактик данного типа, не входящих в состав скоплений. Будем использовать распределения HI – средние для галактик соответствующих морфологических типов, – заменив ими наблюдаемые Σ_{HI} и оставив неизменным наблюдаемое распределение H_2 , после чего заново рассчитаем газовое равновесное давление, соответствующее этим

«смешанным» данным. На рис. 2б приведены полученные таким образом зависимости $\eta(P)$ для галактик разных подгрупп. Для наглядности мы показали пунктирными линиями исходные кривые для галактик скопления, приведенные на рис. 1а. Как следует из рис. 2б, около половины галактик *первой* группы полностью легли на зависимость, характерную для галактик поля. То есть наблюдаемое количество молекулярного газа в них хорошо согласуется с ожидаемым для давления P , существовавшего до потери HI.

Однако на периферии дисков для остальной части галактик *первой* и *третьей* групп и для центральных областей галактик *второй* группы выметание HI лишь частично объясняет высокое значение η . Появляется необходимость предположить дополнительный переход от HI к H₂ вследствие некоего фактора, вероятно, также связанного с влиянием окружения.

Если пространственная скорость движения галактики в поле скопления невелика, и ее траектория не пересекает особенно плотные области межгалактической среды, то есть вероятность, что более значимым, чем лобовое, может оказаться статическое давление. Оценим его как $P_{stat} = nkT$, где температура и плотность среды скопления Virgo взяты из наблюдений в рентгене. Используя проекционные расстояния галактик до M87, получим для каждого объекта верхнюю оценку внешнего статического давления. Сравнивая полученные величины P_{stat} с внутренним турбулентным давлением (рис. 2в), заметим, что статическое давление может оказать влияние только на периферии галактик *третьей* группы и одной галактики *второй* (NGC 4419). Именно для этих объектов на зависимости $\eta(P)$ (рис. 1а) η на периферии дисков в десятки и даже в сотни раз превышает ожидаемую.

На рис. 2г приведена та же зависимость, что и на рис. 2б, только с добавлением рассчитанного выше статического давления для каждого объекта. Видно, что после учета влияния окружения галактики скопления, в целом, легли на зависимость для галактик поля, за исключением внутренних областей дисков галактик *второй* группы.

Выводы

По результатам данной работы можно сказать, что лобовое давление в той или иной степени постепенно обдирает HI диск каждой галактики скопления. Для галактик *первой* группы: в зависимости от того, как долго двигается галактика, как проходит ее траектория в скоплении, как она ориентирована к набегающему потоку, атомарный диск будет искажен по-разному. Для галактик *третьей* группы: помимо обдирания атомарного диска лобовым давлением, газовый диск галактик может испытывать на себе действие статического давления, что приводит к избытку молекулярного газа на периферии дисков. А для галактик *второй* группы, видимо, необходимо учитывать еще и другие процессы, захватывающие внутренние области дисков.

Благодарности

В заключение автор выражает благодарность Засову Анатолию Владимировичу за продуктивные научные обсуждения и емкие замечания. Работа частично поддержана грантом РФФИ 11-02-12247-офи-м-2011.

Литература

- Blitz L. and Rosolowsky E., 2006, *Astrophys. J.*, 650, 933;
Krumholz M. R. et. al, 2009, *Astrophys. J.*, 693, 216;
Kasparova A.V, Zasov A.V, 2008, *Astr. Lett.*, 34, No3, 152;
Kasparova A.V, *Astr. Lett.*, 2012, 38, No2, 83.

Многоволновые наблюдения блазаров с сильным гамма-излучением

Дарья А. Морозова, Иван С. Троицкий

Астрономический институт им. В.В. Соболева,

Санкт-Петербургский Государственный Университет (АИС СПбГУ), Россия

E-mail: comitcont@gmail.com, void@star.astro.spbu.ru

В данной статье мы изучили радиокарты 6 ярких в гамма-диапазоне блазаров (BL Lac, 3C 279, 3C 273, W Com, PKS 1510-089, and 3C 66A), а также их кривые блеска в оптическом и гамма-диапазонах. Целью работы было исследование взаимосвязи между изменениями в структуре парсекового радиоджета и вариациями блеска в оптическом и гамма-диапазонах. Блазары с наиболее высокими видимыми скоростями 3C 273, 3C 279, PKS 1510-089 и 3C 66A показывают более сильную переменность гамма-излучения и большую плотность потока. Только у объектов с более высокими скоростями было зарегистрировано несколько вспышек, при которых происходили синхронные изменения блеска в оптическом и в гамма-диапазоне. Полученные нами результаты согласуются с моделями, в которых гамма-излучение рождается в релятивистском джете.

Ключевые слова: галактики: активные – лацертиды: индивидуальные BL Lac, W Com, 3C 66A – квазары: индивидуальные 3C 279, 3C 273, PKS 1510-089

Multiwavelength observations of Gamma-Ray Bright Blazars

Daria A. Morozova, Ivan S. Troitskiy

Sobolev Astronomical Institute, St. Petersburg University, Russia,

E-mail: comitcont@gmail.com, void@star.astro.spbu.ru

Abstract. We have investigated total intensity radio images of 6 gamma-ray bright blazars (BL Lac, 3C 279, 3C 273, W Com, PKS 1510-089, and 3C 66A) and their optical and gamma-ray light curves to study connections between gamma-ray and optical brightness variations and changes in the parsec-scale radio structure. The blazars with faster apparent speeds, 3C 273, 3C 279, PKS 1510-089, and 3C 66A, exhibit stronger variability of the gamma-ray emission with higher flux density. Only blazars with faster apparent speeds show simultaneous optical and gamma-ray brightness variations during the flares. Our results are consisted with models in which the gamma-ray emission arises in high-relativistic jets.

Keywords. galaxies: active – BL Lacertae objects: individual BL Lac, W Com, 3C 66A – quasars: individual 3C 279, 3C 273, PKS 1510-089

Среди всех типов активных ядер галактик блазары излучают в наиболее широком диапазоне частот и имеют выдающиеся радиоджеты, в которых наблюдаются сверхсветовые движения. Блазары образуют самый многочисленный класс объектов, отождествленных с источниками гамма-излучения (Hartman et al. 1999). Исследуя корреляцию между свойствами радиоджета и гамма-излучением блазаров, Jorstad et al. 2001a, 2001b нашли, что гамма-излучение рождается в релятивистском джете. Однако полностью природа этого высокоэнергетического излучения не ясна, в частности не известна как область, так и механизм генерации гамма-излучения. В данной работе исследуется связь между характеристиками гамма-излучения шести блазаров и их поведением в оптическом и радиодиапазоне.

Выборка источников состоит из 3 квазаров (3C 279, 3C 273, PKS 1510-089) и 3 лацертид (BL Lac, W Com, 3C 66A). Оптические данные в фильтре R для исследуемых источников были получены группой наблюдателей СПбГУ с помощью телескопов LX200 (0.4м, СПбГУ) и АЗТ-8 (0.7м, КрАО); также использовались данные программ MAPCAT, SMARTS и данные, полученные группой наблюдателей из Бостонского Университета на телескопе Perkins.

Для получения информации в гамма-диапазоне авторами была произведена обработка данных, полученных телескопом LAT космической гамма-обсерватории Ферми в диапазоне 0.1 - 200 ГэВ для промежутка август 2008 - ноябрь 2009. Для обработки данных в гамма-диапазоне мы использовали стандартное программное обеспечение (Fermi Science Tools, Atwood et al. 2009), а также написанные нами программы, позволяющие ускорить обработку. При обработке фотонный спектр аппроксимировался простым степенным законом ($\Phi(E) \sim E^{-\alpha}$, где α - фотонный индекс). Считалось, что источник обнаружен, если значение статистического критерия TS превосходило 10, что соответствует обнаружению сигнала, по крайней мере, на уровне 3σ (Abdo et al. 2009). Были построены кривые блеска в гамма-диапазоне для всех объектов выборки со временами интегрирования 1 и 7 дней.

Для выявления структуры источников использовались данные, полученные группой исследователей из Бостонского Университета с помощью интерферометра со сверхдлинной базой (VLBA, США) на частоте 43 ГГц. Моделирование структуры источника на каждом изображении было выполнено нами в Difmap (Cathach Software). Для создания модели источника использовались компоненты с круговым гауссовым распределением яркости. Для большинства источников конечное значение χ^2 , определяющее качество подгонки модели к uv - данным, составляет от 1 до 5. Для определения скоростей движения в джетах проводилось детальное сравнение параметров компонент джетов на различных эпохах для каждого объекта. Это позволило выделить узлы яркости, показывающие собственное движение в джете за время наших наблюдений. Зависимости расстояния компонент от ядра как функции времени имеют линейный характер, указывая на баллистическое движение компонент. Используя метод наименьших квадратов, мы оценили скорость углового движения компонент. При вычислении видимых скоростей движения в джете

использовалась космологическая модель FLRW (Kantowski et al. 2000) с параметрами $\Omega_m = 0.3$ $\Lambda_m=0.7$ и постоянной Хаббла $H_0 = 70$ км/(с Мпк).

В табл. 1 приведены видимые скорости движущихся компонент и ошибки их определения. На рис. 1 для каждого из шести блазаров сверху вниз представлены: кривые блеска в гамма-диапазоне со временами интегрирования 1 и 7 дней, гамма-фотонный индекс и оптические кривые блеска в полосе R за промежуток времени с августа 2008 по ноябрь 2009. На панели с фотонными индексами черным цветом отмечены точки, соответствующие временному разрешению 7 дней, белым - 1 день. Видно, что при мощных вспышках значение фотонного индекса стабилизируется, поскольку растет точность его определения. У всех объектов выборки фотонный индекс находится в пределах от 1 до 3. Гамма-фотонный индекс для объектов типа BL Lac более жесткий, чем для квазаров, что соответствует работе Abdo et al. 2010.

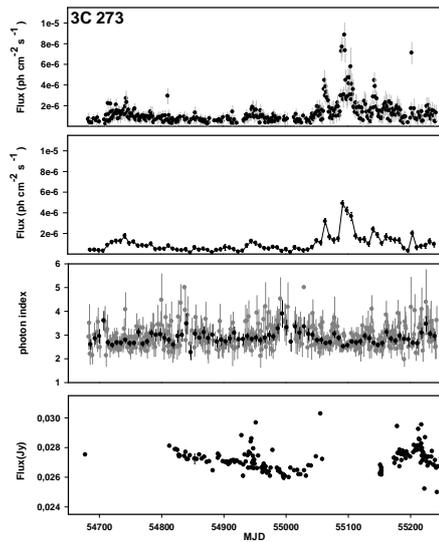
Таблица 1

Объект	Компонента	β_{app} (с)	Объект	Компонента	β_{app} (с)
3C 273	K1	9.8±1.2	W Com	K1	0.9±0.2
	K2	8.6±0.5		K2	2.9±0.1
	K3	7.5±0.5		K3	0.7±0.5
	K4	9.8±0.9		K4	1.2±0.2
	K5	9.0±1.5		3C 279	K1
K6	8.6±0.7	K2	24.5±2.5		
PKS 1510-089	K1	28.7±1.7		K3	10.6±0.4
	K2	5.0±1.4		K4	10.2±0.8
	K3	18.9±1.9		3C 66A	K1
BL Lac	K1	4.9±2.7	K2		32.7±4.3
	K2	3.3±0.7	K3		25 ±2
	K3	6.2±0.6	K4	22±4.5	

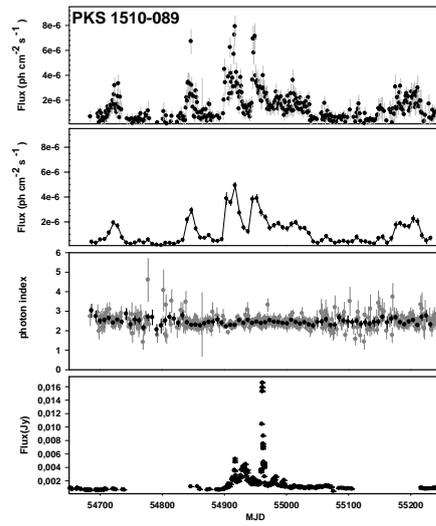
У объекта PKS 1510-089 было обнаружено несколько вспышек в гамма-диапазоне (MJD~54850, MJD~54950), которым соответствовали вспышки в оптическом диапазоне. В джете объекта были обнаружены 3 компоненты (компоненты K1 и K3 были выброшены из ядра джета в период с августа 2008 по ноябрь 2009). У объекта 3C 273 были обнаружены 2 вспышки в гамма-диапазоне, первой вспышке (MJD~54950) соответствует вспышка в оптике, для второй вспышки (MJD~55100) отсутствовали оптические данных в этот промежуток времени. У объекта были обнаружены 6 компонент (компоненты K5 и K6 были выброшены в период с августа 2008 по ноябрь 2009). У объекта 3C 279 были обнаружены 2 вспышки в

гамма-диапазоне (MJD~54800, MJD~54870), которым соответствовали вспышки в оптическом диапазоне. В джете были обнаружены 4 компоненты (компонента K4 была выброшена из ядра джета в период с августа 2008 по ноябрь 2009). У объекта 3C 66A были обнаружены 2 вспышки в гамма-диапазоне, первой вспышке (MJD~54750) соответствует вспышка в оптике, для второй вспышки (MJD~54850) отсутствовали оптические данные в этот промежуток времени. В джете были обнаружены 4 компоненты, (компоненты K2, K3, K4 были выброшены из ядра джета в период с августа 2008 по ноябрь 2009). У объекта VL Lac была обнаружена одна вспышка в оптике (MJD~55220), в гамма-диапазоне вспышек не наблюдалось. Были обнаружены 3 движущиеся компоненты. Помимо движущихся компонент у объекта были обнаружены 2 компоненты (B1 и B2) вблизи ядра не показавшие движения за время наблюдения. В течение всего промежутка наблюдений компоненты находились на расстояниях ~0,13 мсек и ~0,32 мсек от ядра. У объекта W Com была обнаружена одна вспышка в оптике (MJD~54880), в гамма-диапазоне вспышек не наблюдалось. У объекта были обнаружены 4 движущиеся компоненты (компоненты K3 и K4 были выброшены из ядра джета в период с августа 2008 по ноябрь 2009).

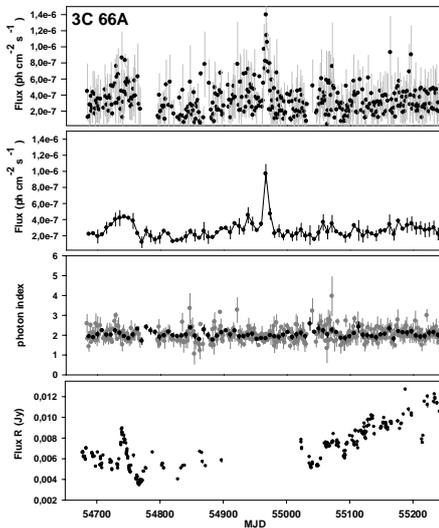
При анализе данных в гамма-диапазоне было зафиксировано несколько сильных гамма-вспышек у четырех (3C 66A, PKS 1510-089, 3C 279 и 3C 273) из шести источников. Все вспышки имеют сложную структуру. У других двух источников (VL Lac, W Com) не было обнаружено такой сильной переменности в гамма-диапазоне. Гамма-вспышки в источниках 3C 66A, PKS 1510-089, 3C 279 и 3C 273 соответствуют оптическим вспышкам. У объектов VL Lac и W Com на оптических кривых блеска хорошо видны две сильные вспышки, однако нет соответствующих изменений в гамма-диапазоне. За период с августа 2008 по ноябрь 2009 нами были обнаружены сверхсветовые движения во всех 6 источниках с видимыми скоростями от 2 до 32с. Блазары с более высокими видимыми скоростями 3C273, 3C 279, PK S1510-089 и 3C 66A обладают более сильной переменностью гамма-излучения с большим уровнем плотности потока. Источники с более низкими скоростями VL Lac и W Com имеют более низкий уровень потока и переменности в гамма-диапазоне. Лишь у объектов с более высокими скоростями было зарегистрировано несколько вспышек, при которых происходили синхронные изменения блеска в оптическом и в гамма-диапазоне. Было обнаружено, что источники с более высокими скоростями обладают более сильным гамма-излучением. Для более подробного изучения данной тенденции следует провести аналогичное исследование большей выборки блазаров с различными уровнями плотности потока в гамма-диапазоне. Полученные результаты согласуются с моделями, в которых гамма-излучение рождается внутри джета.



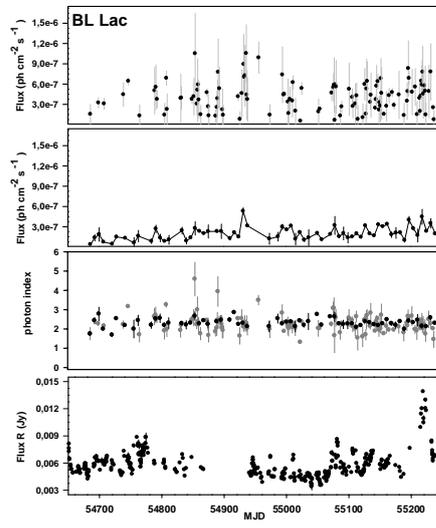
а



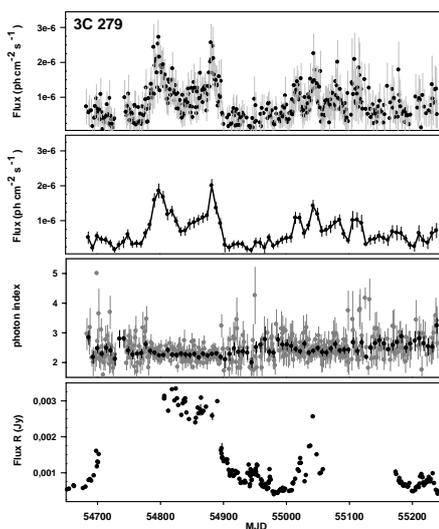
б



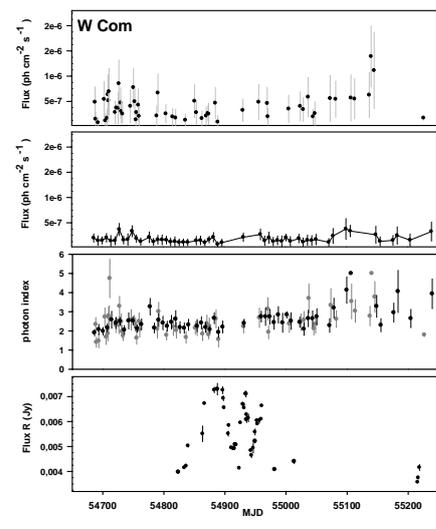
в



г



д



е

Рисунок 1

Список литературы

- Abdo A. A., Ackermann M., Ajello M. et al. 2009, ApJS, 183, 46-66.
- Abdo A. A., Ackermann M., Ajello M. et. al. 2010, ApJ, 710, 1271-1285.
- Atwood W. B., Abdo A. A., Ackermann M. et al. 2009, ApJ, 697, 1071-1102.
- Jorstad S. G., Marscher A. P., Mattox J. R. et al. 2001, ApJS, 134, 181-240.
- Jorstad S. G., Marscher A. P., Mattox J. R. et al. 2001, ApJ, 556, 738-748.
- Kantowski R., Kao J. K., Thomas R. C., 2000, ApJ, 545, 549-560.
- Hartman R. C., Bertsch D. L., Bloom S. D. et al. 1999, ApJS, 123, 79-202.

Фотометрия спиральных галактик наблюдаемых с ребра: структурные параметры и масштабные соотношения балджей

Александр В. Мосенков^{1,2}, Наталья Я. Сотникова¹, Владимир П. Решетников¹

¹ СПбГУ – Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург 198504, Россия

² ГАО РАН – Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
Санкт-Петербург 196140, Россия

E-mails: mosenkovAV@gmail.com, nsot-astro@mail.ru, resh@astro.spbu.ru

Резюме. Выполнено исследование главных структурных и фотометрических параметров спиральных галактик, видимых с ребра. Мы сравниваем результаты исследования изображений галактик, видимых с ребра, взятых из нескольких работ, с результатами обработки нашей выборки галактик с ребра из обзора 2MASS. Обсуждаются новые неожиданные результаты, касающиеся нескольких хорошо известных масштабных соотношений для балджей галактик. Мы показываем, что некоторые из них являются псевдокорреляциями, а не настоящими отношениями между структурными параметрами балджей. Рассматриваются отношение между показателем Серсика балджа и его центральной поверхностной яркостью и так называемая Фотометрическая Плоскость для балджей.

Ключевые слова: галактики: фотометрия – строение.

Photometry of edge-on spiral galaxies: structural parameters and scaling relations of bulges

Aleksandr V. Mosenkov^{1,2}, Natalia Ya. Sotnikova¹, Vladimir P. Reshetnikov¹

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg 198504, Russia

² Central Astronomical Observatory of RAS, 65/1 Pulkovskoye chaussee, St Petersburg 196140, Russia, E-mails: mosenkovAV@gmail.com, nsot-astro@mail.ru, resh@astro.spbu.ru

Abstract. An investigation of the main structural and photometric parameters of edge-on spiral galaxies was carried out. We compare the results of analysis of edge-on galaxies images taken from several studies with our own ones for the 2MASS edge-on galaxies sample. New surprising results concerning several well-known bulge scaling relations are discussed. We show that some of them are pseudo-correlations, not actual relations between the structural parameters of bulges. They are the relation between the Sérsic index of the bulge and its central surface brightness and the so-called Photometric Plane for bulges.

Keywords: galaxies: photometry - structure.

1. Introduction

Surface photometry of galaxies is one of the most powerful tools to study the structure of galaxies, it helps better understanding of the problems of their formation and evolution (e.g. Reshetnikov, 2003).

The recent decade gave astrophysicists a lot of observational data which is available through the Internet. Two ambitious projects, 2MASS (Two Micron All Sky Survey; Skrutskie et al. 2006) and SDSS (Sloan Digital Sky Survey), were launched to achieve multi-color images covering a significant fraction of celestial sphere. NIR bands, which are used in 2MASS, are of particular interest since the flux in this range is largely dominated by the direct stellar radiation while the general extinction is drastically reduced. This aspect is of great importance to study edge-on galaxies where the dust extinction along the major axis of the disc is especially high.

In recent decades, a deep photometric analysis of structural components of galaxies (bulge, disc, bar etc.) has been performed. New empirical scaling relations connecting different parameters of bulge and disc photometric models have been obtained and widely discussed. For instance, Graham and Guzmán (2003) found a strong correlation between the Sérsic index of the bulge and its central surface brightness. The second example is the Photometric Plane (PhP) for structural parameters for bulges of spiral galaxies constructed by Khosroshahi et al. (2000). The PhP is similar to the Fundamental Plane for ellipticals (Djorgovski, 1987). Mosenkov et al. (2010) demonstrated that the PhP was not flat. This fact was suggested as an evidence of different physical origin of classical bulges and pseudo-bulges.

In this paper, we discuss photometric properties of edge-on galaxies from our own sample. We compare the results of our study to those by other authors. We show that scaling relations mentioned above may be pseudo-correlations, not actual relations between the structural parameters of bulges. Our next work will be aimed at scaling relations of galactic discs.

2. Sample

We built a sample of edge-on spiral galaxies both of early and late types. As a source of objects, we used the 2MASS-selected Flat Galaxy Catalog (2MFGC) (Mitronova et al. 2003). The fits-images were taken from 2MASS in all three bands (J , H and K_s). The sample consists of 175 galaxies in the K_s band, 169 galaxies in the H band and 165 galaxies in the J band. Our sample is incomplete according to the V/V_{\max} test, but the subsample of 92 galaxies with angular radius $r > 60''$ appears to be complete. The detail description of our sample can be found in Mosenkov et al. (2010).

3. Two-dimensional bulge/disc decomposition

Table 1 comprises the main formulae of surface photometry of galaxies. The luminosity profile of the galactic disc can be represented with an exponential light profile (eq. 1), where h is the disc scale length. The light distribution of an edge-on galaxy along the major axis can be defined by eq. (2). The surface brightness of the disc along z -direction can be described by eq. (3), where z_0 is called the disc scale height.

Component	Formula	Reference
Face-on disc	$I(r) = I_{0,d}e^{-r/h}$ (1)	Freeman (1970)
Edge-on disc	$I(r) = I_0 \frac{r}{h} K_1\left(\frac{r}{h}\right)$ (2)	van der Kruit, Searle (1981)
	$I(z) = I_0 \text{sech}^2(z/z_0)$ (3)	van der Kruit, Searle (1981)
Bulge	$I(r) = I_0 e^{-\nu_n \alpha^{1/n}}$ (4)	Sérsic (1968)
	$I_e = I_0 e^{-\nu_n}$ (5)	
	$\nu_n = 1.9987n - 0.3267$ (6)	

The surface brightness profile of the spheroidal component (bulge) is the same as that of an elliptical galaxy and can be described with the Sérsic law (see eq. 4), where $\alpha=r/r_e$, r_e is the effective radius of the bulge at which the luminosity is $L(r_e)=L_{tot}/2$, and n is the so-called Sérsic index.

To perform two-dimensional bulge/disc decomposition of our sample 2MASS images, we applied the program BUDDA (Bulge/Disc Decomposition Analysis). The decomposition technique is described in de Souza et al. (2004). Our photometric model of a galaxy includes only 2 components: an edge-on disc and a bulge.

4. Pseudo-correlations

We call pseudo-correlations the correlations between parameters that are trivially connected by a known mathematical relation. However, such correlations are not functional laws because one or more additional terms are present in such relations. They are not correlated and only add a scatter in the correlation. Some examples will clarify the meaning of this terminology.

4.1. Central surface brightness of the bulge – Sérsic index

A good example of pseudo-correlations is the correlation between the central surface brightness of the bulge $\mu_{0,b}$ and the Sérsic index n (Graham and Guzmán, 2003). We can obtain it from the expression:

$$\mu_{0,b} = \mu_{e,b} - 1.086v_n \quad (1)$$

where v_n is presented in Table 1, eq. (6). The correlation between $\mu_{0,b}$ and n is presented in Fig. 1A, B, where the main linear relation is due to eq. (1).

4.2. Photometric Plane

The Photometric Plane (PhP) was found by Khosroshahi et al. (2000) for elliptical galaxies and bulges of spiral galaxies and confirmed by some authors (e.g. Méndez-Abreu et al. 2010).

The PhP represents a tight correlation between the Sérsic index n , the central surface brightness $\mu_{0,b}$, and the effective radius of a bulge r_e . We can perform the least-squares fit of an expression $\log n = a \log r_e + b \mu_{0,b} + c$ and find a , b , and c . In our previous papers (Mosenkov et al. 2010, Sotnikova et al. 2011), we found that the Photometric Plane appeared to be not flat and had a prominent curvature towards small values of n (with $n < 1.26$) – Fig. 1C. The reason of this curvature was not clear. We constructed the PhP from samples of other authors (Gadotti 2009, MacArthur et al. 2003). It turned out that, for all samples, there was a tight correlation for bulges with $n > 2$ and a fairly large scatter of points for bulges with $n < 2$. The curvature of the PhP is also clearly apparent (Fig. 1D). Thus, the reason for the curvature may be in different nature of bulges with $n < 2$ (pseudo-bulges) and $n > 2$ (classical bulges).

We reanalyzed our PhP and found that this correlation was also a pseudo-correlation. The PhP includes $\mu_{0,b}$, which, according to (2), depends on n . We can approximate $\log n \sim n$ at small n . The median value of effective surface brightness $\mu_{e,b}$ in Ks band for our sample is 16.69, and the scatter of this value is rather small. Thus, the correlation between $\mu_{0,b}$ and $\log n$ is very strong, and it is curved (Fig. 1B). The term $0.022 \log(r_e)$ gives a very small contribution to the x-axis expression. Hence, the PhP is just another representation of the pseudo-correlation (1) (see Fig. 1C). We present the PhP for the Gadotti sample (Fig. 1D), where we can see the same curvature because of the same reason. The curvature of the PhP just shows the curvature of the $\log n - \mu_{0,b}$ expression. The deviation from the predicted plane at small n for our sample in Fig. 1C testifies about systematic errors of decomposition of small bulges.

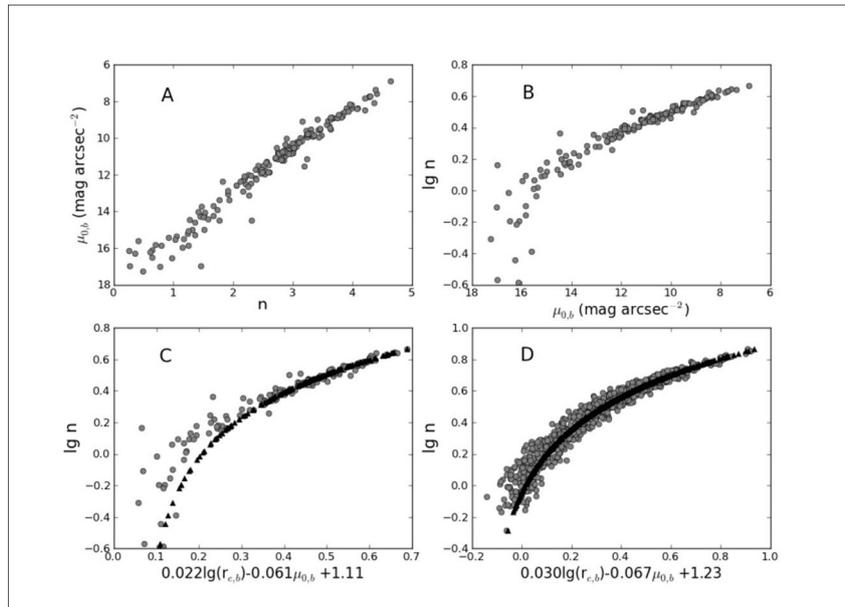


Figure 1. A, B, C: Plots for our sample; D: the PhP for Gadotti (2009) sample. The curved black curves are for $\langle \mu_{e,b} \rangle = 20.0 \text{ mag arcsec}^{-2}$, $\langle r_e \rangle = 1.1 \text{ kpc}$.

5. Conclusion

We have analyzed some well-known pseudo-correlations between structural parameters of bulges. The Photometric Plane does not show a real correlation between decomposition parameters of the Sérsic model but describes the dependence between the central surface brightness $\mu_{0,b}$ and the Sérsic index n that follows from the expression for Sérsic models. The PhP and its curvature does not make physical sense and is a consequence of using the Sérsic model.

References

- de Souza, R.E., Gadotti, D.A., dos Anjos, S., 2004, ApJs, 153, 411
Djorgovski, S. 1987, in: Structure and dynamics of elliptical galaxies; Proceedings of the IAU Symposium, Dordrecht, D. Reidel Publishing Co., p. 79
Freeman, K.C., 1970, ApJ, 160, 811
Gadotti, D.A., 2009, MNRAS, 393, 1531
Graham, A.W., Guzmán, R., 2003, AJ, 125, 2936
Khosroshahi, H.G., Wadadekar, Y., Kembhavi, A., 2000, ApJ, 533, 162
MacArthur, L.A., Courteau, S., Holtzman, J.A., 2003, ApJ, 582, 689
Méndez-Abreu, J., Simonneau, E., Aguerri, J.A.L., Corsini, E.M., 2010, A&A, 521, 71
Mitronova, S.N., Karachentsev, I.D., Karachentseva, V.E., et al., 2003, Bull. Spec. Astrophys. Obs.,

- Mosenkov, A.V., Sotnikova, N.Ya., Reshetnikov, V.P., 2010, MNRAS, 401, 559
- Reshetnikov, V.P., 2003, Surface Photometry of Galaxies, St.Petersburg, St.Petersburg State University (in Russian)
- Sérsic, J.L., 1968, Atlas de Galaxias Australes, Observatorio astronomico, Cordoba
- Skrutskie, M.F., Cutri, R.M., Stiening, R., et al., 2006, AJ, 131, 1163
- Sotnikova, N.Ya., Reshetnikov, V.P., Mosenkov, A.V., 2011, Astron. Astrophys. Trans., 27, 313
(arXiv:1012.3176v1)
- van der Kruit, P.C., Searle L., 1981, A&A, 95, 105

Частотно-временная эволюция радио спектра объекта типа BL Lacertae AO 0235+16

Тимур Муфакхаров

Специальная Астрофизическая Обсерватория, Российская Академия Наук. timmy23@mail.ru

Резюме. В работе исследуются одновременные широкодиапазонные радиоспектры объекта типа BL Lacertae AO 0235+16. Спектры получены на шести частотах (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц) с использованием радиотелескопа РАТАН-600 в период 2006-2011 гг. Представлены параметры переменности объекта, такие как частота максимума излучения (ν_0), полная ширина спектра на половине максимума (FWHM), амплитуда переменности и др. Для интерпретации экспериментальных данных в работе используется модель Шкловского и Ван Дер Лаана для переменного внегалактического радиоисточника. В результате сравнения наблюдательных данных и теоретических кривых обнаружено, что, несмотря на существенные отличия от наблюдений в деталях, теория правильно описывает эволюцию потока (коэффициент корреляции теоретических и экспериментальных кривых близок к 1), дает ясное физическое понимание эволюционных изменений спектра и простые аналитические зависимости для наблюдаемых величин. Модельные ограничения на магнитное поле и его однородность, концентрацию частиц и структуру источника являются основной причиной отличия модели от эксперимента. Как известно в настоящий момент, лучшего согласия с наблюдениями можно добиться, учитывая неоднородность источника, а также предполагая непрерывное ускорение частиц в процессе расширения.

Ключевые слова: галактики: активные – лацертиды: индивидуальные (AO 0235+16)

Time and frequency evolution of radio spectrum of the BL Lacertae type object AO 0235+16

Timur Mufakharov

Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences; E-Mail: timmy23@mail.ru

Abstract. In this work we present investigations of multifrequency spectra of BL Lacertae type object called AO 0235+16. All data had been observed by RATAN-600 radiotelescope from 2006 to 2011. Variations and spectrum parameters such as a peak frequency (ν_0), FWHM, etc. had been studied. Also Shklovsky-Van der Laan model for variable extragalactic radio sources was programmed and applied to compare our observed data and theoretical values. Comparison revealed that calculations based on Shklovsky-Van der Laan model are in good agreement with observed data (Pearson correlation coefficient close to 1) and they clear up physical processes that proceed in object during its evolution. Differences between model and experiment caused mainly by limitation to the magnetic field and its uniformity, particles concentration and source structure. Nowadays we know that the best agreement achieves by taking account of heterogeneous structure and assuming continuously acceleration of particles during expansion.

Keywords: galaxies : active - BL Lacertae objects: individual (AO 0235+16)

Источник АО 0235+16

Исследуемый объект АО 0235+16 [Cohen et al., 1987] является представителем класса BL Lacertae, имеет плоский спектр и демонстрирует переменность излучения в широком диапазоне длин волн и временных масштабов. Представляет собой очень компактное ядро, частично разрешенное VLBI на 43 ГГц [Frey et al. 2000; Piner et al., 2006]. Это один из самых ярких представителей объектов типа BL Lacertae, проявляет переменность во всех диапазонах, на которых наблюдался, включая радио диапазон [Teräsranta et al., 1992], оптический [Xie et al., 1992] и рентгеновский [Hartman et al., 1999]. Оптическая переменность часто представляет собой быстрые и мощные вспышки [Webb & Smith, 1989]. Уярчение объекта на 1.6 mag в течении 47 часов было зафиксировано в 1989 г. [Schramm et al., 1994], а в 1998 году отмечалась переменность порядка 1.5 mag на временном интервале от суток до недель [Takalo et al. 1998].

Объект АО 0235+16 был впервые определен как BL Lacertae в 1975 г. [Spinrad & Smith, 1975]. Эмиссионные линии, обнаруженные на красном смещении ~ 0.94 сделали его самым отдаленным объектом этого типа.

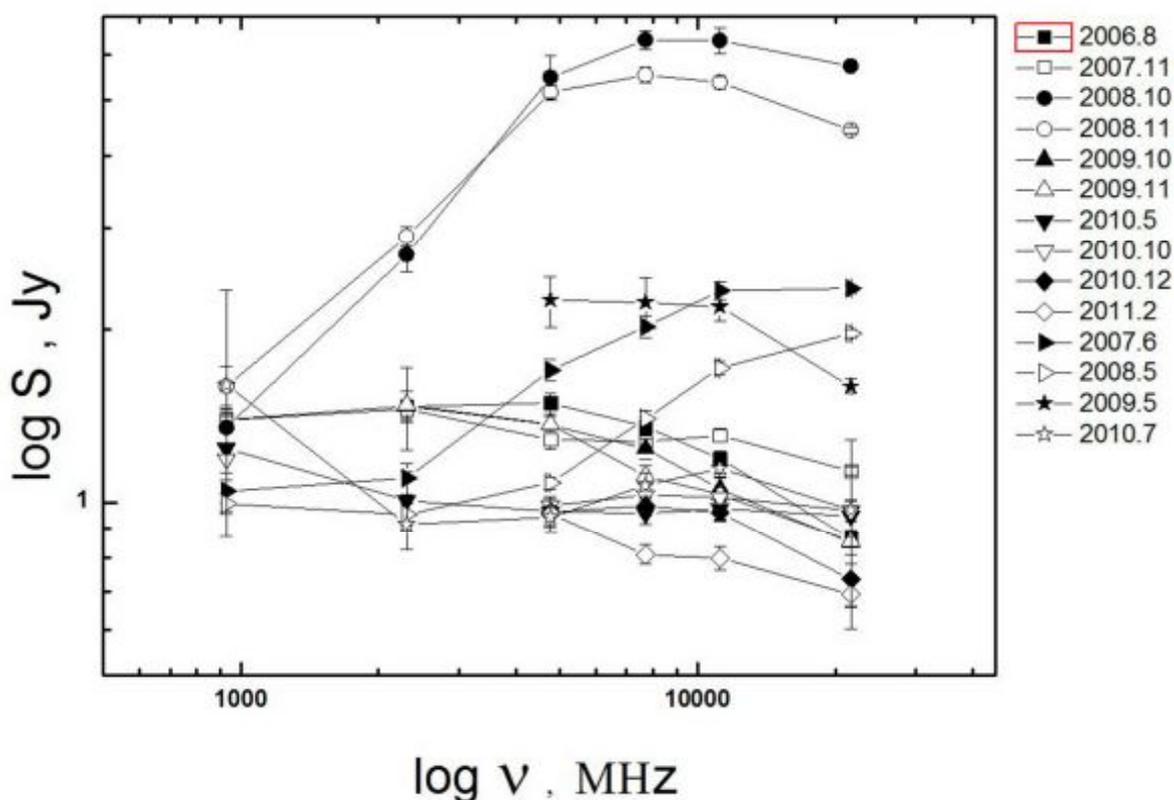


Рисунок 1. Широкодиапазонные мгновенные радиоспектры АО 0235+16, полученные на РАТАН-600 в период 2006-2011 гг.

Наблюдения на радиотелескопе РАТАН-600

Наблюдения объекта проводились в несколько сетов в период 2006-2011 гг. на Южном и Северном секторе РАТАН-600 на частотах 1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Наблюдения проводились в рамках программы: «*Simultaneous spectra of the BL Lacertae Object*» (SAO RAS, Metsahovi Radio Observatory). Использовался режим меридианного инструмента (прохождение объектов через неподвижную диаграмму направленности антенны в верхней кульминации).

В результате проведенных наблюдений и обработки данных для исследуемых объектов, получены *мгновенные радиоспектры* исследуемого объекта на частотах: 1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц (рис. 1). Радиоспектры строились с использованием программы *spg* – интерактивная система обработки континуальных спектров радиоисточников [Verkhodanov, 1997].

Таблица 1. Основные параметры спектров. Для каждой даты показаны пиковая частота, поток на пиковой частоте, спектральный индекс, число наблюдений за месяц, полная ширина спектра на половине максимума, а также ошибки в определении пиковой частоты, потока и спектрального индекса.

дата	N	Peak(MHz)	Speak(Jy)	α (thin)	α (thick)	γ	FWHM
2006.8	7	2535,13±0,0273	1,556 ± 0,0552	0,438±0,0045		0,124	1,80
2008.10	3	12962 ± 0,094	6,484 ± 0,1925	0,155±0,0136	0,769±0,0136	0,69	1,33
2008.11	6	9560 ± 0,0798	5,3605±0,1628	0,291±0,0136	0,624±0,0136	0,418	1,22
2009.5	7	6727 ± 0,1314	2,327 ± 0,292	0,343 ± 0,019		0,314	0,95
2009.10	6	1624 ± 0,042	1,4885 ± 0,09	0,249±0,0045		0,502	1,00
2010.7	4	10580 ± 0,1139	1,1 ± 0,254	0,251±0,014	0,229±0,0022	0,498	1,05
2010.12	10	7087 ± 0,0594	0,99917±0,133	0,407±0,0594		0,186	1,10

Моделирование и сравнение с наблюдательными данными

Для дальнейшего анализа и сравнения полученных данных применялась классическая модель переменного радиоисточника Шкловского. Синхротронная модель Шкловского [Шкловский, 1960] излучения однородного источника одновременно связывает излучение и поглощение в оптически тонкой и толстой части спектра, объясняя одним механизмом основные свойства большинства источников при минимуме предположений. Предполагается однородное сферическое облако с радиусом r , расширяющееся со скоростью dr/dt , заполненное релятивистскими электронами. Электроны распределены по энергиям как $N(E)dE=K(t)E^{-\gamma}dE$ (см⁻³). Первоначально облако достаточно компактно и является оптически толстым во всех радиочастотах. Модель была математически удобно представлена Ван дер Лааном. Основные соотношения и формулы теоретического расчета взяты нами из работы [Van der Laan, 1966].

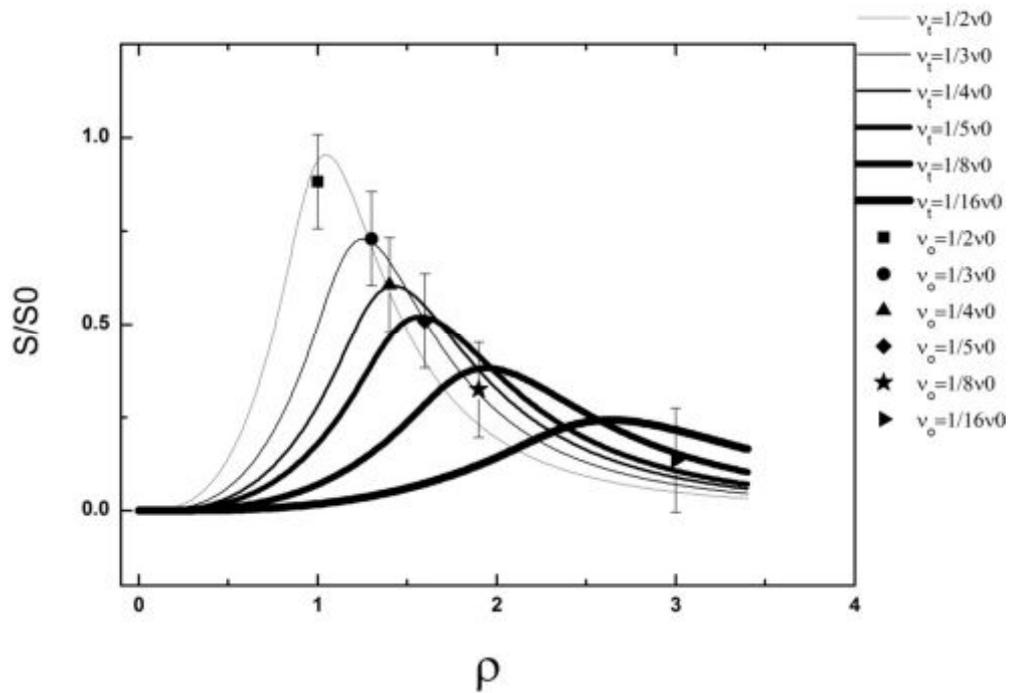


Рисунок 2. Сравнение модельных кривых “относительный радиус – относительная плотность потока” и экспериментальных значений S/S_0 за май 2009 г. для спектрального индекса $\alpha = -0.343$.

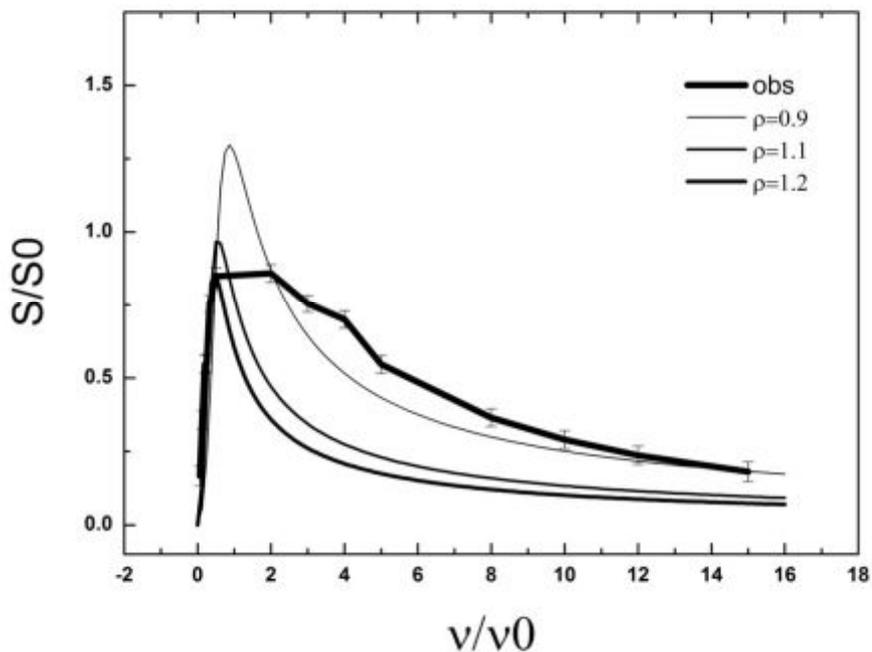


Рисунок 3. Сравнение модельных и экспериментальных кривых “относительная частота – относительная плотность потока” (ноябрь 2008 г.) для спектрального индекса $\alpha = -0.291$.

Таблица 2 - Коэффициенты корреляции Пирсона для экспериментальных и теоретических кривых для зависимости относительной плотности потока от относительной частоты; первая колонка - дата, вторая - коэффициент корреляции Пирсона, третья - ошибка коэффициента, четвертая - значение относительного радиуса ρ теоретической кривой сравнения.

дата	K_Pearson	σ_p	ρ
2006.8	0.8249	0.0018	0.9
2008.10	0.8709	0.0002	1.0
2008.11	0.9025	0.0001	0.9
2009.5	0.8918	0.0001	0.9
2009.10	0.8222	0.001	0.9
2010.7	0.9594	0.0002	0.9
2010.12	0.8743	0.0004	0.9

Результаты

1. С использованием модели переменного внегалактического источника Шкловского и Ван дер Лаана построены модельные кривые (алгоритм построения модельных кривых и вычисления оптической толщины источника реализован на языке C++) для относительных величин спектральной плотности потока S , частоты максимума ν_0 и радиуса ρ исследуемого объекта АО 0235+16.
2. Для сравнения экспериментальных данных с зависимостями $S(\rho)$ для объекта АО 0235+16 были рассчитаны параметры переменного излучения в рамках используемой модели, такие как γ , α , ν_0 , S_0 , τ_{m0} . В результате сравнения экспериментальных данных и теоретических кривых обнаружено 28% совпадений в пределах ошибок.
3. Обнаружено, что в случае с зависимостями $S(\nu/\nu_0)$ экспериментальные кривые находятся в хорошем согласии с теоретическими – коэффициент корреляции близок к 1.
4. Вариации таких спектральных параметров как ширина спектра FWHM, и показатель степени γ указывают на вариации компактности и неоднородности в исследуемом объекте. С другой стороны, необходимо учесть позиционный угол, уменьшение которого ведет к значительному влиянию эффекта Доплера, что выходит за рамки используемой модели.

Выводы

Модельные ограничения на магнитное поле и его однородность, концентрацию частиц и структуру источника являются основной причиной отличия модели от эксперимента. В настоящее время хорошо известно, например, что наблюдательные данные никогда не дают величину спектрального индекса оптически толстой части $\alpha=+2.5$ и

величину $FWHM=0.8$ декад частоты. Как известно в настоящий момент, лучшего согласия с наблюдениями можно добиться, учитывая неоднородность источника, а также предполагая непрерывное ускорение частиц в процессе расширения. Возможно, это связано просто с достаточным количеством свободных параметров, позволяющим подгонять указанные модели под вариации потока многих источников.

Синхротронная модель Шкловского одновременно связывает излучение и поглощение в оптически толстой и тонкой части спектра, объясняя одним механизмом основные свойства большинства источников при минимуме предположений. Несмотря на существенные отличия от наблюдений в деталях, она правильно описывает эволюцию потока в основном, дает ясное физическое понимание эволюционных изменений спектра и простые аналитические зависимости для наблюдаемых величин.

К недостаткам работы можно отнести невозможность оценить параметры переменного радиоизлучения в более широком частотном диапазоне, недоступном РАТАН-600, а также отсутствие более плотных временных рядов в силу ограниченности наблюдательных циклов. Частичное отсутствие дециметровых измерений (1 и 2.3 ГГц – из-за состояния приемной аппаратуры) явилось причиной необходимости применять метод экстраполяции спектра, что повлияло на точность расчетов и искажение экспериментальных кривых.

Список литературы

1. Cohen R.D., Smith H.E., Junkkarinen V.T. 1987, ApJ 318, 577
2. Frey S. 2000, PASJ 52
3. Hartman, R. C., et al. 1999 ApJS, 123, 79
4. Piner B.G., Bhattarai D., Edwards P.G. & Jones D.L. 2006, ApJ 640, 196
5. Schramm, K.-J., et al. 1994, A&AS, 106, 349
6. Spinrad H., Smith H. E. 1975, ApJ, 201, 275
7. Takalo, L. O., et al. 1998, A&AS, 129, 577
8. Teräsranta, H., et al. 1992, A&AS, 94, 121
9. Van der Laan H. 1966, Nature 211, 1131
10. Verkhodanov O.V. 1997, ASPC 125, 46
11. Webb, J. R., & Smith, A. G. 1989, A&A, 220, 65
12. Xie, G. Z., et al. 1992, ApJS, 80, 683
13. Шкловский И.С. 1960, АЖ, 37, 256

Сравнительное исследование соседей галактик Первого и Второго Бюраканских обзоров

Тигран Назарян^{1,2}, Арташес Петросян²

*Ереванский государственный университет (ЕГУ), А. Манукян 1, Ереван 0025, Армения и
Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область,
Армения. E-mail: nazaryan.tigran@gmail.com*

Резюме. Это продолжающаяся в настоящее время диссертационная работа, направленная на исследование близкого окружения галактик Первого и Второго Бюраканских обзоров (ПБО и ВБО), выделяющихся активностью и интенсивным звездообразованием. Был составлен каталог соседних объектов по методу поиска в трех измерениях. Будет проведено сравнительное статистическое изучение интегральных, кинематических, динамических и физических характеристик галактик ПБО, ВБО и их соседей. Результаты, полученные для галактик ПБО, ВБО и их соседей, будут сравнены с аналогичными результатами для “нормальных” галактик и их соседей. Выборка “нормальных” галактик взята в том же интервале красных смещений и видимых звездных величин, в котором находятся галактики ПБО и ВБО. Эти сравнительные исследования создают возможность для тестирования моделей возникновения и эволюции галактик и более глубокого понимания природы галактик с различными уровнями активности. Согласно наблюдениям 2,6м Бюраканского телескопа, будут детально исследованы несколько тесно взаимодействующих и слившихся систем из ПБО и ВБО. В частности, будет изучено поле скоростей и распределение физических характеристик в них. Полученные результаты помогут понять природу таких систем, в том числе их эволюцию и историю звездообразования. Также будет проведено статистическое изучение пространственных распределений и ориентаций вращательных моментов галактик ПБО, ВБО и их соседей в группах и скоплениях.

Comparative Study of the Neighbors of the First and Second Byurakan surveys galaxies

Tigran Nazaryan^{1,2}, Artashes Petrosian²

1 – Yerevan State University (YSU), A. Manoogian I, Yerevan 0025, Armenia and

2 – Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia.

E-mail: nazaryan.tigran@gmail.com

Abstract. This is ongoing thesis work about studying close neighborhood of active and star forming galaxies from the First and Second Byurakan surveys (FBS and SBS). The catalog of neighbor objects has been compiled using three-dimensional criteria for neighboring objects search. The comparative statistical study of FBS and SBS galaxies and their neighbors' integral, kinematical, dynamical as well as physical parameters will be carried out. Obtained results for FBS and SBS galaxies and their neighbors will be compared with the similar data of the “normal” galaxies and their neighbors. “Normal” galaxies sample is selected within the same range of redshifts and apparent magnitudes as for FBS and SBS objects. These comparative studies create an opportunity to test the models of the origin and evolution of galaxies and to understand better the nature of the galaxies with different level of activity. According to the observations at 2.6m Byurakan telescope, also several FBS and SBS close interacting systems and mergers will be studied in more details. Particularly their velocity fields and physical parameters distribution will be investigated. Obtained results will help to understand the nature of these systems particularly their star formation history and evolution. The statistical investigation of the location and angular momentum orientation of FBS and SBS galaxies and their neighbors within their host groups and clusters will be conducted too.

Фотометрия, кинематика и параметры звездного населения линзовидной галактики NGC 6340

Александра Новикова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Россия

E-mail: sasha.novikova@gmail.com

Резюме. В данной работе проводится всестороннее исследование линзовидной галактики NGC 6340 на основе фотометрических данных из обзора SDDS и спектральных данных, полученных на телескопе БТА (САО РАН). Изучается её морфологическое строение, найдены три структурные компоненты, а также слабые спиральные ветви; подтверждено существование полярного кольца в центральной части. Получены пространственные распределения параметров звездного населения и внутренней кинематики, а также сделаны выводы о возможных механизмах эволюции данной галактики и линзовидных галактик в целом.

Photometry, kinematics and parameters of stellar population of the lenticular galaxy NGC 6340

Alexandra Novikova

Moscow State University after M.V. Lomonosov, Russia

E-mail: sasha.novikova@gmail.com

Abstract. In this work a multi-aspect study of the lenticular galaxy NGC 6340 using photometry from the SDDS survey and spectroscopy obtained with the 6-m BTA telescope (Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, SAO RAS). Its morphological structure is being studied; three structure components as well as weak spiral arms are found; the presence of a polar ring in the central part is confirmed. The spatial distributions of stellar population parameters and internal kinematics are obtained, as well as conclusions about the possible mechanisms of evolution of this galaxy and lenticular galaxies in general have been made.

Многоволновое исследование рентгеновских активных галактических ядер (AGN)

Гурген М. Паронян, Арег М. Микаелян

Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область, Армения. E-mail: gurgen@bao.sci.am, aregmick@aras.am

Резюме. В данной работе сделана попытка создать объединённый каталог Активных Галактических Ядер (AGN), имеющих рентгеновское излучение. Для этого в качестве основы использованы каталоги HRC (Hamburg RASS Catalog) и BHRC (Byurakan Hamburg RASS Catalog), в которых выполнены оптические отождествления рентгеновских источников из каталогов ROSAT на основе низкодисперсионных спектров Гамбургского Обзора Квазаров (HQS). В первом каталоге использовался ROSAT Bright Source Catalogue, а во втором – ROSAT Faint Source Catalogue. В итоге создана новая выборка рентгеновски отобранных AGN, в котором собраны 4401 рентгеновских источников со скоростью счета фотонов $CR \geq 0.04 \text{cts/s}$ в области с галактической широтой $|b| \geq 30^\circ$ и склонением $\delta \geq 0^\circ$. Все эти источники классифицированы как AGN (3362 из них входят в 13-ю версию каталога АГЯ Верон-Сетти и Верон) или являются их кандидатами. Для этих источников выполнено многоволновое исследование в ряде диапазонов электромагнитных волн (рентгеновский, оптический, радио). Сделана попытка найти связь между потоками излучения в разных диапазонах для разных типов источников, и выявить их особенности, и таким образом подтвердить кандидаты в АГЯ.

Multiwavelength investigation of X-ray active galactic nuclei (AGN)

Gurgen M. Paronyan, Areg M. Mickaelian

*Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia
E-mail: gurgen@bao.sci.am, aregmick@aras.am*

Abstract. In this study, we attempt to create a master catalog of active galactic nuclei (AGN) with X-rays. To do this, the catalogs HRC (Hamburg RASS Catalog) and BHRC (Byurakan Hamburg RASS Catalog) served as a basis; they were used to perform optical identification of X-ray sources from ROSAT catalogs based on low-dispersion spectra of the Hamburg Quasar Survey (HQS). The first catalog used the ROSAT Bright Source Catalogue, and in the second, ROSAT Faint Source Catalogue. As a result, we compiled a new sample of X-ray selected AGN, which collected 4401 X-ray sources with count rates of photons $CR \geq 0.04 \text{ ct/s}$ in the area with galactic latitudes $|b| \geq 30^\circ$ and declinations $\delta \geq 0^\circ$. All these sources are classified as AGN (3362 of them are in the 13th version of the catalog of AGN by Veron-Cetti and Veron) or are AGN candidates. For these sources, we have performed a multiwavelength investigation in several ranges of electromagnetic waves (X-ray, optical, radio). An attempt was made to find a connection between radiation fluxes in different bands for different types of sources, to reveal their characteristics, and thus to confirm the candidate AGN.

Introduction

In this work, an attempt was made to create an X-ray selected AGN catalog and to make a multi-wavelength study of AGN, in order to find relations between fluxes in different ranges of electromagnetic waves, which will allow us to find new AGN candidates and in some cases even to confirm them.

Background

To ensure completeness of our study, we took the ROSAT satellite data on X-ray sources. The ROSAT satellite was equipped with an X-ray detector with sensitivity between 0.1 and 2.4 keV, the mirror diameter being 84 cm. This satellite provided an all-sky X-ray survey.

ROSAT data are subdivided into two catalogs: the ROSAT Bright Source Catalogue (BSC) (1) and the ROSAT Faint Source Catalogue (FSC) (2). They are clearly separated from each other by count rate, the number of particles registered by the detector in unit time. For the first catalog, $CR \geq 0.05$ ct/s, while for the second one, $CR < 0.05$ ct/s. The first of these catalogs contains 18,806 sources, and the second one, 105,924.

The Hamburg Quasar Survey, HQS (3) was used as the source of optical data. This survey was performed using a Schmidt telescope of the Hamburg Observatory with the objective diameter of 80 cm and covered the entire northern sky. Spectra were obtained with a wide-angle prism (1.7°). KODAK IIIa-J plates were used for observations with spectral sensitivity between 3400 and 5400 Å. A total of 1871 plates were obtained for the survey.

We selected this survey as the source of optical data for several reasons:

1. The survey covers the whole northern sky: $\delta > 0^\circ$, $|b| \geq 30^\circ$.
2. Spectra were taken with an objective prism, the dispersion being 1390 Å/mm.
3. All plates of the survey were digitized with high quality and are accessible to everyone.
4. An attempt was made to identify the objects detected in the survey with ROSAT sources; as a result, two catalogs were compiled.

In the first one, the HRC (the Hamburg / RASS Catalogue of optical identifications) (6), optical objects from the HQS were identified with the RBS. It includes all the RBS X-ray source optical identifications for galactic latitudes $|b| \geq 30^\circ$ and declinations $\delta > 0^\circ$. There are 5341 identified objects in the catalog. 2215 of them are considered to be AGN or candidates.

The second one is the BHRC (7). Here optical objects from the HQS are identified with the FSC. It includes all the FSC X-ray source optical identifications with galactic latitudes $|b| \geq 30^\circ$ and

declinations $\delta > 0^\circ$. Unlike the HRC, in order to avoid noises and mistakes of X-ray spectrum, a limits on CR was used, $CR > 0.04$ ct/ s. There are 2667 identified sources in the BHRC catalog. 1530 of them are considered to be AGN or candidates.

Thus, we combined these two catalogs and created a new catalog of X-ray selected AGN, which covers all the northern sky limited to high galactic latitudes ($\delta > 0^\circ$, $|b| \geq 30^\circ$) and with $CR > 0.04$. It contains 3745 AGNs or candidates.

Workflow

In order to avoid further mistakes and errors, before to start the main work, we studied the HRC and BHRC catalogs in detail. For this purpose, the two catalogs have been cross-matched with the well-known AGN catalog, “A catalogue of quasars and active nuclei”, version 13 (Veron-Cetty & Veron, hereafter VCV-13) (8). This catalog includes only objects that have optical spectra and whose spectroscopic studies confirmed their AGN nature. It contains 168,941 AGN.

During this process, some classification errors (a source is an AGN but classified as a star or a galaxy) were found. The number of such objects is 607 and 49 in the HRC and BHRC, respectively. Thus, the number of optical X-ray objects in the catalog that are AGN or candidate, became 4401.

For these sources, the same process was performed in other ranges of electromagnetic waves: X-ray, optical, and radio ranges. In order to make identifications, we used the catalogs for these ranges that more or less satisfy the completeness condition.

The following table provides the results of the process.

Catalog name	Number of identified sources	Identification radius
ROSAT	4401	60''
SDSS DR8 (9)	4100	10''
USNO-B1.0 (10)	3570	10''
VCV-13 (8)	3362	10''
FIRST (11)	1150	30''

3362 sources out of 4401 in the catalog were confirmed as AGN with the help of spectral examination, and the remaining 1039 sources are AGN candidates. Graphs and histograms of distributions of sources in different ranges, their stellar magnitudes and interdependent data were plotted in order to identify AGNs and to find AGN or candidates in the future.

In order to verify reliability and completeness, the whole work was repeated for other kinds of objects in the HRC and BHRC catalogs (not AGN).

The following table provides the results:

Catalog name	Number of identified sources	Identification radius
ROSAT	3607	60''
SDSS DR8	3130	10''
USNO-B1.0	2747	10''
CAGN v13	0	10''
FIRST	347	30''

For 218 of objects whose spectra are available in the SDSS DR8, the results of this study will be presented in our future publications. In order to make comparisons, the existing objects were divided into three groups:

1. Active galaxy nuclei (AGN);
2. AGN candidates;
3. Non-AGN objects.

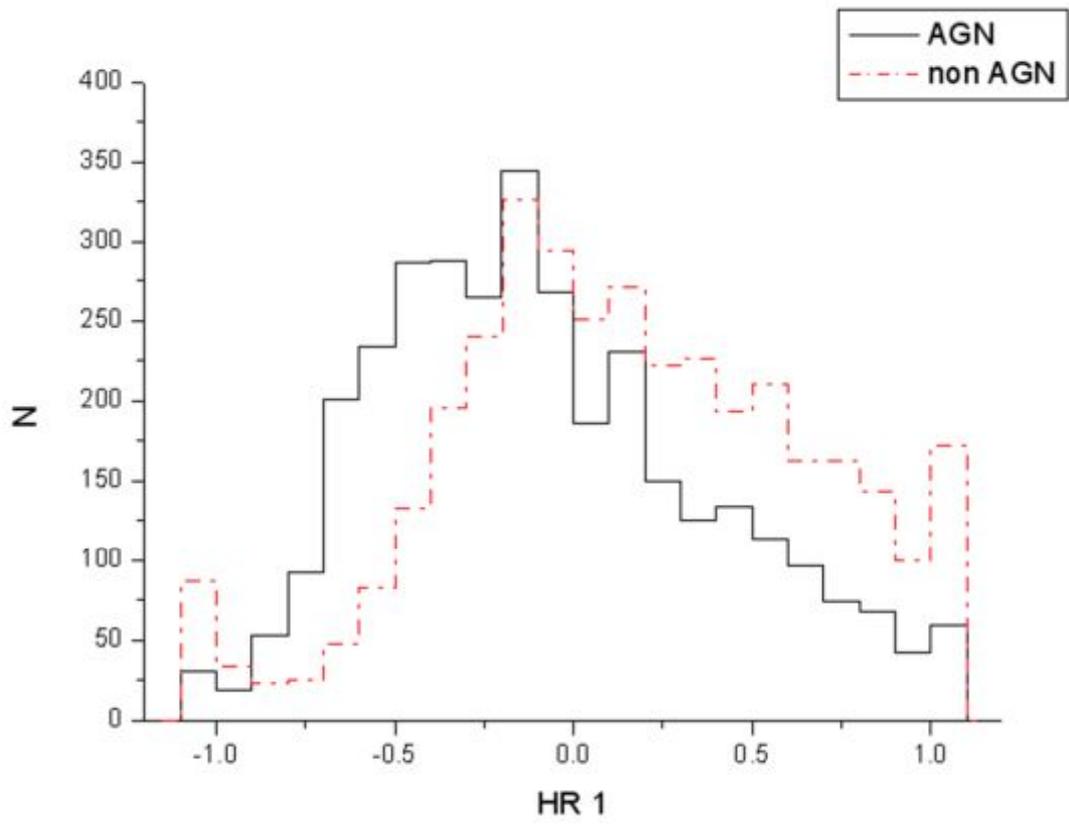
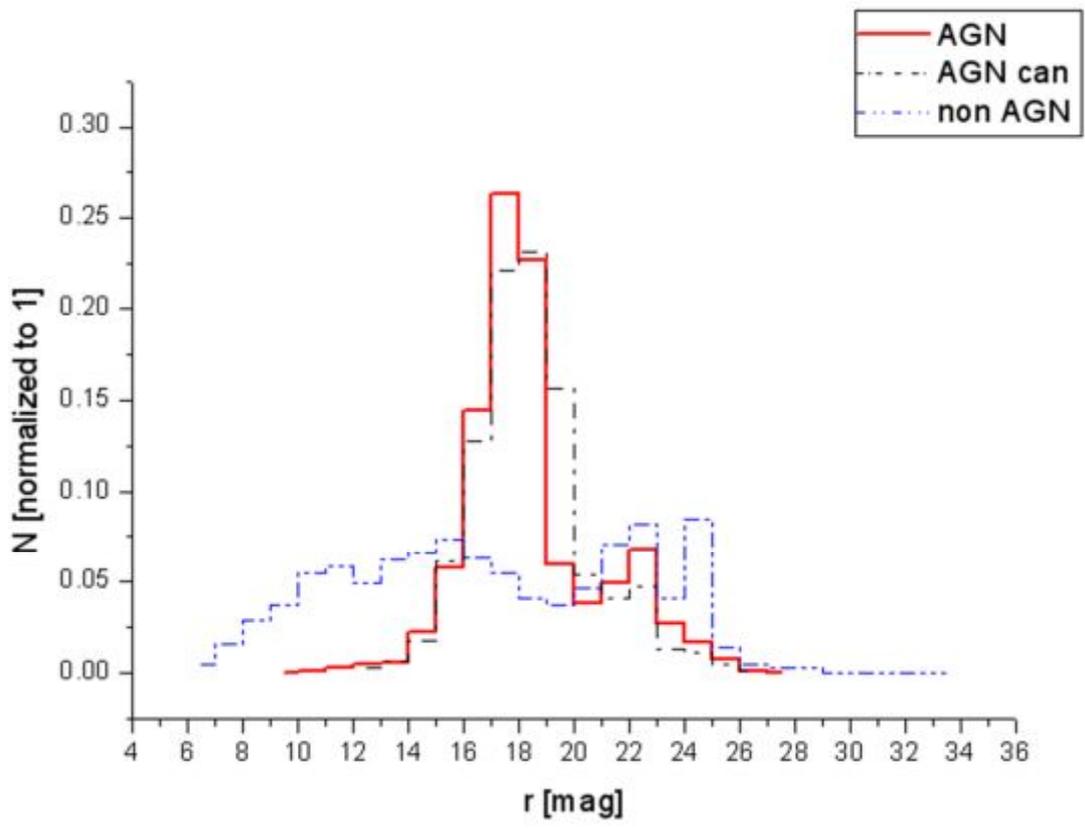
Data processing

The catalog consists of 4401 AGN candidates, which have X-ray radiation. 3362 of them are confirmed as AGN, and the remaining 1039 are AGN candidates. In order to check if these objects are AGN, we plotted diagrams that express dependences between different kinds of data for these sources.

Below is the distribution of magnitudes of different types of sources (Fig. 1).

The histogram shows that the distributions of the AGN and of the AGN candidates are almost the same, but the distribution of other sources is strongly different. Thus, the sources we selected as AGN candidates are probably genuine AGN.

Figure 2 shows the distributions of AGN and non-AGNs sources over HR 1 (hardness ratio). The histograms show that they are strongly different. These results permit us to claim that the "unknown" sources are AGN. We are planning future spectroscopic studies of these sources, which will permit us to confirm our findings and, even more important, to discover new AGN candidates.



Summary of the results

Below is a fragment of our new catalog:

Rosat			Usno			Veron		SDSS DR8							First	
CR	HR1	HR2	O	E	I	Cl	Sp	u	g	r	i	z	class	z	Fpeak	Fint
ct/s			mag	mag	mag			mag	mag	mag	mag	mag			mJy	mJy
0.05	0.07	0.58	11.85	10.69	10.47	A	S1	16.42	15.23	14.53	14.06	13.79	QSO	0.077		
0.04	1.00	0.62	11.94	10.83	10.47	A	S2	17.29	15.42	14.56	14.15	13.83	GAL	0.032		
0.04	0.58	-0.07	12.44	10.72	10.81	A	S2	17.10	15.47	14.59	14.10	13.80	GAL	0.063	608.8	615.1
0.19	-0.15	-0.24	12.07	10.51	10.36	A	S1n	16.24	15.25	14.62	14.30	13.99	QSO	0.024		
0.04	0.94	0.18	12.38	10.59	10.29	A	S1.9	16.44	15.19	14.62	14.20	14.00	QSO	0.038	18.94	20.73
0.88	0.03	0.16	20.72		18.47	A	S1.5	15.59	15.05	14.63	14.42	14.24	QSO	0.030	5.11	5.32

We summarize our results as follows.

1. During this study, we found that there were 607 incorrectly classified sources in the HRC catalog, and 49 in the BHRC. The corresponding corrections were done and these sources were reclassified as AGN.
2. A general catalog of AGN with selected X-ray radiation ($CR \geq 0.04$) was created. The catalog contains 4401 objects that are AGN or candidates. The catalog covers the entire northern sky at high galactic latitudes, $\delta \geq 0^\circ$, $|b| \geq 20^\circ$. The table below includes the list of these sources:

Class	Number	Fraction (%)
QSO	1280	29.1
Active galaxies	1812	41.2
BL Lac	270	6.2
Other AGN	1039	23.5
Total	4401	100

3. For these sources, the same process of identifications was made in other ranges of electromagnetic waves: X-ray, optical, and radio.
4. In the result of spectroscopic studies, 3362 of the sources included in the catalog were confirmed by different authors as AGN, and the remaining 1039 are AGN candidates. With the help of our diagrams, we can say that they are also AGN.

5. We are planning to undertake detailed studies (including spectroscopy) of these 1039 sources in order to confirm their AGN nature; our method will permit to reveal new AGN candidates.

References

1. Voges W., Aschenbach B., Boller T. et al. 1999, A&A, 349, 389
2. Voges W., Aschenbach B., Boller Th. Et al. 2000. IAU Circ., No. 7432
3. Hagen H.-J., Engels D., & Reimers D. 1999, A&AS, 134, 483
4. Zickgraf F.-J., Engels D., Hagen H.-J. et al. 2003, A&A, 406, 535
5. Mickaelian A.M., Hovhannisyanyan L.R., Engels D. et al. 2006, A&A, 449, 425
6. Veron-Cetty M.P. & Veron P. 2010, A&A, 518, A10
7. Abazajian K.N., Adelman-McCarthy J.K., Agueros M.A. et al. 2009, ApJS, 182, 543
8. Monet D.G., Levine S.E., Casian B. et al. 2003, AJ, 125, 984
9. Becker R.H., Helfand D.J., White R.L. et al. 1997, ApJ, 475, 479

“Чистые” сверхновые и ускоренное расширение Вселенной

Мария В. Пружинская, Е.С. Горбовской, В.М. Липунов

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Государственный
астрономический институт имени П.К. Штернберга, Москва*

E-mail: pruzhinskaya@gmail.com

Резюме. Выделен особый класс сверхновых типа Ia, который не подвержен эффектам обычного и дополнительного внутригалактического серого поглощения и химической эволюции. Анализ диаграмм Хаббла, построенных для этих сверхновых, подтверждает ускоренное расширение Вселенной безотносительно химической эволюции и возможного серого поглощения в галактиках.

Ключевые слова: сверхновые класса Ia, диаграммы Хаббла, расширение Вселенной.

Опубликовано: Pruzhinskaya, M.V., Gorbovskey, E.S., Lipunov, V.M., *Astronomy Letters*, Vol. 37, Issue 10, p. 663-669, 2011.

“Pure” Supernovae and Accelerated Expansion of the Universe

Maria V. Pruzhinskaya, E.S. Gorbovskey and V.M. Lipunov

Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow

E-mail: pruzhinskaya@gmail.com

Abstract. A special class of type Ia supernovae that is not subject to ordinary and additional intragalactic grey absorption and chemical evolution has been identified. Analysis of the Hubble diagrams constructed for these supernovae confirms the accelerated expansion of the Universe irrespective of the chemical evolution and possible grey absorption in galaxies.

Keywords: type Ia supernovae, Hubble diagrams, expansion of the Universe.

Published: Pruzhinskaya, M.V., Gorbovskey, E.S., Lipunov, V.M., *Astronomy Letters*, Vol. 37, Issue 10, p. 663-669, 2011.

Содержание атомарного водорода в голубых компактных галактиках и галактиках скоплений

Евгения Сафонова

*Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга (ГАИШ),
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

E-mail: eshaldenkova@gmail.com

Резюме. В данном докладе мы представляем результаты исследования содержания атомарного водорода в галактиках скоплений и голубых компактных галактиках (BCG). Для оценки этого параметра мы использовали новый метод оценки дефицита атомарного водорода в спиральных галактиках, основанный на зависимости между полной массой HI и удельным моментом вращения диска для изолированных галактик. Зависимость была получена для выборки изолированных галактик из каталога AMIGA и близких изолированных галактик из каталога Караченцева и др. (2004).

The HI Abundance in Blue Compact Galaxies and Cluster Galaxies

Evgeniya Safonova

*Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University (SAI MSU),
Moscow, Russia*

E-mail: eshaldenkova@gmail.com

Abstract. We present the results of our study of HI content in cluster galaxies and blue compact galaxies. To estimate this parameter, we used the new method of estimating HI deficiency in spiral galaxies, which is based on the relation between the total HI mass and specific angular momentum of the disk for isolated galaxies. This relation was obtained for isolated galaxies from the AMIGA catalogue and for nearby isolated galaxies from the Karachentsev et al. (2004) catalogue.

Мониторинг блазаров на 16" телескопе СПбГУ

Иван С. Троицкий (void@star.math.spbu.ru)¹, Дарья А. Морозова (comitcont@gmail.com)¹,
Дмитрий А. Блинов (dmitriy.blinov@gmail.com)¹, Валерий М. Ларионов (vlar2@yandex.ru)¹,
Светлана Г. Эрштадт (jorstad@bu.edu)^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет, Россия; ² Бостонский унив., США

Резюме. Характерной особенностью блазаров является быстрая переменность в полном и поляризованном потоках. Полноценный анализ требует получения плотных рядов наблюдений. Более 5 лет одним из основных инструментов для этих целей в СПбГУ является 16" телескоп Meade LX200. Помимо фотометрии в полосах B, V, R, I, также проводится поляриметрия большинства программных источников. Благодаря организационным, методическим и техническим решениям удалось добиться высокой эффективности использования телескопа для мониторинга блазаров. Для многих объектов были получены уникальные ряды наблюдений. Результаты вошли в статьи, опубликованные в таких журналах, как ПАЖ, АЖ, А&А, ApJ, Nature. На телескопе регулярно проводятся наблюдения в рамках международных программ по мониторингу активных ядер галактик.

Ключевые слова: поляризация, оборудование: фотометры, оборудование: поляриметры, (галактики:) лацертиды: общее

Monitoring of blazars on the SPbSU 16" telescope

Ivan S. Troitskiy (void@star.math.spbu.ru)¹, Daria A. Morozova (comitcont@gmail.com)¹,
Dmitriy A. Blinov (dmitriy.blinov@gmail.com)¹, Valery M. Larionov (vlar2@yandex.ru)¹,
Svetlana G. Ershtadt (jorstad@bu.edu)^{1,2}

¹ St. Petersburg State University (SPbSU), Russia; ² Boston University, USA

Abstract. The fast variability in the total and polarized fluxes is prominent feature of blazars. The analysis demands dense series of observations. Meade 16" LX200 telescope is one of the basic instruments for these purposes in St.Petersburg State University. The photometry in B, V, R, I bands and polarimetry of the majority of program sources are spent. Thanks to organizational, methodical and technical solutions it was possible to achieve high efficiency of usage of the telescope for blazar monitoring. Unique observations series have been received. Results were included into articles published in such magazines, as the Astronomy Letters, Astronomy Reports, A&A, ApJ, Nature. International programs of active galactic nuclei monitoring are regularly spent.

Keywords: polarization, instrumentation: photometers, instrumentation: polarimeters, (galaxies:) BL Lacertae objects: general

Введение

Активные ядра галактик представляют собой обширный класс источников, разделённый на типы по особенностям проявления своей природы. Блазары выделяются быстрой переменностью и высокой степенью поляризации.

Ярким примером является поведение VL Ящерицы. Осенью 2005 года во время вспышки произошло вращение плоскости поляризации на $\sim 240^\circ$ за интервал времени порядка 5 суток [1]. Степень поляризации при этом менялась более чем на 15%.

Положение плоскости поляризации определяется с точностью до $\pm 180^\circ$, вследствие чего, при недостаточной плотности наблюдений, может оказаться невозможным надёжное определение ни направления вращения, ни полного угла поворота. В то же время, переменность в полном и поляризованном потоке является одним из основных источников информации о блазарах. Таким образом, для полноценного анализа необходимы плотные ряды наблюдений, включающие в себя поляриметрию.

16" Телескоп Meade LX200

В качестве одного из основных инструментов для мониторинга блазаров в СПбГУ используется телескоп Meade 16" LX200GPS. Телескоп имеет оптическую схему Шмидта-Кассегрена со световым диаметром 16" и относительным отверстием 1:10. Приёмником является ПЗС-камера SBIG ST-7XME. С фокальным редуктором поле зрения составляет 14 x 9.5 угловых минут, предельная звездная величина $\sim 19^m$. Блок фильтров состоит из одной турели, содержащей фильтры U, B, V Джонсона, R, I Казинса, 2 пластины Савара (0° и 45°) и фильтр H_α . Телескоп расположен на территории Петродворцового учебно-научного комплекса СПбГУ, приблизительно в 20 км от Санкт-Петербурга.

Условия наблюдений

Астроклимат в целом идентичен Пулковской обсерватории. Основные различия носят техногенный характер, выражены прежде всего в расположении источников засветки и в большем удалении от них. Неблагоприятными факторами являются: малое количество ясных ночей, высокая влажность, городская засветка, усугубляемая сильным рассеянием на пыли и аэрозолях в атмосфере.

Повышение эффективности

Несмотря на существенные ограничения, реализованы возможности, позволяющие наиболее полно и эффективно использовать всё доступное время ясного ночного неба. Сюда входят технические средства, методика наблюдений и обработки данных, организация процесса в целом.

Часто наилучшим условиям видимости сопутствуют высокая влажность и выпадение конденсата на коррекционной (Шмидтовской) пластине телескопа. Проблема была решена путём постоянного обдува пластины потоком подогретого воздуха, что позволило предотвратить постепенную деградацию качества изображения и не прерывать наблюдения на осушку пластины.

Телескоп по назначению является специализированным инструментом. Практически всё наблюдательное время выделено на мониторинг активных ядер галактик. Первоочередными задачами являются получение плотных рядов для приоритетных источников и обнаружение вспышек.

Оперативность достигается благодаря использованию специального пакета программ. Как правило, предварительная обработка данных производится сразу после окончания ночи, а фотометрия и поляриметрия – в течение дня. В случае необходимости корректируется программа наблюдений на следующую ночь.

Обширная выборка программных источников позволяет с одной стороны более объективно исследовать блазары как класс, т.к. каждый объект по-своему уникален, с другой – увеличивается общее количество данных, полученных во время активного состояния.

В совокупности, комплекс всех мер делает телескоп эффективным инструментом для мониторинга активных ядер галактик вопреки неблагоприятным факторам.

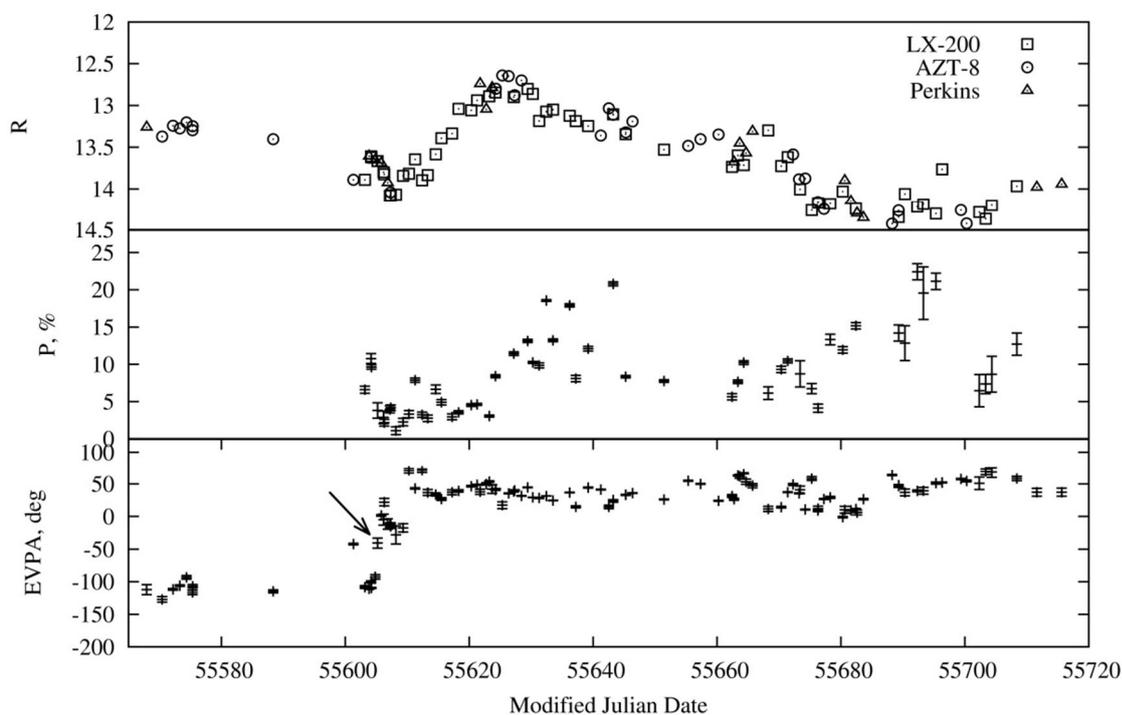


Рис 1. Кривая блеска S5 0716+71 в фильтре R, степень поляризации, позиционный угол (EVPA).

Международная кооперация

Существенный вклад в увеличение наблюдательного материала вносит международное сотрудничество. Помимо 16" телескопа СПбГУ, регулярные наблюдения проводятся на телескопе АЗТ-8 Крымской астрофизической обсерватории, значительные объёмы данных получены на Perkins Telescope (Лоуэлловская обсерватория, США) в сотрудничестве с Бостонским университетом (США), инфракрасном телескопе АЗТ-24 ГАО РАН на станции Кампо Императоре (Италия) и в обсерватории имени Стюарта Аризонского университета.

Данные с 16" телескопа СПбГУ имеют достаточно высокую точность, включают в себя поляризацию и представлены большой выборкой объектов. Получение собственного наблюдательного материала позволило активнее участвовать в международных программах, таких как “The Whole Earth Blazar Telescope”.

Результаты

Данные с телескопа во многом представляют собой уникальные ряды наблюдений, включающие исторические максимумы и быструю (intranight) переменность. Благодаря регулярным наблюдениям неоднократно удавалось первыми обнаружить вспышки источников и своевременно распространять информацию об изменениях уровня активности наблюдаемых объектов (более десяти публикаций в Astronomers Telegram). Результаты фотометрии и поляризации включены в более 50 статей в ПАЖ, АЖ, A&A, ApJ, Nature. Особый интерес представляют поляризационные данные, т.к. лишь немногие обсерватории проводят соответствующие наблюдения.

На верхнем графике Рис. 1 представлена кривая блеска блазара S5 0716+71 в фильтре R. Данные с телескопа LX200 СПбГУ отмечены квадратами. В феврале 2011 года началось значительное увеличение степени поляризации и быстрое вращение EVPA. С 12-го по 13-е февраля менее, чем за сутки вращение составило более $\sim 95^\circ$ (MJD 55604.8 – 55605.8). Измерения проводились на телескопе Perkins. Наличие точки с LX200 между этими наблюдениями (MJD 55605.2) позволяет подтвердить направление и скорость вращения плоскости поляризации: за первые 10 часов вращение составило $\sim 52^\circ$, за последующие 14 часов – более 42° . Кривая EVPA и уровень ошибок измерений приведены на нижнем графике Рис.1, точка на дату MJD 55605.2 с LX200 отмечена стрелкой. Анализ фотометрии и поляризации позволяет исследовать структуру магнитного поля в области источника, ответственного за переменность. В данном случае высокая степень поляризации и характер изменения EVPA свидетельствуют в пользу модели с хорошо упорядоченным спиральным магнитным полем, аналогично выводам о природе поведения BL Lac во время вспышки в конце 2005 года [1].

Быстрая переменность блазаров определяет необходимый набор данных и их плотность. Регулярные наблюдения на телескопе LX200 СПбГУ вносят свой вклад в

совместные международные программы и позволяют проводить полноценный анализ поведения источников, что и является показателем эффективности.

Литература

1. Marscher, A.P., Jorstad, S.G., Larionov, V.M., et al. The Inner Jet of an Active Galactic Nucleus as Revealed by a Radio to Gamma-ray Outburst. *Nature*, 452, 966-969 (2008).

Группы Карликовых Галактик в Местном Сверхскоплении

Роман Уклеин (uklein@sao.ru), Дмитрий Макаров (dim@sao.ru)
Специальная астрофизическая обсерватория (САО) РАН, Россия

Резюме. В данной работе представлен проект по изучению систем, состоящих исключительно из карликовых галактик. Обзор проводится на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории с 2009 года. В нашей выборке собрано около 70 карликовых галактик, преимущественно объединенных в пары. Однако встречаются системы с большим числом членов. Наиболее населенная группа представляет собой цепочку из 5 карликовых галактик. Группы карликовых галактик находятся в областях пониженной плотности и эволюционируют без влияния массивных галактик. Основные задачи обзора – определить кинематику групп карликовых галактик и относительное содержание химических элементов (преимущественно O/H), а также эволюционный статус этих систем.

Ключевые слова: техника: лучевые скорости; телескопы; астрономические базы данных: разное; обзоры; галактики: карликовые; галактики: кинематика и динамика; галактики: функция светимости, функция масс; (космология:) тёмная материя.

Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster

Roman Uklein (uklein@sao.ru), Dmitry Makarov (dim@sao.ru)
Special Astrophysical Observatory (SAO) RAS, Russia

Abstract. We present our survey of groups of dwarf galaxies in the Local Supercluster. The survey was started in 2009 on Russian 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory. The total number of objects in our sample is more than 70. Most of galaxies in our sample are gathered into pairs. The systems with greater multiplicity are rare but still exist. Most populated group forms a chain of 5 dwarf galaxies located in the direction of Ursa Major. Groups of dwarf galaxies are located in low density regions and evolved without the influence of massive galaxies. Morphology and photometry of galaxies in these groups show ongoing processes of active star formation. The aim of the project is a study a kinematic of the groups, chemical abundances, and evolutionary status of groups of dwarf galaxies.

Keywords: techniques: radial velocities; telescopes; astronomical data bases: miscellaneous; surveys; galaxies: dwarf; galaxies: kinematics and dynamics; galaxies: luminosity function, mass function; (cosmology:) dark matter.

Введение

Современные массовые обзоры по определению расстояний, такие как 2dF (Colless и др. 2001), HIPASS (Zwaan и др. 2003), 6dF (Jones и др. 2004), ALFALFA (Giovanelli и др. 2005) and SDSS (Abazajian и др. 2009), дают нам широкие возможности для исследований и улучшения наших знаний о структуре Вселенной. В серии работ (Karachentsev & Makarov 2008, Makarov & Karachentsev 2009, 2011) было исследовано распределение и свойства групп галактик в масштабах Местного сверхскопления. В ходе этой работы было найдено удивительно большое количество групп, состоящих исключительно из карликовых галактик. Среди них встречаются довольно интересные объекты. Это и известная малометаллическая система I Zw 18, и пара с экстремально низкометаллическими карликовыми галактиками HS 0822+3542a и SAO 0822+3545 (Chengalur и др. 2006). Видно, что богатые газом галактики с очень низкой металличностью (Ekta и др. 2006) появляются довольно часто среди систем из нашей выборки. Подобные ассоциации были обнаружены при исследовании трехмерного распределения близких галактик с высокоточными расстояниями (Tully и др. 2006). Такие структуры могут содержать большое количество темной материи и иметь отношения масса-светимость в диапазоне 100-1000 M/L в солнечных единицах. Наши системы похожи на ассоциации карликов Талли, и они также могут содержать огромное количество темной материи.

С 2009 года на российском 6-метровом телескопе САО РАН проводится спектроскопический обзор галактик из нашей выборки. В этой работе описывается выборка, и анализируются свойства групп карликовых галактик в Местном сверхскоплении.

Данные

Мы использовали базы данных NED и HyperLEDA в качестве основных источников данных по лучевым скоростям, видимым звездным величинам, морфологическим типам и другим параметрам галактик. Обе базы данных содержат большое количество «спама»: присутствуют объекты с ложными лучевыми скоростями, полученные из массовых обзоров неба, таких как 2dF и т. д. Самый распространенный случай – это путаница координат и скоростей галактик, расположенных близко друг к другу на небе. Видимые звездные величины и лучевые скорости из SDSS часто относятся к отдельным областям галактик в ярких галактиках. Мы приняли это во внимание и исправили, если это возможно, различные виды загрязнения указанных баз данных.

Мы использовали данные по фотометрии в фильтре K в качестве индикатора звездной массы галактики, поскольку они не сильно искажаются влиянием пыли и комплексами молодых голубых звезд в галактике. Большая часть данных по фотометрии ближнего инфракрасного диапазона была взята из обзора всего неба 2MASS (Jarret и др. 2000, 2003). В случае нехватки данных по K -фотометрии, мы пересчитывали оптические величины (B , V , R , I) и величины ближнего инфракрасного диапазона (J , H) звездные величины в K -величины,

как это было описано в серии работ (Karachentsev & Makarov 2008; Makarov & Karachentsev 2009, 2011).

Алгоритм для выбора групп (Karachentsev 1994; Makarov & Karachentsev 2000) основан на естественном требовании, что полная энергия физической пары галактик должны быть отрицательной. Массы галактик определялись, исходя из их интегральных светимостей в инфракрасной K_s -полосе, предполагая, что они имеют одинаковые отношения «масса-светимость».

Мы набрали 10914 галактик с лучевыми скоростями в системе отсчета Местной группы $V_{LG} < 3500$ км/с, расположенных на галактических высотах $|b| > 15$ град. Выборка такой глубины содержит все Местное сверхскопление с его окраинами, окружающими войдами и отрогами соседних скоплений.

Основные свойства групп карликовых галактик

Этот раздел содержит короткое описание основных свойств групп в Местном сверхскоплении (Makarov & Karachentsev 2011). Мы объединили 5926 объектов из 10914 галактик в 1082 группы. 395 групп имеют кратность $n \geq 4$. Дисперсия скоростей (σ_V) в густонаселенных группах ($n \geq 4$) находится в диапазоне от 10 до 450 км/с с медианным значением 74 км/с. Средний гармонический радиус групп лежит в диапазоне от 7 до 750 кпк с медианным значением 204 кпк. Среднее время пересечения выбранных систем около 2.2 млрд. лет. Только 2% групп имеют оценки времени пересечения, превышающие возраст Вселенной (13.7 млрд. лет). Следовательно, практически все выбранные с помощью нашего критерия группы можно рассматривать как динамические связанные системы. Группы характеризуются средним значением массы с поправкой за погрешность измерения $M_p^c = 2.3 \cdot 10^{12} M_{sun}$ и отношением масса-светимость в K -полосе $M/L = 22$ в солнечных единицах. Особый интерес представляют группы, где ярчайший член имеет абсолютную звездную величину $M_K > -19$ (светимость Малого Магелланова облака). На удивление, в выборке таких систем набралось более 30, что соответствует как минимум 3% всех групп в Местном сверхскоплении. Наша выборка подвергается различного рода наблюдательным селекциям. Поэтому невозможно оценить неполноту выборки, но, похоже, число подобных систем может быть очень большим. Дисперсия лучевых скоростей в группах карликов (σ_V) меньше, чем 80 км/с с медианным значением 18 км/с. Проекционный размер групп меньше 200 кпк с медианным значением 32 кпк. Соответственно, группы карликов намного более компактны и имеют значительно меньшие дисперсии скоростей, чем нормальные группы в Местном сверхскоплении.

Функция светимости групп карликов показана на Рис. 1 (слева). Группы карликов (показаны темно-серым цветом) занимают тот же диапазон абсолютных звездных величин, что и ассоциации карликовых галактик Талли (показаны светло-серым цветом) (Tully и др. 2006). В отличие от близких галактик, наша выборка достаточно неполная. Это объясняет резкое падение числа галактик ниже абсолютной звездной величины $M_B = -16$. Правая часть

Рис. 1 иллюстрирует зависимость между размерами и дисперсиями скоростей в группах и ассоциациях. Медианное значение светимости групп составляет $3.5 \cdot 10^8 L_{sun}$ в B -полосе и медианное значение массы – $3.1 \cdot 10^8 M_{sun}$. Это приводит к значению отношения масса-светимость, равным 83 в солнечных единицах. Несмотря на то, что массы групп систематически ниже, чем масса ассоциаций, группы карликов формируют непрерывную последовательность вместе с ассоциациями Талли (см. Рис. 2).

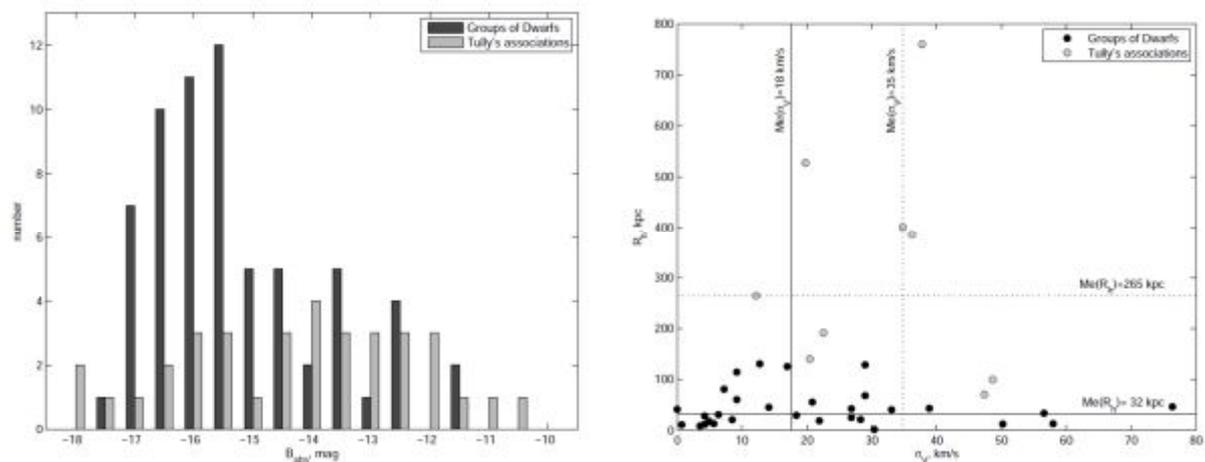


Рис.1. Слева показана функция светимости галактик в сравнении с ассоциациями Талли (Tully и др. 2006). Справа показано аналогичное сравнение для распределения дисперсии скоростей и гармонического радиуса.

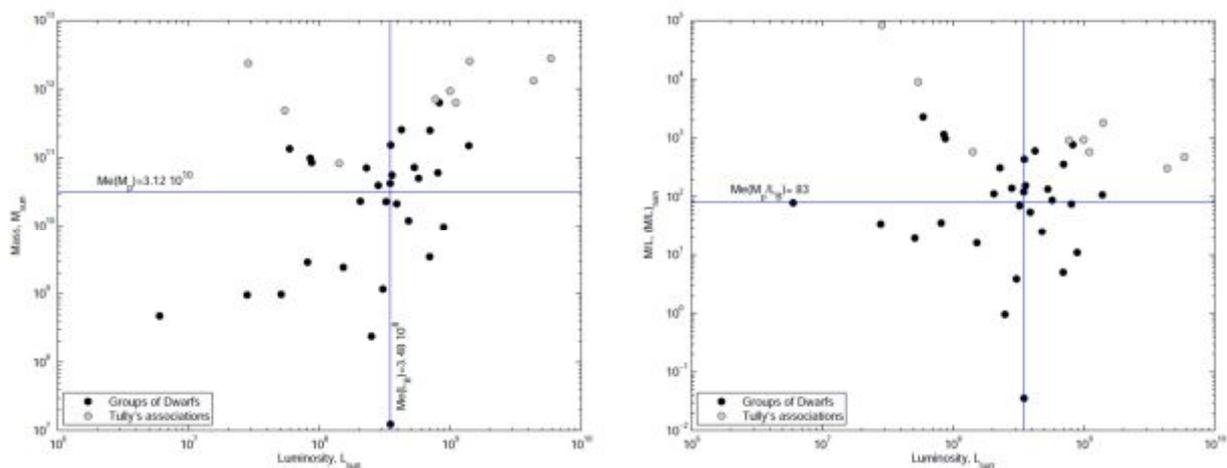


Рис. 2. Слева показана зависимость «масса-светимость» для групп карликов и ассоциаций Талли; справа – зависимость «отношение масса-светимость – светимость».

Заключение

За последнее десятилетие современные массовые обзоры значительно увеличили число галактик с известными скоростями в Местном сверхскоплении. Нами был разработан алгоритм выбора групп, который базируется на естественном требовании, что полная энергия связанной пары должны быть отрицательной (Karachentsev & Makarov 2008;

Makarov & Karachentsev 2009, 2011). Приложение метода к новым данным позволило найти интересный тип групп, которые состоят исключительно из карликовых галактик. Число таких групп довольно высоко. Они составляют как минимум 3% всех групп в Местном сверхскоплении.

Группы карликов характеризуются средними размерами в 32 кпк и дисперсией скоростей в 18 км/с. Эти значения существенно меньше, чем значения размеров и дисперсий скоростей в нормальных группах Местного сверхскопления (204 кпк и 74 км/с соответственно). Группы карликов формируют непрерывную последовательность с ассоциациями карликовых галактик, которые были найдены Талли (2006) с использованием высокоточных расстояний. Группы имеют такие же, как и ассоциации, светимости и дисперсии скоростей, но ассоциации имеют значительно большие размеры. Медианное значение отношения масса-светимость групп карликов составляет $83 M_{sun}/L_{sun}$. Это указывает на то, что такой тип групп содержит большое количество темной материи.

Работа поддержана грантами РФФИ 11-02-00639, 11-02-90449 и Гос. контрактом № 14.740.11.0901.

Библиография

- Abazajian et al. 2009, ApJS, 182, 543
Chengalur J.N., Pustilnik S.A., Martin J.-M. & Kniazev A.Y. 2006, MNRAS, 371, 1849
Colless et al. 2001, MNRAS, 328, 1039
Ekta, Chengalur J.N. & Pustilnik S.A. 2006, MNRAS, 372, 853
Giovannelli et al. 2005, AJ, 130, 2598
Jarrett T.H., Chester T., Cutri R., Schneider S., Skrutskie M. & Huchra J.P. 2000, AJ, 119, 2498
Jarrett T.H., Chester T., Cutri R., Schneider S.E. & Huchra J.P. 2003, AJ, 125, 525
Jones et al. 2004, MNRAS, 355, 747
Karachentsev I. 1994, Astronomical and Astrophysical Transactions, 6, 1
Karachentsev I.D., Makarov D.I., Karachentseva V.E. & Melnik O.V. 2008, Astronomy Letters, 34, 832
Karachentsev I.D. & Makarov D.I. 2008, Astrophysical Bulletin, 63, 299
Makarov D.I. & Karachentsev I.D. 2000, in ASP Conf. Series, IAU Colloq. 174: Small Galaxy Groups, 209, 40
Makarov D.I. & Karachentsev I.D. 2009, Astrophysical Bulletin, 64, 24
Makarov D.I. & Karachentsev I.D. 2011, MNRAS, submitted
Paturel G., Petit C., Prugniel Ph., Theureau G., Rousseau J., Brouty M., Dubois P. & Cambrresy L. 2003, A&A, 412, 45
Tully R.B., Rizzi L., Dolphin A.E., Karachentsev I.D., Karachentseva V.E., Makarov D.I., Makarova L., Sakai S. & Shaya E.J. 2006, AJ, 132, 729
Zwaan et al. 2003, AJ, 125, 2842



Доклады молодых ученых

Реальные и виртуальные обсерватории

Talks by Young Scientists

Real and Virtual Observatories

Объединенный каталог IRAS PSC/FSC

Айк В. Абрамян¹, Арег М. Микаелян¹, Арам В. Князян², Гоар С. Арутюнян³

1. Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО),

Бюракан 0213, Арагацотн область, Армения

2. Институт проблем информатики и автоматизации, НАН РА, Армения

3. Ереванский государственный университет (ЕГУ), Армения

Резюме. Была создана программа кросс-корреляции, с помощью которой мы сделали кросс-корреляцию между каталогами IRAS Point Sources Catalogue (PSC) и IRAS Faint Sources Catalogue (FSC). С помощью этой программы мы провели отождествление с учетом ошибок каждого объекта из этих каталогов. В результате мы получили отождествление 73,799 объектов между этими каталогами, у которых ошибки координат не превышают 3σ . Из этих 73,799 объектов для 71,411 отождествление не превышает $60''$, а самое большое отождествление находится на уровне $990''$. С помощью VizieR мы проверили оптимальную работу нашей программы. Учитывая среднеквадратичные ошибки (rms) каталогов PSC и FSC (соответственно $49.71''$ и $21.05''$), кросс-корреляция была осуществлена с радиусом поиска $161.95''$. В результате мы получили 73,801 отождествленных объектов, из них для 71,634 отождествления ошибки координат не превышают 3σ .

Joint catalogue of IRAS PSC/FSC

Hayk V. Abrahamyan¹, Areg M. Mickaelian¹, Aram V. Knyazyan², Gohar S. Harutyunyan³

1. Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia

2. Institute for Informatics and Automation Problems, National Academy of Sciences, Armenia

3. Yerevan State University (YSU)

Abstract. We have created a tool for cross-matching astronomical catalogues and applied it to epy IRAS Point Source and IRAS Faint Source catalogues (PSC and FSC). Using this tool we have carried out identifications with a search radius corresponding to 3σ errors for each source from these catalogues. As a result we obtained 73,799 associations. Positional distances for 71,411 out of 73,799 associations do not exceed $60''$ and the farthest association is at $990''$. The combined RMS uncertainty calculated from IRAS PSC and FSC is $161.95''$, which was used to check our cross-correlations with the VizieR tool. As a result, we obtained 73,801 identified objects where coordinate errors of 71,634 associations do not exceed 3σ . We tested the optimal operation of our program with the VizieR.

1. Introduction

This work is devoted to the consolidation of the IRAS Point Source and IRAS Faint Source catalogues.

The Infrared Astronomical Satellite (IRAS) mission was a collaborative effort by the United States (NASA), the Netherlands (NIVR), and the United Kingdom (SERC). IRAS contained a liquid helium-cooled 0.6-m Ritchey-Chretien telescope. It conducted an all-sky survey at wavelengths ranging from 8 to 120 microns in four broadband photometric channels centered at 12, 25, 60, and 100 microns. The focal plane contained an array of 62 rectangular infrared detectors. The angular resolution varied between about 0.5' at 12 microns to about 2' at 100 microns. Some 250,000 point sources (Table 1) were detected down to a limiting flux density, away from confused regions of the sky, of about 0.5 Jy at 12, 25, and 60 microns and about 1.5 Jy at 100 microns. A catalog of small (< 8') extended sources gives characteristics of some 20,000 objects down to flux density levels about a factor of three brighter than the point source detection limits. An atlas of images covering the entire sky gives the absolute surface brightness at each of the four survey wavelengths. The positional accuracy of sources detected by IRAS depends on their size, brightness, and spectral energy distribution but is usually better than 20". For the all-sky survey, the satellite scanned at 3.85' per second along arcs of constant solar elongation close to 90°. IRAS also made pointed observations of selected objects with integration times lasting up to 12 minutes, providing up to a factor of 10 increase in sensitivity relative to that of the survey.

IRAS catalogue of Point Sources (1986)	IRAS catalogue of Faint Sources , $ b > 10$ (1989)
245,889 sources	173,044 sources
$ b < 10$, 143,711 sources	
$ b > 10$, 102,178 sources	

Table 1.

In addition to the main survey instrument, two other instruments – A Low Resolution Spectrometer (LRS) and a Chopped Photometric Channel (CPC) – were co-located with the photometric detector array in the focal plane. The LRS provided 8-22 micron spectra of approximately 5000 survey sources brighter than 10 Jy at 12 and 25 microns. The CPC made 50 and 100 micron maps by scanning in raster fashion with a circular amplitude, 1.2' in diameter; however, the detectors behaved anomalously and yielded data of lower quality than expected.

Following a 10-month-long mission, IRAS exhausted its cryogen and ceased operations on November 21, 1983.

The main IRAS products are four catalogs: PSC (IRAS 1988), FSC (Moshir et al. 1989), SSC (Kleinmann S.G. et al. 1986), SSSC (Helou et al. 1987).

In order to know if our objects have associations in the infrared range, we should cross-match them in two of the IRAS catalogues. Thus, the idea was born to create a catalogue which would give us information from these two catalogues after cross-matching. This new catalogue will give an opportunity to find out the number of objects observed by the IRAS satellite. The new catalog will be very easy to use in the infrared range. So we have created a tool with which it was possible to do optimal cross-matching.

2. The software

We developed a program that gives a possibility to correlate two astronomical catalogs by using, as the search radius for each two objects, their mean rms values multiplied with some constant “k” (Knyazyan et al. 2011). The optimal value for the constant is $k=3$: that is, the search radius is $3 \times \text{RMS}$ (according to statistics, this is 99.73% of all objects), but it is possible to use other values for “k” depended on the current objective.

There are some requirements for catalogs which are given to program input for correlation. Catalogs have to contain RA and DEC coordinates of objects in degrees, as well as rms values in arcseconds for RA and DEC, or just a single average rms. Values in columns must be separated from each other by spaces. The program results in two catalogs, one of which contains rows of matched objects, and the other one, rows of not matched objects. Each row contains information on matched objects (RA, DEC, and rms errors) from their root catalogs and, in addition, the total distance between matched objects and percent of the rms for the distance (Table 2).

ra1	dec1	average	ra2	dec2	average	diff	k
0.013333	-27.431667	14.000000	0.011667	-27.430556	43.000000	6.658350	0.147238
0.014167	-18.008056	18.000000	0.011250	-18.018611	25.000000	39.288468	1.275358
0.018333	-18.015278	13.500000	0.011250	-18.018611	25.000000	27.054953	0.952232
0.033750	-77.340000	9.500000	0.040000	-77.340556	25.000000	5.321950	0.198995
0.045000	-19.414167	13.000000	0.043750	-19.414722	32.500000	4.690913	0.134012
0.053333	-35.956111	11.000000	0.047500	-35.958611	35.000000	19.233468	0.524246
0.055417	-0.357222	11.500000	0.046667	-0.361111	19.000000	34.470605	1.552085
0.085000	-80.795833	6.000000	0.089583	-80.793889	14.500000	7.479441	0.476630
0.086250	-59.366944	12.000000	0.080000	-59.369167	31.500000	13.981478	0.414778
0.103750	-52.841667	11.500000	0.102917	-52.841111	21.000000	2.699506	0.112749
0.139583	-53.097500	14.000000	0.141667	-53.098056	29.000000	4.929513	0.153079
0.224167	-50.445556	6.500000	0.224583	-50.445556	22.000000	0.953688	0.041573
0.232917	-87.906944	3.000000	0.212500	-87.907500	5.500000	3.348498	0.534478
0.303750	-0.992222	13.500000	0.306250	-0.995556	19.500000	15.001111	0.632502
0.315000	-56.592222	10.000000	0.308333	-56.592778	44.000000	13.365637	0.296211
0.320417	-35.100833	13.500000	0.333750	-35.096111	39.000000	42.791234	1.036849
0.328333	-58.582778	9.000000	0.338333	-58.578056	24.000000	25.320335	0.987840

Table 2: Example of output matched catalog

3. Workflow

We have cross-matched IRAS PSC and IRAS FSC catalogues by this tool taking into account the coordinate maximal error and found associations, which have relative distances less than 3σ (see an example in Verkhodanov et al. 2003). This way we have cross-matched these catalogues taking into account the coordinate average error and took associations, which have relative distances less than 3σ . As a result, we obtained 73,799 associations for the maximal-error cross-matching and 72,777 associations for the average-error cross-matching. There were objects that had been identified with several sources. When the second identified source was farther from the nearest identified source by a factor larger than 3, we took the nearest source; when it was closer than 3 times the first distance. we took the source having fluxes more similar to our input object fluxes.

Figure 1 shows the distribution of the number of identified sources on the relative distances of the identified sources. The diagram shows that, for most associations, the radius is less than $73.4''$.

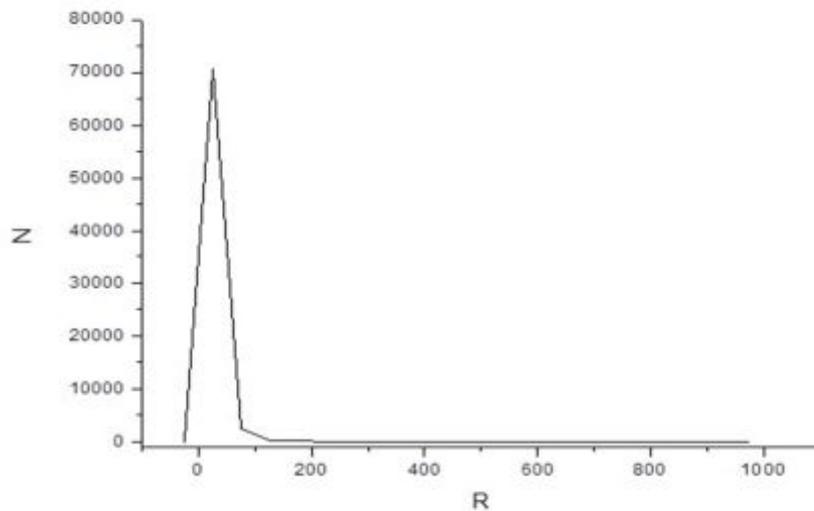


Fig. 1

We have cross-matched IRAS PSC and FSC catalogues by VizieR to check the optimality of our work. Most astronomers carry out cross-matching with these two catalogues giving a $60''$ search radius. Our work shows that, if we assume a $60''$ search radius, we lose many genuine associations.

The distributions of numbers of objects in the FSC and PSC catalogues respectively over their maximal coordinate errors are shown in Fig. 2.

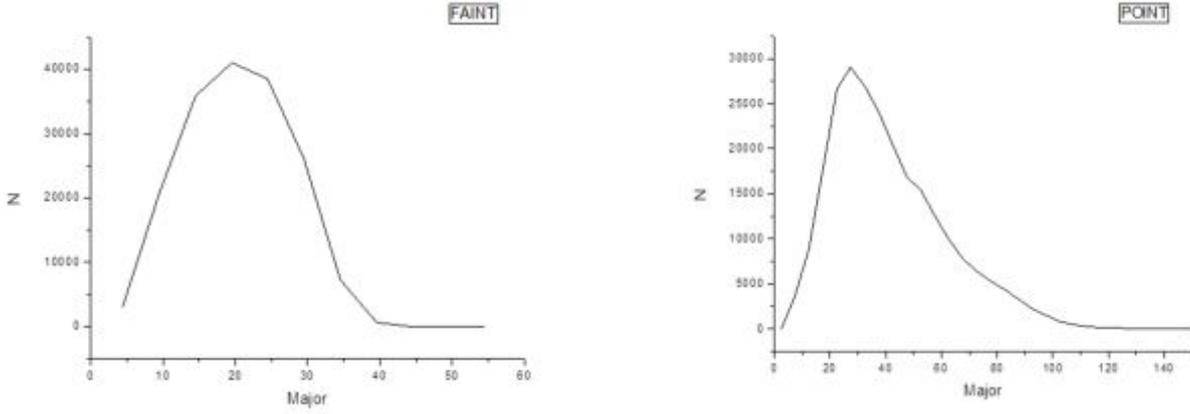


Fig. 2 a (left) and b (right)

The figure shows that the maximal coordinate error for most objects in the Faint Source catalogue does not exceed 40"; for objects in the Point Source catalogue, it does not exceed 100". We have estimated the coordinate rms for each catalogue and then the combined rms of these catalogues, which is given on Table 3.

SMJ RMS			
FSC	PSC	PSC, b >10	
21.05"	45.51"	49.71"	
AVERAGE RMS			
FSC	PSC	PSC, b >10	
12.85"	28.29"	31.43"	
RMS BETWEEN PSC AND FSC			
SMJ	AVE	SMJ, b >10	AVE, b >10
50.14" for 3σ of 150.42"	31.07" for 3 σ of 93.21"	53.98" for 3 σ of 161.95"	33.96" for 3 σ of 101.87"

Table 3

Cross-matching by search radii of 60" and 161.95" has been done by Vizier.

For the new catalog, all positions for joint sources have been calculated using statistical weights and significantly improved. The weights have been calculated by the following formula:

$$\text{Weight}_{\text{PSC}} = \frac{(rms_{\text{FSC}})^2}{(rms_{\text{PSC}})^2 + (rms_{\text{FSC}})^2}, \quad \text{Weight}_{\text{FSC}} = \frac{(rms_{\text{PSC}})^2}{(rms_{\text{FSC}})^2 + (rms_{\text{PSC}})^2}$$

Using these statistical weights, we have calculated the best coordinate for matched associations by the following formula:

$$\text{Best coordinate} = \text{Weight}_{\text{PSC}} * \text{coordinate}_{\text{PSC}} + \text{Weight}_{\text{FSC}} * \text{coordinate}_{\text{FSC}}$$

With the best coordinates, we calculated the rms errors in right ascension and declination for our matched associations.

Fluxes for these sources have been taken from the FSC catalog. In addition, estimated nature of objects (star or galaxy) is given for all sources.

4. Results

As a result, we have obtained:

1. New software for cross-correlation of catalogs.
2. A combined IRAS PSC/FSC catalog. It consists of 345,134 sources, including 73,799 associations in the two catalogs. 201,423 sources in this catalog have $|b|>10$; for the remaining 143,711 sources, $|b|<10$.
3. The best coordinates for matched associations derived from PSC and FSC.
4. Calculated rms deviations in right ascension and declination for our matched associations.
5. For the new catalog, fluxes for these matched associations have been taken from the FSC catalog.
6. There are 319 more associations for SMJ RMS and 238 more associations for AVE RMS than the number of identifications provided by VizieR.

SMJ RMS $b >10$	
Our software	VizieR (161.95'')
73,799 associations, including 319 associations absent in VIZIER identifications	73,801 associations, including 321 associations at distances exceeding 3σ
AVE RMS $b >10$	
Our software	VizieR (101.87'')
72,777 associations, including 238 associations absent in VIZIER identifications	73,160 associations, including 621 associations at distances exceeding 3σ

7. Some PSC sources at $|b|>10$ (of 28,379 sources) have not been identified with FSC sources.

The reasons might be:

- I. Sources with small number of detections (real detections with given exact fluxes). These sources might not enter FSC due to low quality of detection.
- II. Variable sources.
- III. Cirrus (false sources): based on 60 μ and 100 μ fluxes (in most cases, given with upper limits and with low-quality flags) and with no detections at 12 μ and 25 μ .

5. References

1. Joint IRAS Science W.G., IRAS Catalog of Point Sources, Version 2.0, <IPAC (1986)>
2. Moshir, M.; et al., IRAS Faint Source Catalogue, version 2.0, 1989
3. Kleinmann S.G., Cutri R.M., Young E.T., Low F.J., Gillett F.C., IRAS Serendipitous Survey Catalog, <Joint IRAS Science W.G. (1986)>
4. Helou G., Walker D.W. (Joint IRAS Science W.G.), IRAS Small Scale Structure Catalog, Ver 1.00 (Helou+ 1986), Added: Oct-1987 [1998-06-08 in Vizier]
5. Helou, George; Walker, D. W., Infrared astronomical satellite (IRAS) catalogs and atlases. Volume 7: The small scale structure catalog, 1986
6. Knyazyan A.M., Mickaelian A.M., Astsatryan H.V., Proceedings of CSIT-2011 conference, Astronomical Catalogs Cross-correlation Objectives and Illustration of a New Correlation Algorithm, 2011
7. Verkhodanov, O. V.; Trushkin, S. A., IRAS-TEXAS cross-identifications (Verkhodanov+, 2000), 2003

Поиск периодичностей в наблюдательных данных при помощи искусственных нейронных сетей

Роман Балув

Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН (ГАО РАН),

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: roman@astro.spbu.ru

Резюме. Рассматривается возможность применения искусственных нейронных сетей к двум модельным классическим задачам обработки наблюдательных данных: (i) выявление в зашумленном временном ряду периодического колебания и (ii) оценка частоты этого колебания (по имеющемуся временному ряду). На входы нейронной сети подаются значения временного ряда, на выходе имеем, соответственно, либо индикатор наличия сигнала (от 0 до 1), либо оценку его частоты. Показано, что теоретический предел, которого нейронная сеть может достигнуть в ходе обучения решению подобных задач, соответствует Байесовской теории оценивания и проверки статистических гипотез. Обучение нейронной сети проводилось при помощи средств open-source пакета FANN. Наилучших результатов удалось достичь при помощи алгоритма Cascade2, который позволяет найти оптимальное количество нейронов сети (а не только веса связей между ними). В сравнении с традиционными методами, основанными на периодограмме, которые требуют длительных вычислений, обученная нейронная сеть работает практически мгновенно. Таким образом, искусственные нейронные сети весьма перспективны для обработки больших массивов данных. Впрочем, порог обнаружения сигнала пока не удается довести до теоретического Байесовского предела. Кроме того, нейронную сеть пока не удается обучить анализировать временной ряд с произвольно-неравномерным распределением наблюдений. Это указывает на необходимость дальнейших исследований для повышения эффективности метода.

Search for periodicity in the observational data by means of artificial neuron networks

Roman Baluev

Main (Pulkovo) Astronomical Observatory of RAS (MAO RAS), St. Petersburg, Russia

E-mail: roman@astro.spbu.ru

Abstract. The possibility of application of artificial neural networks is considered for two classical model problems of observational data reduction: (i) the identification of periodic oscillations in noisy time series and (ii) assessment of the frequency of this oscillation (on the existing time series). On the inputs of the neural networks the values of the time series are given, and on the output, respectively, we have either an indicator of the presence of signal (from 0 to 1), or the assessment of its frequency. It is shown that the theoretical limit, which a neural network can achieve in the training to solve such problems, corresponds to the Bayesian theory of estimation and testing of statistical hypotheses. Training of the neural network was carried out with a help of means of open-source package FANN. The best results were achieved using the algorithm Cascade2, which allows finding the optimal number of network neurons (not just the weight of the connection between them). In comparison with traditional methods based on the periodogram, which require long calculations, the trained neural network works almost instantly. Thus, artificial neural networks are very promising for the processing of large data sets. However, the threshold of signal detection so far failed to bring to Bayesian theoretical limit. In addition, it is not yet possible to train the neural network to analyze time-series with arbitrarily-uneven distribution of observations. This indicates on a need for further investigations to improve the efficiency of the method.

Программирование на языке Python для анализа астрономических данных

Валерий Варданян

Факультет Физики, Ереванский государственный университет (ЕГУ),

А. Манукян 1, Ереван 0025, Армения

E-mail: vardanyanv@gmail.com

Резюме. Работа посвящена использованию навыков программирования (в частности, программирования на языке Python) для анализа астрономических баз данных. Обсуждаются некоторые аспекты необходимости наличия навыков программирования. Отмечены некоторые преимущества языка Python для его использования в астрономических исследованиях. В заключении приведен пример кода на языке Python который решает определенную задачу, связанную с анализом астрономических баз данных.

Ключевые слова: методы: анализ данных – астрономические базы данных: каталоги

Python Programming for Astronomical Data Analysis

Valeri Vardanyan

Faculty of Physics, Yerevan State University (YSU), A. Manoogian 1, Yerevan 0025, Armenia.

E-mail: vardanyanv@gmail.com

Abstract. The work is about using programming skills (Python programming in particular) for analyzing astronomical data. Some points about the importance of programming skills are presented. Some advantages of Python for astronomy research are also presented. Finally, an example of a Python code which solves an astronomical data analysis task is presented.

Keywords: methods: data analysis - astronomical data bases: catalogs

Introduction

Nowadays, programming techniques are very common in research activities in general and in astronomical research in particular. In astronomy, programming techniques can be used for various purposes, for example for astronomical catalogue analysis. Here we will discuss some details concerning such usage.

One often encounters astronomical catalogues which have very large numbers of objects. Because of the large amount of objects, it is impossible to analyze such catalogues manually; for solving tasks like cross-correlation of different catalogues or particular object selection, one needs programming techniques. Usually such astronomical catalogues are given as text documents where every object is presented on one line. To locate the objects we are interested in, we should have appropriate tools under at our disposal. I present some tools below.

There is a large variety of programming languages being used in science; for different purposes, different languages are being used. In this work, the Python programming language is discussed. I show that it is a convenient language for solving tasks described above. In the last chapter, an example of an astronomical data analysis task and its solution code in Python are presented.

Advantages of Python

As mentioned above, the Python language has some advantages which make Python preferable to other languages. Among such advantages, one should mention the syntax of Python. Thanks to the straightforward syntax, one can become familiar with Python programming just within a few days which is often crucial for scientists who do not have enough time to study difficult languages. Let us consider a line of the Python code to illustrate how straightforward the syntax is. Suppose that one needs to check if some combination of symbols (“Test” is an example) is there in the given text or not (“‘Test’ is here!” is an example of the text). For implementation of the task, one should simply type:

```
if "Test" in "'Test' is here!":  
    print "Yes"
```

Continuing the topic about the syntax, one should mention that Python syntax is similar to C\C++ syntax.

Among other advantages of Python, one should mention that Python is a free product and can be freely downloaded from the official website. This fact makes Python very popular among scientists; that is why many scientific modules are created in Python.

Astronomical catalogues are often presented as text files; during the data analysis process, one needs tools to manipulate the catalogues. There exist built-in functions for the work with text format which make it very easy to do manipulations with texts. This is also one of the advantages of Python. Below, in the next chapter, an example of a catalogue analysis task is specified and a Python code is presented as the solution.

Example

We needed to find starburst objects from the SWIRE2_Lockman_cat_IRAC24_10Nov05 catalogue which had been created on the base of data from the Spitzer Space Telescope IRAC instrument. The catalogue contains 323044 objects. For starburst objects, we used a criterion which had been obtained using a list of known starburst objects. The derivation is not relevant for our purposes here, and we will present just the criterion itself:

$$1.113 < \frac{f_{\nu}(4.5 \mu m)}{f_{\nu}(8.0 \mu m)} < 1.394, \quad 1.191 < \frac{f_{\nu}(4.5 \mu m)}{f_{\nu}(3.6 \mu m)} < 1.355 \quad (1)$$

For searching for objects which satisfy this criterion, a Python code has been created which is fully presented below:

```
input_file=open("SWIRE2_Lockman_cat_IRAC24_10Nov05.txt","r")
file45=open("4_5.txt","w")
lines=input_file.readlines()

file45.write(lines[16])
file45.write(lines[17])
file45.write(lines[18])
file45.write(lines[19])

number=0
for i in range(20,323064,1):
    line=lines[i]
    f_3_6=""
    for j in range(146,156,1):
        if line[j]!=" ":
            f_3_6+=line[j]
    f_4_5=""
    for j in range(440,451,1):
        if line[j]!=" ":
            f_4_5+=line[j]
```

```

f_8=""
for j in range(1031,1041,1):
    if line[j]!=" ":
        f_8+=line[j]
if (f_3_6!="null") and (f_4_5!="null") and (f_8!="null") and (float(f_3_6)>=0)\
and (float(f_4_5)>=0) and (float(f_8)>=0):
    if ((float(f_4_5)/float(f_8))>=1.113) and ((float(f_4_5)/float(f_8))<=1.394)\
        and ((float(f_4_5)/float(f_3_6))>=1.191) and ((float(f_4_5)/float(f_3_6))<=1.355):

        file45.write(line)
        print (float(f_4_5)/float(f_8))," ",(float(f_4_5)/float(f_3_6))
        number=number+1

file45.close()
input_file.close()
print number

```

This code finds starburst objects from the above-mentioned catalogue and writes them to the output file named "4_5.txt". In the beginning of the code, we open the input and output files. Then we use the built-in function `readlines()` which creates an array the elements of which are the lines of our input file (here every line of the input file corresponds to some object). Then the needed fluxes are obtained for every object (three little 'for' loops inside the big 'for' loop) and the condition (1) is checked for every object (the last two 'if' conditions inside the big 'for' loop). If the object satisfies our condition, then it writes the corresponding line to the output file. To check if the program works correctly or some mistakes occur we print the ratios of the corresponding fluxes on the screen. Finally we close both input and output files.

Исторические фотографические архивы астрономических обсерваторий Украины

Наталия Вирун¹, Людмила Пакуляк², Лилия Казанцева³

1 Астрономическая обсерватория Львовского национального университета им. Ивана Франко, Украина. E-mail: virun@astro.franko.lviv.ua

*2 Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Украина.
E-mail: pakuliak@mao.kiev.ua*

3 Астрономическая обсерватория Киевского государственного университета им. Тараса Шевченко, Украина. E-mail: likaz@observ.univ.kiev.ua

Резюме. Проект Украинской Виртуальной Обсерватории основан на оцифровке архивов фотографических пластинок, собранных на протяжении более чем 100 лет, которые вместе с ПЗЗ – архивами формируют Объединенный Цифровой Архив. В статье представлено описание архивов исторических фотографических коллекций астрономических обсерваторий Киевского и Львовского национальных университетов. Обсуждается применение планшетных сканеров для оцифровки архивов.

Ключевые слова: астрономические базы данных, цифровые архивы пластинок, Виртуальные Обсерватории

Photographic Plate Archive of Astronomical Observatory of Ivan Franko National University of Lviv

Natalia Virun¹, Liudmila Pakuliak², Lilia Kazantseva³

1 Astronomical Observatory of the Ivan Franko National University of Lviv, Kyryla i Mefodia str. 8, Lviv, 79005 Ukraine. E-mail: virun@astro.franko.lviv.ua

*2 Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, Zabolotnoho str. 27, Kyiv, 03680 Ukraine.
E-mail: pakuliak@mao.kiev.ua*

3 Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, Observatornaia str. 3, Kyiv, 04053 Ukraine. E-mail: likaz@observ.univ.kiev.ua

Abstract. The project of Ukrainian Virtual Observatory is based on the digitization of photographic plate archives, collected during more than 100 years, which together with CCD archives are expected to form the Joint Digital Archive. The paper presents the description of archives the historical photographic collections of astronomical observatories of Kyiv and Lviv national universities. The application of flatbed scanners for plate digitization is discussed.

Keywords: astronomical databases, digital plate archive, Virtual Observatory

1. Введение

Астрономические обсерватории Украины обладают огромным информационным потенциалом, содержащимся в архивах наблюдений и базах данных, собранных с конца XIX века до начала XXI века. Архивы трех астрономических обсерваторий Украины – Киевского, Львовского и Одесского университетов – интересны не только многочисленными коллекциями фотографических наблюдений, но и историческими фотографическими пластинками конца XIX – середины XX веков. Во всем мире за этот период сохранилось малое количество пластинок (кроме архивов Carte du Ciel), поскольку программы астрономических наблюдений во время Первой и Второй мировых войн были свернуты и большая часть стеклянных архивов была утрачена, особенно в странах Восточной Европы. Утрата фотографических коллекций влечет за собой утрату связанных с ними методов наблюдений.

История развития астрономической наблюдательной техники является такой же важной для общества, как и прогресс современной. Техника наблюдений с помощью гексагональной диафрагмы, или диафрагмы Гартмана, фотометра Фесенкова, гелиографических фотографических наблюдений, проявка снимков в специальных химических растворах и многие другие методы перешли в разряд малоизвестной техники и представляют исторический интерес. К сожалению, полная информация об условиях наблюдений довольно трудно восстанавливается: дневники наблюдений часто утрачены. Однако, все виды исторических фотографических пластинок заслуживают внимания и тщательного изучения. Поэтому представление исторических фотографических архивов в рамках проекта Украинской Виртуальной обсерватории проводилось без разделения их на научные и исторические составляющие.

2. Объединенный Цифровой Архив в рамках проекта Украинской Виртуальной обсерватории (UkrVO)

Объединенный Цифровой Архив (ОЦА) фотографических и ПЗС наблюдений формирует ядро проекта UkrVO согласно концепции UkrVO (<http://ukrvo.org/conception/index.php>) и обеспечивает открытый доступ к его цифровому содержанию. Работы по оцифровке украинских фотографических архивов начались в 2008 г. Многочисленные коллекции астрономических снимков требуют развития средств быстрой и надежной калибровки, проверки, поиска и восстановления данных. Мы планируем собрать содержание архивов шести астрономических обсерваторий Украины в объединенный электронный архив. Временной интервал собранных фотографических пластинок составляет более 100 лет, пластинки были получены с помощью более чем 20 инструментов. Это значит, что каждый “владелец” цифровой коллекции должен привести свои данные к

унифицированным стандартам, для того, чтобы воспользоваться преимуществами объединенных астрономических ресурсов.

В последнее время большинство обсерваторий мира используют планшетные сканеры для оцифровки своих стеклянных коллекций. Но до сих пор качество оцифровки коммерческими сканерами вызывает много вопросов. Тем не менее, планшетные сканеры продолжают оставаться самыми доступными средствами для относительно быстрой оцифровки архивов, а применение адекватных процедур сканирования и подходящих алгоритмов обработки изображений обеспечивают наилучшую точность, которую можно получить для данного наблюдательного материала и данного сканера.

До настоящего времени в Украине некоторые университетские обсерватории – владельцы фотографических стеклянных коллекций не имеют в достаточном объеме компьютерных мощностей, поэтому размещение их цифровых архивов проводится на компьютерных ресурсах Главной Астрономической Обсерватории НАН Украины. База данных Голосиевского архива фотографических пластинок (DBGPA, <http://www.gua.db.ukr-vo.org>) с открытым доступом была создана в 2003 году, и кроме своих прямых задач выполняет также функцию тестового полигона ОЦА, администрирования и обеспечения доступа к данным. На данный момент прототип ОЦА охватывает данные четырех стеклянных коллекций, включая их исторические части.

Оцифровка стеклянных архивов ГАО НАНУ, АО Львовского Национального Университета и АО Киевского Национального Университета проводится с использованием планшетных сканеров двух разных моделей. Оцифровка была начата с модели Microtek ScanMaker 9800XL TMA и сейчас продолжается с Epson Expression 10000XL. База данных фотографических пластинок размещена на компьютерных ресурсах ГАО НАНУ. Процедура оцифровки выполняется в двух вариантах. Пластинки сканируются в динамическом диапазоне 16-bit градаций серого, с разрешением 1600 dpi, и сохраняются в формате TIFF. Максимальные линейные размеры изображений – 13 тыс. пикселей для пластинок размером (30×30 см) по обеим сторонам. Размер отсканированного файла составляет около 380 МВ.

Другой вид цифрового изображения представляет быструю визуализацию. Широкоугольные пластинки, которые включены в WFPDB (Tsvetkova & Tsvetkov 2005), просканированы в формате Preview для визуализации через браузер с целью предварительной оценки качества фотографического материала и возможности его дальнейшего исследования. На изображении Preview сохранены все чернильные записи и пометки, как представляющие историческую ценность. Изображения в формате сканируются в динамическом диапазоне 8-bit градаций серого или 24-bit, с разрешением 300-1200 dpi, и сохраняются в формате JPG. Линейные размеры изображений около 1200 пикселей по одной из сторон пластинки любого размера, отсканированный файл составляет от 30 до 250 Кб. Для пластинок, предварительно отсканированных с высоким разрешением, снимки Preview делаются в режиме “on the fly” – при открытии данных пластинки ее оцифрованное изображение находится в хранилище данных, конвертируется из формата TIFF в JPEG с одновременным изменением линейных размеров и выводится на страницу поиска. Как

правило, пластинки хорошего качества оцифровываются с высоким разрешением вне зависимости от использования их в текущих научных проектах.

3. Архив фотографических наблюдений Астрономической Обсерватории Львовского Национального университета им. И. Франко (АО ЛНУ)

На сегодняшний день АО ЛНУ является владельцем ценного архива астрономических фотографических пластинок, начиная с 1939 г. Временной интервал цифрового архива составляет 1939-1976 (несколько пластинок датируются 1936 г.). Отдельные пластинки относятся к наблюдательным моментам 1936-1938 годов. Форматы пластинок 90×120 мм, 130×180 мм. Пластинки не всегда обработаны, либо обработаны частично в соответствии с поставленными задачами. Временной интервал архива составляет 37 лет (1939—1976 гг.).

С 1934 г. в АО ЛНУ проводились фотографические наблюдения звездного неба с целью поиска и исследования переменных звезд и фотографическая фотометрия для составления каталога фотовизуальных величин околополюсных звезд. Параллельно проводились наблюдения отдельных переменных звезд различных типов, новых звезд, покрытий звезд Луной. Инструменты, на которых получены пластинки: камера с объективом триплет Цейса ($D = 100$ мм, $F = 500$ мм), рефрактор Мерца, астрокамера ($D = 140$ мм, $F = 700$ мм) и рефрактор Цейса ($D = 130$ мм, $F = 2400$ мм). Для фотовизуальной фотометрии звезд использовался микрофотометр Схилта. Около 180 пластинок архива получены в годы Второй Мировой войны, к сожалению, сохранились не все журналы наблюдений за этот период.

В 1945–1950 гг. проводились фотографические наблюдения переменных звезд, новых звезд, комет, лунных затмений. На астрокамере Цейса ($D = 100$ мм, $F = 500$ мм) продолжались фотографические наблюдения избранных участков неба с целью исследования переменных звезд, расположенных к югу от Северного полюса до $\delta = 100$.

Общее количество пластинок Львовской коллекции насчитывает приблизительно 8000, среди них почти 6000 пластинок являются прямыми снимками северного неба. В обсерватории кроме новых и переменных звезд, велись наблюдения комет (Виппл-Федтке, Туттл — Джакобини, Хонда - Бернаскони 1955, Мркоса 1955, Бернхама, Аренда — Роланда, Олкока, Икея-Секи, Килстона, Де Вико-Свифт, Эверхарта и др.), и малых планет. Наблюдения нестационарных звезд проводились методами многоцветной фотометрии с целью определения физических параметров их переменности для построения физической модели (EP Lyr, CX Lyr, BD Her, RZ Lyr, V342 Her, V733 Aql, CU Cyg и др.). Часть пластинок получена с кратной экспозицией, использовались пластинки с 15 видами фотоэмульсий.

В связи с мировыми тенденциями виртуализации астрономических архивов в 2008 году в обсерватории начаты работы по систематизации и каталогизации коллекции, а также включение данных о широкоугольных пластинках в глобальную базу данных WFPDB. На

текущий момент каталогизированы 4.5 тыс. фотографических пластинок. В сотрудничестве с ГАО НАНУ каталог размещен в объединенной базе данных DBGPA на компьютерных мощностях ГАО, к нему организован открытый доступ (<http://gua.db.ukr-vo.org>), включая оцифрованные изображения пластинок.

4. Цифровой архив Астрономической Обсерватории Киевского Национального Университета (АО КНУ)

По предварительным оценкам, коллекция фотографических пластинок АО КНУ насчитывает около 20 тыс. фотоснимков за период 1898-1996. На данный момент систематизировано в режиме первичного отождествления и частично каталогизировано около 4.5 тыс. снимков (65% из них на стеклянных пластинках, остальные — на широкоформатных пленках). Большинство из обработанных 4500 снимков (по типам объектов наблюдений) — снимки тел Солнечной системы. Для удобства каталогизации предварительно было выделено около 200 серий наблюдений, которые неравномерно распределены во временной шкале (подавляющая часть отснята в период 1950—1990 гг.).

Большинство серий, кроме снимков программного объекта, включают снимки фотометрических стандартов, полученных в одни и те же даты. В случаях экспонирования комет разными методами были получены калибровочные снимки. Большинство пластинок имеют размеры 13 × 18 см, 13 × 13 см и 16 × 16 см; максимальный размер — 30 × 30 см, минимальный (калибровочные) — 9 × 6 см. Присутствуют также вторичные снимки, полученные контактным методом, но их точность необходимо исследовать, как и слайды, полученные с пластинок большого размера. Удалось отождествить более 40 видов эмульсий.

В 2010 г. часть архива астронегативов АО КНУ, полученных в период 1898—1946 гг. и имеющих историческую ценность, была приведена к стандартам IVOA. Сложность систематизации и каталогизации стеклотеки АО КНУ состоит в том, что в связи с двумя эвакуациями обсерватории во время войны далеко не весь стеклянный архив уцелел, поэтому для отождествления снимков с журналами наблюдений, публикациями и отчетами АО КНУ часто достаточно трудно находить соответствие; наблюдения проводились с использованием более 40 инструментов, некоторых из них уже нет; за довольно длительный период наблюдений (1898—1996 гг.) много раз изменялась форма информационных записей, поэтому некоторые важные данные наблюдений не поддаются расшифровке; не все журналы наблюдений сохранились.

Значительная часть ранней стеклянной коллекции содержит фотографические пластинки, которые использовались для фотометрической калибровки и представляют разные методы калибровки.

В 2010г. коллекция фотографических пластинок АО КНУ была включена в Объединенную Базу Данных украинских стеклянных архивов на основе программных средств ГАО НАНУ. Тестовые цифровые снимки около 100 исторических пластинок были

получены с помощью планшетного сканера Microtek 9800, и была проведена оценка возможных позиционных и фотометрических точностей по цифровым изображениям коллекции пластинок АО КНУ. Тестовая оцифровка около 100 пластинок дает обнадеживающие результаты: 0.1" в положениях и 0.07 в звездных величинах оценок точностей, которые были получены по цифровым изображениям коллекции пластинок АО КНУ.

Структура и методы представления исторических составляющих цифровых архивов украинских обсерваторий разрабатывались с учетом возможности применения в образовательном процессе и в музейной деятельности в области истории астрономической науки в Украине.

Разработка новой системы управления телескопа Шмидта

Вазген В. Габриелян

Бюраканская астрофизическая обсерватория (БАО), Бюракан 0213, Арагацотн область.

Ереванский государственный университет (ЕГУ), А. Манукян 1, Ереван 0025, Армения

E-mail: vazgen.gabrielyan@hotmail.com

Резюме. После развала Советского Союза наука и исследовательская работа пострадали из-за прекращения финансирования. Все проекты и работы над 1 метровым телескопом Шмидта в Бюраканской Обсерватории были остановлены. Этот инструмент уникален в своей категории и имеет большое научное значение. Мне была доверена разработка новой системы управления телескопа. После трех лет продолжительной работы телескоп готов к наблюдениям (в т.ч. удаленным). В проекте разработаны следующие устройства: Альфа блок, Дельта блок, Купольный блок и Метеостанция. В статье дается детальное описание вышеупомянутых устройств и их функции.

Designing a New Control System for the Schmidt Telescope

Vazgen V. Gabrielyan

Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia

Yerevan State University (YSU), A. Manoogian 1, Yerevan 0025, Armenia

E-mail: vazgen.gabrielyan@hotmail.com

Abstract. After the collapse of the Soviet Union, science and research suffered substantial cuts in funding which affected the Byurakan Astrophysical Observatory as well. Virtually all projects and even maintenance work came to a stop at the 1-meter Schmidt telescope, a device unique in its category and well known outside the country. I was entrusted with the responsibility to design a new and fully automatic control system for the telescope. After three years of hard work, the telescope is now fully functioning and ready for both local and remote observations. The design of the following devices is included in the project: Alpha Unit, Delta Unit, Dome Unit, and a Weather Station. The full description of the devices and their functions is presented in the article.

After the collapse of the Soviet Union, science and research suffered substantial cuts in funding which affected the Byurakan Astrophysical Observatory as well. Virtually all projects and even maintenance work came to a stop at the 1-meter Schmidt telescope, a device unique in its category and well known outside the country. I was entrusted with the responsibility to design a new and fully automatic control system for the said telescope. A committee of scholars and engineers, formed especially for that purpose, after scrupulous examination approved the project that I had drafted. After three years of hard work, the telescope is now fully functioning and ready for both local and remote observations.

To have a fully functioning system, it was necessary to design the electronics and software from scratch. The telescope's safety parameters require real-time weather information. To meet these requirements, a special, non-standard weather station was also designed and tested in operation. The device has been granted a license certificate by the National Institute of Standards of Armenia and is permitted to be used throughout the country. Thus, the control system includes the telescope and dome control devices, a computer and a weather station.

Some of the technical parameters of the telescope are listed below:

Dome

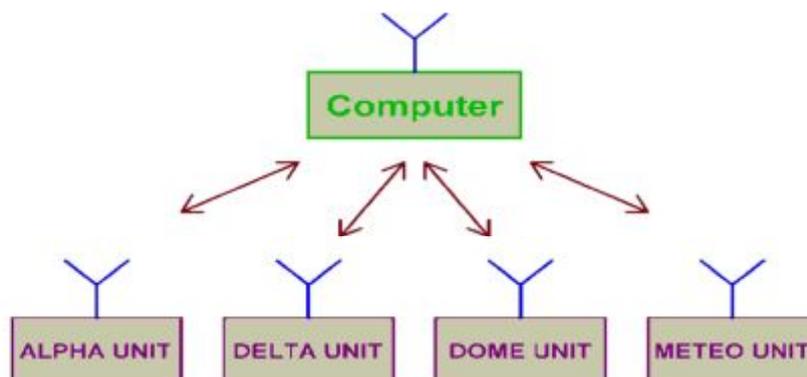
Inside diameter of the dome	12.1 m
Shutters opening width	3.4 m

Mirror (Pyrex)

Diameter	1320 mm
Thickness on Border	300 mm
Focal length	2130 mm
Field of view	5.4 deg

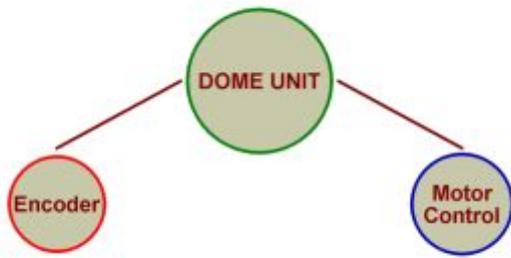


Below the control system structure is illustrated:



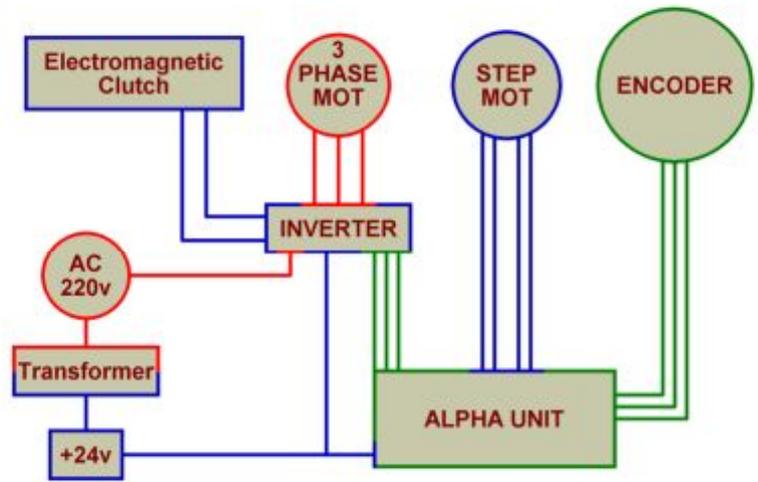
A computer is connected to a series of devices which are responsible for different operations. The connection is accomplished wirelessly, working at 915 MHz frequency. Exchanging of information between the devices is carried out by USART communication protocol. The computer works as a Master device, and all the other devices act as Slave devices. This arrangement allows adding other devices to the Slave device list without modifying any software on other devices except the computer.

Works on the telescope started with designing the Dome Unit, which rotates the dome by 0–360 degrees, opens and closes dome shutters, and receives feedback on the position of the dome. The Dome Unit consists of two parts:



The Motor Control part controls the two motors which rotate the dome and open and close the shutters, respectively. The Encoder part is programmed to receive and update information on the dome’s current position.

After the Dome Unit testing was completed, the project carried on into the phase of designing the Alpha and Delta Units. These units are similar in terms of electronics, however use different software. The Alpha Unit controls all the devices responsible for moving the telescope in right ascension axis while the Delta unit operates the Declination axis. Below is the device connection diagram that shows how all the devices are connected and controlled by the Alpha and Delta units:



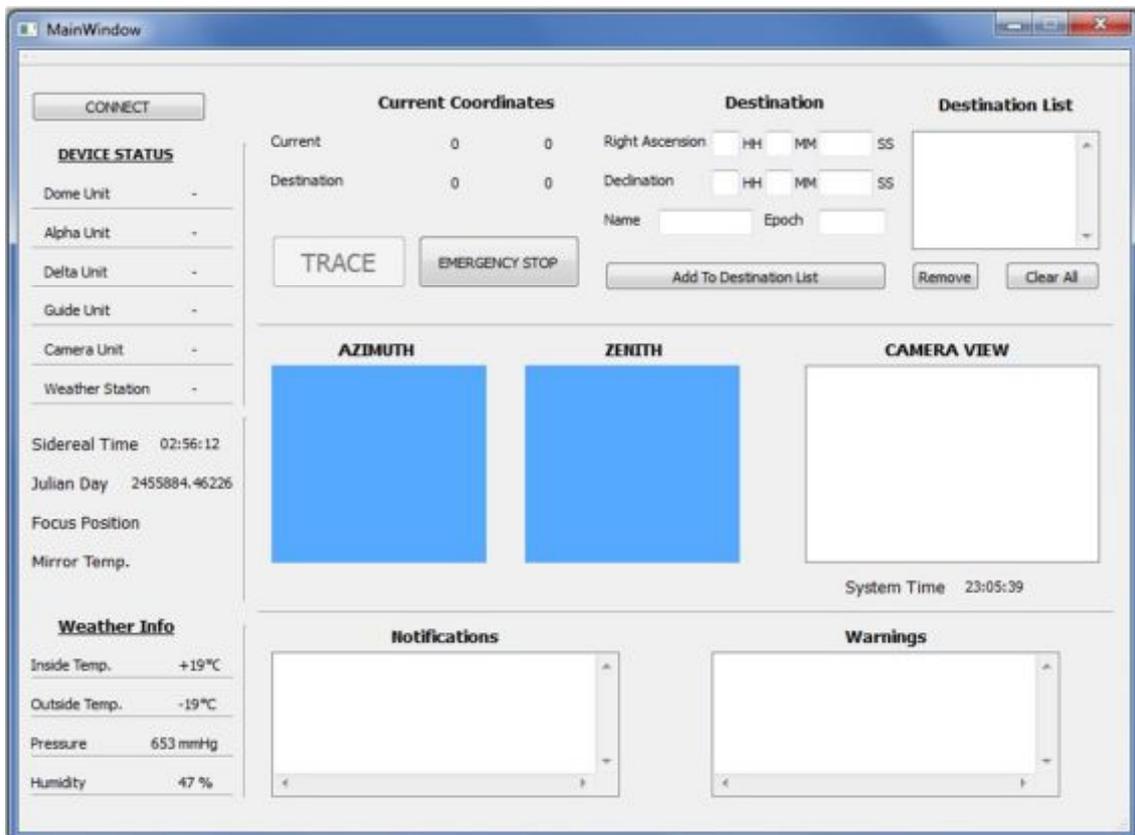
In the beginning of an observation, when the telescope is positioning, its speed is quite high. A three-phase motor moves the telescope from one point to another at high speed, whereas for more precise movement and tracing operation, a stepper motor is used. The two motors cannot operate at the same time. Depending on the motor in use, the electromagnetic clutch is switched on or off. For calculating telescope's position, an absolute encoder is used (divisions: 8192 (13 bits) per revolution, 4096 (12 bits) revolutions).

AtMega16 type microcontroller is used in all units. It is programmed to work with an 11.059200 MHz resonator which allows for minimal error occurrence during information exchange at that frequency.

Weather station

An independent weather station is necessary in order to provide automatic shutdown of the telescope in case of unexpected and sudden weather changes, and to inform the observer about the reasons for such action, particularly important during remote observations. The weather station was designed and tested in work with all the other devices. It calculates outside and inside temperatures, humidity, and atmospheric pressure and operates in the -40°C to $+120^{\circ}\text{C}$ temperature range.

Below is a screenshot of the software (Observer mode) that operates all the devices discussed above.



This control application is written in the C++ programming language. All the devices that operate the telescope are listed on the left. After the CONNECT button is clicked, a connection test examines the status of every device and shows <OK> if the device responds normally, or shows <ERR> if an error has occurred while communicating with the device. Weather information is displayed in the left bottom corner of the window. A camera view window is also available for real-time telescope monitoring. Notification and Warning windows display any unusual activity or any important changes in the system that the observer should know about (for example, if the minimal temperature limit defined earlier by the engineer is passed, a warning will display and the system can shut down automatically to prevent any damage).

Currently works continue to fine-tune the system and monitor it to reveal any possible flaws.

Дифференциальные дрожания изображений в приближении коротких экспозиций

Борис Сафонов, В.Г. Корнилов

Физический факультет Московского Государственного Университета (МГУ), Россия

E-mail: safonov10@gmail.com

Резюме. Качество изображения – это самая важная характеристика атмосферы, измеряемая при астроклиматических исследованиях. Оценка качества изображения по дисперсии дифференциальных дрожаний всегда является смещенной вследствие ветрового смазывания, которое, в свою очередь, возникает из-за конечности экспозиции датчика дифференциальных дрожаний (Differential Image Motion Monitor – DIMM). Здесь мы представляем результаты анализа ветровых эффектов в приближении коротких экспозиций (т.е. при условии, что за время экспозиции ветер сдвигает турбулентность на расстояние меньшее, чем апертура прибора). В рамках этого анализа мы разработали метод коррекции измерений качества изображения за ветровой эффект, основанный на корреляции дрожаний между последовательными кадрами. Также было показано, что эта корреляция может быть использована для оценки средней скорости ветра в атмосфере V^2 и атмосферного времени когерентности. Эти и другие теоретические результаты были проверены на данных, полученных на г. Шатжатмаз в 2007-2010 годах с помощью комбинированного прибора MASS/DIMM.

Опубликовано: Kornilov, V.; Safonov, B. 2011, *MNRAS*, Vol. 418, Issue 3, p. 1878-1888

Differential image motion in the short-exposure regime

Boris Safonov, V.G. Kornilov

Faculty of physics, Moscow State University (MSU), Russia

E-mail: safonov10@gmail.com

Abstract. The seeing over the whole atmosphere is the most important characteristic for site-testing measurements. The estimation of the seeing using the variance of differential image motion is always biased by wind smoothing because of non-zero exposure of the differential image motion monitor (DIMM). This results in wind smoothing. In this paper, we study the wind effects within a short-exposure approximation (i.e. when the wind shifts the turbulence during exposure by a distance less than the device aperture). We propose a method for correcting this effect, based on the correlation of image motion between the adjacent frames. We show that the correlation can be used to estimate the mean wind speed \bar{v} and the atmospheric coherence time τ_0 . We suggest using the total power of the longitudinal and transverse image motion to eliminate the dependence on wind direction. The theoretical results obtained have been tested on data gathered at Mount Shatdzatmaz during 2007-2010 using the DIMM combined with multi-aperture scintillation sensor (MASS). Good agreement was found.

Published: Kornilov, V.; Safonov, B. 2011, *MNRAS*, Vol. 418, Issue 3, p. 1878-1888

Крымская астрономическая виртуальная обсерватория (КрАВО)

Алексей А. Шляпников

Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО), Украина

E-mail: aas@crao.crimea.ua

Резюме. Дана краткая история создания локального архива данных КрАО, предназначенного для сетевого использования, начиная с середины 90-х годов прошлого века, когда в электронном виде была подготовлена информация, необходимая для включения КрАО в список обсерваторий, имеющих архивы широкоугольных пластинок, до создания портала "Крымская астрономическая виртуальная обсерватория", продолжающегося в настоящее время. Отдельно рассмотрены архивы данных и каталоги КрАО, доступ к которым открыт через портал Украинской виртуальной обсерватории, ставшей в октябре 2011 г. членом Альянса «Международная виртуальная обсерватория».

The Crimean Astronomical Virtual Observatory (CrAVO)

Aleksey A. Shlyapnikov

Crimean Astrophysical Observatory (CrAO), Ukraine

E-mail: aas@crao.crimea.ua

Abstract. A brief history of the development of the web-oriented CrAO local data archive is given, starting with mid-1990s, when electronic information needed for the CrAO to be included in the list of observatories possessing wide-field photographic stacks was prepared, before the creation of the "Crimean Astronomical Virtual Observatory" portal, now in operation. CrAO data archives and catalogs accessible via the portal of the Ukrainean Virtual Observatory, a member of the International Virtual Observatory alliance since October 2011 are specially considered.



Авторский указатель

Абрамян А.В.	223	Исаева А.	99	Пружинская М.В.	209
Автандилян М.Г.	94	Казанцева Л.	236	Решетников В.П.	187
Алесьян Ж.	77	Казарян С.А.	77	Романюк И.	148
Антипин С.	39	Казиня Э.	108	Росси К.	94
Арзуманян Э.	56	Каспарова А.	175	Рябчикова Т.А.	135
Арутюнян Г.А.	77	Князян А.В.	223	Самусь Н.Н.	39
Арутюнян Г.С.	157, 223	Корнилов В.Г.	247	Саркисян А.	56
Бабик Ю.	162	Кудрявцев Д.	148	Сафонов Б.С.	247
Балуев Р.	230	Ларионов В.М.	211	Сафонова Е.	210
Бертъе Ж.	56	Липунов В.М.	209	Семенко Е.А.	135, 148
Блинов Д.А.	168, 211	Макаров Д.	216	Склави С.	94
Буриев А.М.	67	Маланчев К.Л.	114	Соков Е.Н.	71, 86
Вавилова И.Б.	162	Малков О.Ю.	48	Сотникова Н.Я.	187
Варданян В.	232	Масколиунас М.	120	Титаренко А.Р.	135
Вашье Ф.	56	Медведева А.	125	Троицкий И.С.	181, 211
Верещагина И.А.	71, 86	Мещеряков А.В.	114	Трушин Д.	99
Вирун Н.	236	Микаелян А.М.	19, 29, 56, 157, 202, 223	Тьюйо У.	56
Габриелян В.В.	242	Морозова Д.А.	181, 211	Уклеин Р.	216
Гигоян К.С.	94	Мосенков А.В.	187	Чулков Д.	142
Гнедин Ю.Н.	86	Муфахаров Т.	193	Шакура Н.И.	114
Горбовской Е.С.	174, 209	Назарян Т.	199	Шевченко И.И.	81
Горшанов Д.Л.	71, 86	Новикова А.	201	Шляпников А.А.	147, 248
Девяткин А.В.	71, 86	Пакуляк Л.	236	Эглитис И.	108
Долгов А.А.	147	Паронян Г.М.	202	Эрштадт С.Г.	211
Золотухина А.	98	Петросян А.Р.	199	Якунин И.	148
Ибадинов Х.И.	67	Попова Е.А.	81		

Author Index

Abrahamyan H.V.	223	Kazantseva L.	236	Rossi C.	88
Alecian G.	77	Kazina E.	108	Ryabchikova T.A.	135
Antipin S.	39	Knyazyan A.V.	223	Safonov B.S.	247
Arzoumanian E.	56	Kornilov V.G.	247	Safonova E.	210
Avtandilyan M.G.	94	Kudryavtsev D.	148	Samus N.N.	39
Babyk I.	162	Larionov V.M.	211	Sarkissian A.	56
Baluev R.	230	Lipunov V.M.	209	Sclavi S.	94
Berthier J.	56	Makarov D.	216	Semenko Ye.A.	135, 148
Blinov D.A.	168, 211	Malanchev K.L.	114	Shakura N.I.	114
Buriev A.M.	67	Malkov O.Yu.	48	Shevchenko I.I.	81
Chulkov D.	142	Maskoliunas M.	120	Shlyapnikov A.A.	147, 248
Devyatkin A.V.	71, 86	Medvedeva A.	125	Sokov Ye.N.	71, 86
Dolgov A.A.	147	Meshcheryakov A.V.	114	Sotnikova N.Ya.	187
Eglitis I.	108	Mickaelian A.M.	19, 29, 56, 157, 202, 223	Thuillot W.	56
Ershtadt S.G.	211	Morozova D.A.	181, 211	Titarenko A.R.	135
Gabrielyan V.V.	242	Mosenkov A.V.	187	Troitskiy I.S.	181, 211
Ghazaryan S.A.	77	Mufakharov T.	193	Trushin D.	99
Gigoyan K.S.	94	Nazaryan T.	199	Uklein R.	216
Gnedin Yu.N.	86	Novikova A.	201	Vachier F.	56
Gorbovskoy E.S.	174, 209	Pakuliak L.	236	Vardanyan V.	232
Gorshanov D.L.	71, 86	Paronyan G.M.	202	Vavilova I.B.	162
Harutyunyan G.S.	157, 223	Petrosian A.R.	199	Vereshchagina I.A.	71, 86
Harutyunyan H.A.	77	Popova E.A.	81	Virun N.	236
Ibadinov K.I.	67	Pruzhinskaya M.V.	209	Yakunin I.	148
Isaeva A.	99	Reshetnikov V.P.	187	Zolotukhina A.	98
Kasparova A.	175	Romanyuk I.	148		