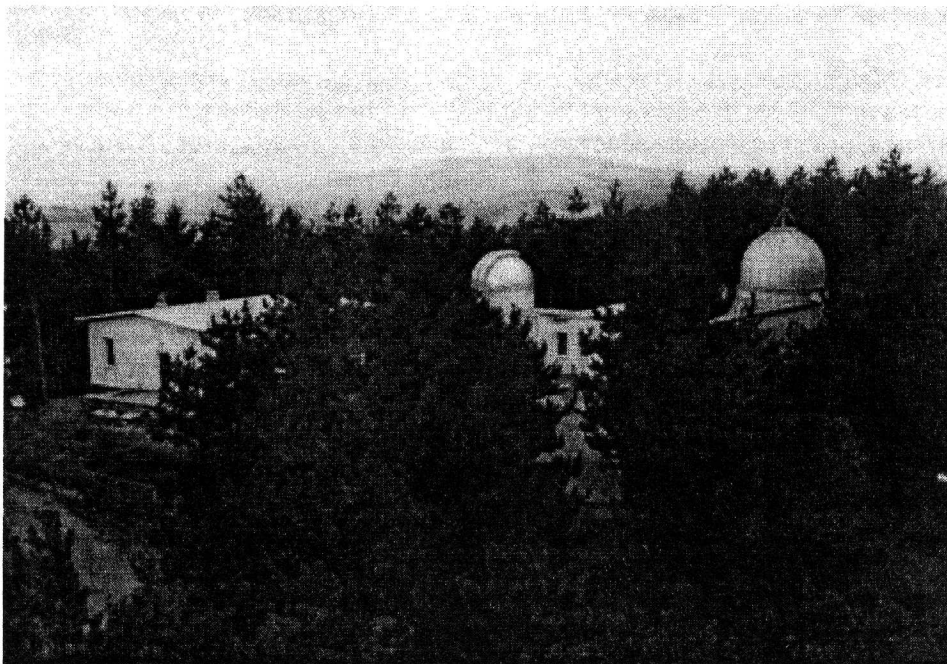


## Астрономическа обсерватория - Белоградчик

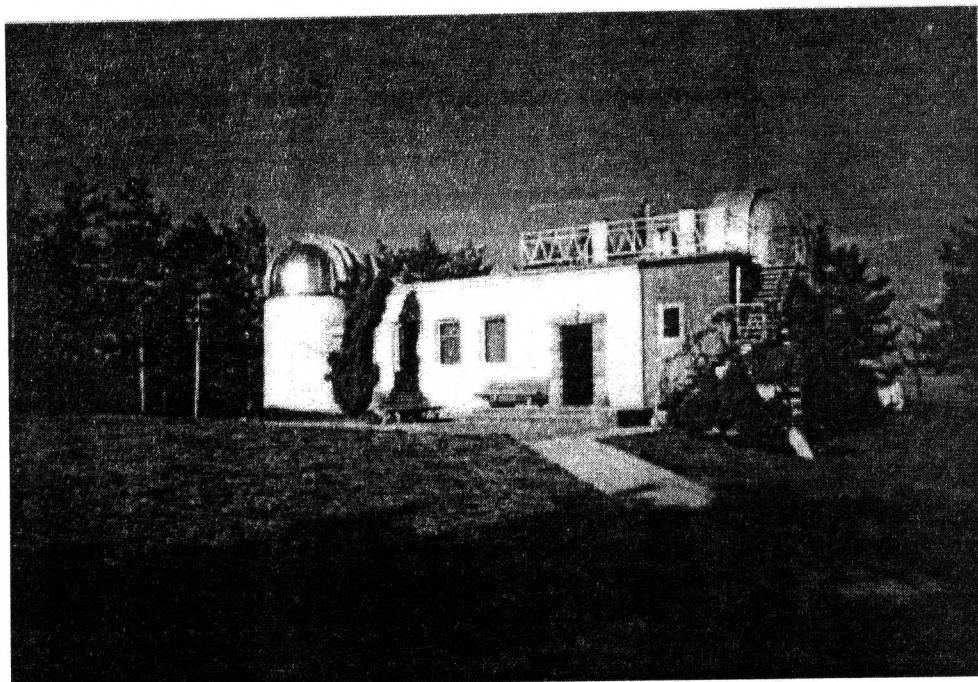
Александър Антов  
България, Белоградчик 3900, Астрономическа обсерватория,  
E-mail: [belogr@bas.bg](mailto:belogr@bas.bg)  
и  
[antovi@astro.bas.bg](mailto:antovi@astro.bas.bg).

### 1. Увод

Астрономическата обсерватория - Белоградчик на Института по астрономия към Българската академия на науките е разположена в западната част на Стара планина сред добре познатия уникален скален масив "Белоградчишки скали" до малкото градче Белоградчик с население 4 000 души, на 180 км северозападно от София и на 630 м над морското равнище (Фиг. 1 и Фиг. 2). Географските координати на обсерваторията са:  $\lambda = - 1^{\text{h}} 30^{\text{m}} 42^{\text{s}}$  и  $\varphi = + 43^{\circ} 37' 35''$ . Броят на ясните нощи е около 180 за една година.



Фиг. 1. Изглед на обсерваторията с Калето и Белоградчишките скали.



Фиг. 2. *Астрономическа обсерватория – Белоградчик (кулата с 60 см Касегрен телескоп – в дясно, кулата с 36.5 см Целестрон – в ляво).*

Обсерваторията е построена през 1962 г. като ученическа. Неин основател е Христо Костов (1932 - 1982) - учител по физика в гимназията в Белоградчик, по-късно асистент в Софийския университет "Св.Климент Охридски".

Обсерваторията е открита официално на 20 юни 1965 г. От 1976 г. с решение на Министерския съвет на Република България тя преминава към Секция по астрономия, сега Институт по астрономия към Българската академия на науките. От построяването ѝ до 1988 г. ръководител на обсерваторията е Александър Томов, а от 1988 г. - Александър Антов.

АО - Белоградчик е наблюдателна база на Института по астрономия, само с двама служители - обслужващ персонал, които постоянно работят на обсерваторията. Има две сгради - сграда с кулата на 60 см Касегрен телескоп, с два кабинета, библиотека, аудитория и жилищната сграда с 4 стаи и сервизни помещения.

През 1998 г. непосредствено до района на обсерваторията беше построена от частна фирма, като разширение на обсерваторията, сграда на 2 етажа с 5 стаи и зала за около 20 човека. Предвижда се да бъде построена и 8 м кула за 1 м телескоп.

## 2. Телескопи, апаратура, наблюдения, обработка

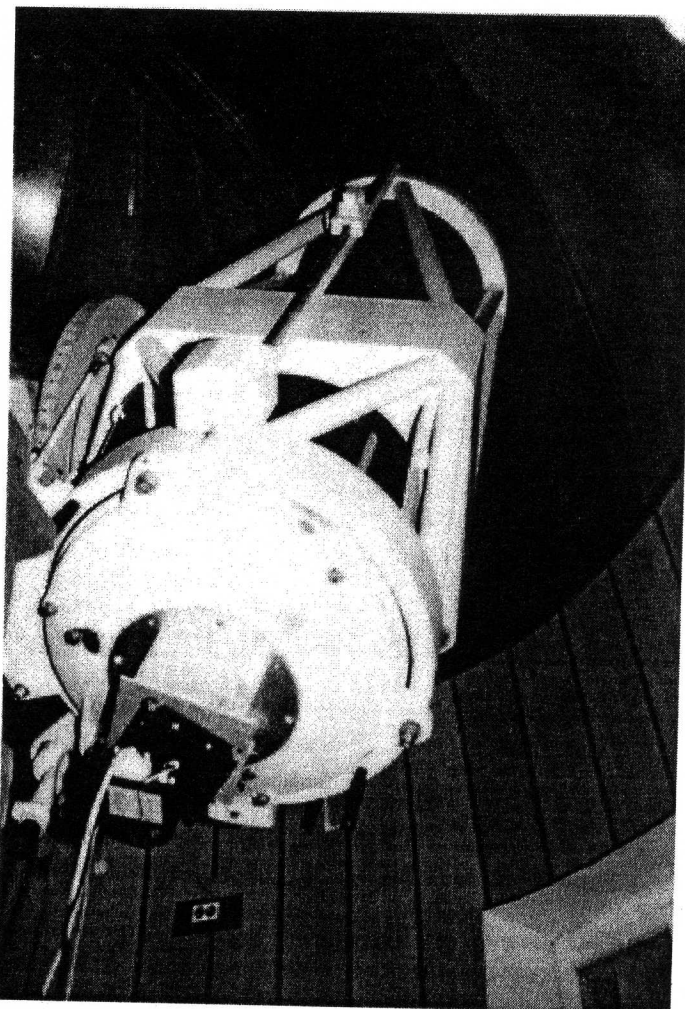
Днес, в България, от общо осем телескопа с диаметър на огледалото по-голям от 30 см (вж. Фиг. 3), пет се намират в двете обсерватории на ИА към БАН (в Астрономическата обсерватория- Белоградчик: 60 см Касегрен и 36,5 см Целестрон; в Националната астрономическа обсерватория - Рожен: 200 см RCC, 50\70 см Шмит телескоп и 60 см Касегрен). В Рожен е построена и 8 м кула за 15 см фотохелиограф.



Фиг. 3. Разположение на телескопите (с диаметър на огледалото по-голям от 30 см) и народните астрономически обсерватории с планетариуми в България.

АО-Белоградчик разполага с 3 телескопа – 60 см Касегрен, 36,5 см Целестрон и 15 см Касегрен. В обсерваторията има персонален компютър Сугих 166 с диск 2,5 GB, със CD ROM за обработка и първоначално съхранение на данните от електрофотометричните наблюдения и тези със CCD камерата и модем за връзка с E-mail адресите в ИА - София, засега посредством телефонна линия.

36,5 см телескоп е предоставен от частна фирма и е оборудван със CCD камера STAR 1 и обслужващ я компютър Laptop. Реализирана е BVRI фотометрична система.



Фиг. 4. 60 см телескоп система Касегрен в Астрономическата обсерватория - Белоградчик.

60 см телескоп система Касегрен с фокусно разстояние 750 см е монтиран в обсерваторията през 1969 г. До 1979 г. това е най-големият телескоп в България (фиг. 4). Първоначално е бил оборудван с фотографична камера, а после и с електрофотометър.

Днес 60 см телескоп (Antov, A., Konstantinova-Antova, R., 1995) е оборудван със CCD камера ST 8 и високоскоростен електрофотометър, работещ в режим на броене на фотони и позволяващ интеграция до 0.1 sec. Електрофотометърът е снабден с фотоумножител EMI 9789QB с 6 диафрагми (от  $13.8=0,5$  мм до  $137.5=5$  мм). Има автоматизирана система



за натрупване на данните от наблюденията на персонален компютър, втори монитор в подкуполното помещение, собствен софтуер (EP), с възможност за автоматично обхождане на наблюдаваните обекти в границите на полето на телескопа (20°). Реализирани са UVB и uvby фотометрични системи, с автоматично движение на филтрите. Електрофотометърът към 60 см телескоп е подходящ за изследване на бързи промени в блясъка на променливи звезди, астероиди и др. до  $V=13.5$  звездна величина.

От 1989 г. в АО - Белоградчик се провежда високоскоростна фотометрия за изследване на хромосферно активни звезди от късни спектрални класове - единични гиганти (OP And, V390 Aur, HD 112989 и др.) и избухващи звезди от околността на Слънцето (EV Lac, AD Leo), на катаклизмични променливи (KR Aur, TT Ari, AM Her и др.), на симбиотични и симбиотично-подобни звезди (CH Cyg, MWC 560 и др.), както и на астероиди.

Обработката на електрофотометричните наблюдения се извършва със софтуерния пакет "Automatic Photoelectric Reduction (APR) (Kirov et al., 1991). Програмният пакет позволява редукция към стандартната UVB система и визуализация на кривата на блясъка.

От 1997 г. 60 см телескоп е окомплектован и със CCD камера ST8. Реализирана е BVRI фотометрична система. Започната е фотометрия на активни галактики, стари разсеяни звездни купове, астероиди, комети и др.

През 1999 г. ще бъде завършен новия универсален фотометър с поляриметър към 60 см телескоп. Той е изработен от отделни модули. Ще може да работи като електрофотометър с фотоумножител EMI 9789 QB с охлаждане с Пелтие елементи, както и със CCD камера ST8, с възможност за автоматично движение на филтрите и гидиране (на по-късен етап и автоматично), което ще позволи максимално допустими експозиции със камерата ST8, както и непрекъснати (няколко часа) патрулни наблюдения в един цвят на наблюдавания обект.

Наблюдателното време на 60 см телескоп, както и телескопите в НАО-Рожен се разпределя на всеки 6 месеца. Заявките за наблюдателно време на телескопите в АО и НАО се приемат до 30 април за II полугодие на текущата година и до 30 октомври за I полугодие на следващата година. Заявките се адресират до комисията за разпределение на наблюдателното време в Института по астрономия, БАН-София.

### 3. Младежка школа

Астрономическата обсерватория - Белоградчик с двата телескопа и съвременната светоприемна апаратура към тях, с големия брой ясни нощи, с красивата природа и близостта си до малкото градче Белоградчик е много подходящо място и за обучение на студенти по астрономия, както и за работа на млади астрономи.

От есента на 1999 г. се предвижда провеждането на школа по астрономия за млади астрономи и студенти от страните на региона. Целта е тя да стане традиционна и да се провежда всяка година.

#### Литература

- Antov, A. P., Konstantinova-Antova, R. K., 1995, in: *Robotic Observatories*, Bode M. F. (ed), Praxis Publishing, Chichester, p. 69.
- Kirov, N.K., Antov, A.P., and Genkov, V.V., 1991, *Compt. Rendus de l' Academie. Bulgare des Sciences*, 44, No. 11, p. 5

## База от данни за широкоъгълни фотографични астрономически наблюдения

М.К. Цветков, К.Я. Ставрев, К.П. Цветкова, Е.Х. Семков, А.С. Мутафов и А.П. Борисова

### 1. Въведение

Базата от данни за широкоъгълни фотографични астрономически наблюдения (БДШФАН, Tsvetkov et al. 1997, 1998) е проект на Работната група по небесни обзори към Международния астрономически съюз. Създадена е в София в Института по астрономия и Изчислителния Център - Физика на Българска академия на науките през последните пет години. Базата от данни съдържа описателна информация за професионалните фотографични наблюдения, провеждани от края на миналия век до днешно време и съхранявани в архивите на астрономическите обсерватории. Чрез БДШФАН може да се получи информация за координатите на плаките, времето на наблюдение, емулсията, параметрите на използвания телескоп, качеството на наблюденията, името на наблюдателя и др.

### 2. Каталог на архивите на широкоъгълни плаки

Каталогът на архивите на широкоъгълните плаки като част от БДШФАН съдържа информация за отделните архиви на обсерватории от цял свят – местоположение, координати и обозначение на обсерваториите съгласно списъка на Марсден (1997), код и параметри на използвания телескоп, периода на наблюдения, брой и вид на получените плаки, форма и качество на съответния архив, името и адреса за електронна поща на астронома, отговарящ за архива. Каталогът на архивите периодично се осъвременява. Последната версия 3.1 може да бъде намерена на адрес <http://www.skyarchive.org>. Тя съдържа 315 архива на 244 инструмента в 95 обсерватории с 1 968 784 плаки и филми. В Таблица 1 е дадено разпределението на плаките от последната версия на каталога, съгласно формата на архива (компютърночитаема, печатна или ръкописна, частично компютърночитаема) и метода на наблюдения (директни или спектрални). За 11 архива няма информация за общия брой на получените плаки.

### 3. БДШФАН – сегашно състояние

Задачата на БДШФАН е да задоволи нуждата на астрономическата общност от бърз и лесен достъп до информация за огромния брой архивирани широкоъгълни фотографични наблюдения. В сегашното си състояние БДШФАН, инсталирана в CDS-Страсбург, съдържа данни за 323

635 плаки от 57 архива. В процес на подготовка за включване в базата са данните от 45 каталога с 132 000 плаки. Някои от тези каталози са само в печатна или ръкописна форма и преди да преминат през процедурата за редукция на данните се подготвят в компютърночитаема форма. Така общият брой на архивите, влизаци в WFPDB ще достигне скоро 102 за 97 инструмента в 32 обсерватории с общо 454 254 плаки.

От 1994 г. БДШФАН има INTERNET страница с информация за базата от данни и каталога на архивите на адрес: <http://www.wfpa.acad.bg>. От август 1997 г. БДШФАН е достъпна в режим on-line в CDS Страсбург чрез системата Vizier на адрес <http://vizier.u-strasbg.fr/cats/VI.htm/>. Каталогният номер на WFPDB е VI/90.

Таблица 1. Разпределение на броя на плаките в Каталога на архивите – версия 3.1 (май 1998) според формата на архива и метода на наблюдение

Форма на архива	Дир. плаки (311 архива)	Сп. плаки (33 архива)	Общ брой
Компютърночитаема	601 252	30 959	632 211
Печатна или ръкописна	894 056	24 818	918 874
Частично компютърночитаема	377 018	2 686	379 704
Няма информация	37 242	753	37 995
Общ брой	1 909 568	59 216	1 968 784

На фиг. 1 е показана блок-диаграмата на изчислителния комплекс в София, обслужващ подготовката и експлоатацията на БДШФАН.

#### 4. Приложения на БДШФАН

Успоредно с разработването на БДШФАН с нейна помощ са проведени или сега се провеждат изследвания по следните задачи от наблюдателната астрономия:

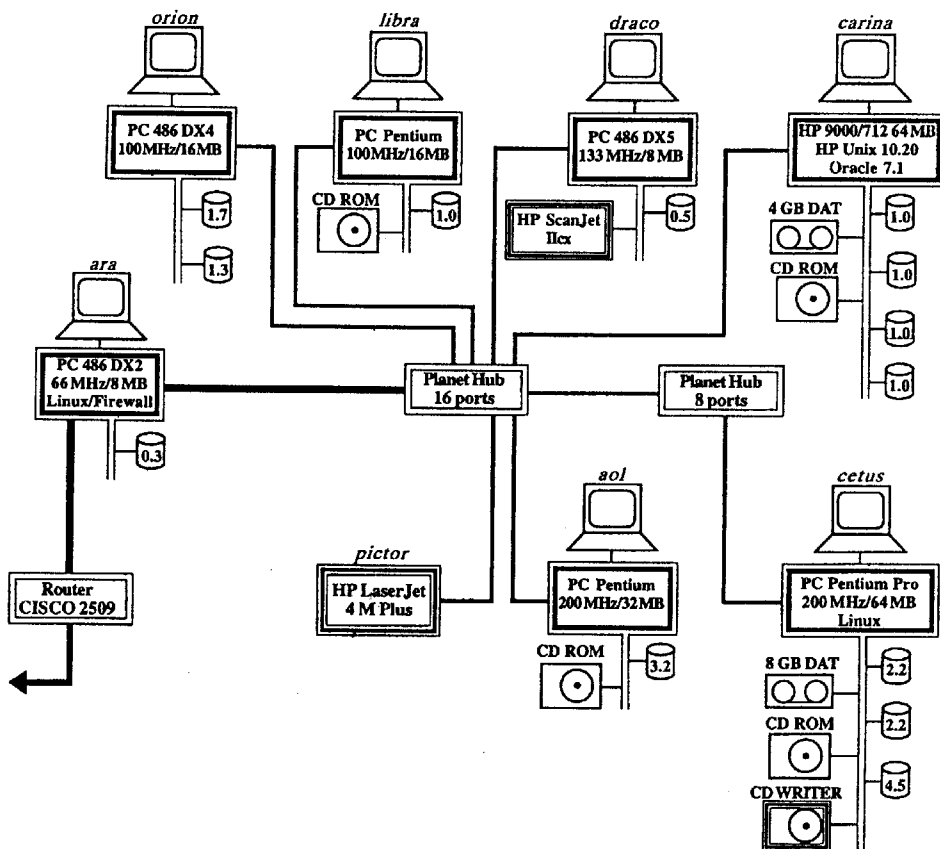
**Спасяване на астрометричните съкровища.** Този проект има за цел съхранението на астрометричната и фотометрична информация от старите Carte du Ciel плаки.

**Търсене на цикличност в избухващата активност на късни звездиджуджета.** В основата на този проект, предложен от Р. Гершберг (Кримската астрофизическа обсерватория) е използването на патрулни наблюдения в различни звездни агрегати за изследване на червени звездиджуджета.

джджета. Намерени са 87 плаки с наблюдения на PZ Mon и V577 Mon в архивите на Азиаго, Хайделберг, Кисо, Рожен, Сайдинг Спринг и Таутенбург.

Търсене на оптически аналози на гама-избухвания. Намерени са плаки, съдържащи областите, определени с малки грешки, около 38 гама избухвания, които биха могли да се идентифицират с оптически избухвания.

Определяне на криви на блясъка на променливи звезди. БДШФАН е използвана за намиране на плаки с наблюдения, необходими за подобряване на кривата на блясъка на звездата V 350 Ser, чието фотометрично поведение напомня това на V 1515 Cyg - един от представителите на FU Ori клас променливи звезди.



Фиг. 1. Блок-диаграма на изчислителния комплекс на БДШФАН.

Търсене на патрулни плаки за изучаване на избухващите звезди в звездните агрегати в Орион, Плеядите, Лебед и Ясли. За патрулните наблюдения на избухващите звезди в звездните агрегати в Орион, Плеядите, Лебед и Ясли е построено разпределението на плаките по време, кратност на експозициите и използван телескоп.

Търсене на плаки, получени в областта на М31. Намерен е броят на плаките, получени в тази област като една от най-изследваните области с различни телескопи, и разпределението им по време и използван метод на наблюдения.

Търсене на плаки, съдържащи изображение на потенциално опасния за Земята астероид 1997 XF11. Неотдавна БДШФАН беше използвана за намирането на ранни плаки, съдържащи неизвестни изображения на потенциално опасния за Земята астероид 1997 XF11 – един от 108-те такива астероиди. Важността на подобни плаки нараства още повече като се има предвид, че по-нататъшни наблюдения на този астероид ще бъдат възможни със средни по размери телескопи едва през 2000 г. Имайки ефемеридата и търсейки плаки с изображения на астероида през 1990, 1983, 1976, 1971, 1964, 1957 и 1950 г. бяха намерени 25 плаки (Tsvetkov et al. 1998), които удовлетворяват изискванията за координати, време и параметри на телескопа. Търсенето на такива плаки беше извършено и в архивите, които се подготвят за включване в БДШФАН. Следващият етап на тази задача е изследването на плаките с цел откриване на възможни изображения на астероида.

## 5. Бъдещо развитие на БДШФАН

Напредва изграждането в София на Център за астрономическа информация за фотографичните плаки, по инициатива на Р. Вест от 1992 г. Предвижда се БДШФАН да бъде разширена с информация за оцифрованите плаки, както и създаването на възможност в Центъра да се сканират при необходимост архивирани плаки. Тази възможност се превръща в действителност с предоставянето през октомври 1998 г. на Центъра за астрономическа информация в София на микроденситометъра PDS 1010” като дарение от Европейската южна обсерватория (ESO). Предвижда се неговата редовна експлоатация да започне в началото на 1999 г.

Благодарности. Ние сме много благодарни на Й. Андерсен - генерален секретар на МАС, за известна финансова подкрепа на проекта БДШФАН и на ESO за безвъзмездно предоставения микроденситометър PDS 1010”.

## Литература

- Marsden, B.G. 1997, private communication  
Tsvetkov, M.K., Stavrev, K.Y., Tsvetkova, K.P., Semkov, E.H., Mutafov, A.S. and Michailov, M.E., 1997, *Baltic Astronomy*, **6**, 271  
Tsvetkov, M.K., Stavrev, K.Y., Tsvetkova, K.P., Semkov, E.H., Mutafov, A.S., and Michailov, M.-E., 1998, Proc. of the IAU Symp. 179 “New Horizons from Multiwavelength Sky Surveys”, 26-30 August 1996, Baltimore, MD, USA, eds. B. McLean et al., Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., p. 462



## ПОСМАТРАЊА НА БЕОГРАДСКОМ МЕРИДИЈАНСКОМ КРУГУ

М. ДАЧИЋ и З. ЦВЕТКОВИЋ

*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11160 Београд-74, Југославија*

**Резиме.** Почев од 1968. године на Меридијанском кругу Астрономске опсерваторије у Београду регуларно су обављана посматрања звезда и неких чланова Сунчевог система. С обзиром да је тачност тих посматрања била на класичном нивоу, од 1995. године на овом инструменту се не ради. У поменутом временском интервалу компетирано је седам посматрачких звезданих каталога. Што се тиче посматрања тела Сунчевог система, од 1974. године је урађено око 800 пролаза Сунца и око 700 пролаза Венере кроз меридијан. Ова посматрања, такозвана дневна мерења, могу да се користе, после одговарајуће обраде, за поправку оријентације фундаменталног система. Такође су посматрани Меркур и Марс, али знатно мање. Резултати дневних мерења Сунца накнадно су коришћени за анализу промене његовог поларног и екваторског дијаметра.

Меридијански круг Београдске опсерваторије је типичан инструмент за астрометријска посматрања. Лобијен је на име ратне репарације после првог светског рата са осталим инструментима Опсерваторије. Произвела га је фирма "Askania" Bamberg почетком двадесетих година овога века. Отвор објектива је 190 *mm*, а жижна даљина 2578 *mm* (Šaletić 1968). Круг пречника 800 *mm* има поделу на свака два лучна минута и чврсто је везан за обртну осовину. Два носача у облику добоша, на које се ослањају крајеви обртне осовине, имају на себи по четири микроскоп-микрометра за читавање лимбове поделе. Окуларни микрометар омогућава и мерење положаја по висини и праћење звезде по времену.

Овај инструмент, намењен одређивању координата небеских тела релативном методом, постављен је тек почетком шездесетих година. После испитивања органа и прибора инструмента и прелиминарних радова, почиње се са посматрањима 1968. и она трају све до 1994. године, такођећи непрекидно. Урађено је седам каталога звезданих положаја, а током две деценије редовно су вршена дневна посматрања Сунца, планета и звезда.

У периоду 1968 – 1970. година посматрају се звезде међународног програма ширинских звезда и одређују њихове деклинације. На XIII астрометријској конференцији 1956. године совјетски астрономи су предложили да се изради *Општи каталог ширинских звезда* који ће садржати звезде из програма свих ширинских станица (укупно 28 станица на којима се налазе

или зенит–телескопи, или фотографски зенит–телескопи) северне Земљине хемисфере. Предлог је усвојен на X конгресу Међународне астрономске уније и један од учесника у овом послу постаје Београдска опсерваторија.

Добијени диференцијални каталог деклинација (Sadžakov и Šaletić 1972) садржи 3941 програмску звезду и 216 упоришних звезда (систем FK4). Укупно је обрађено око 19000 пролаза кроз меридијан. Посматрања су вршена у петостепеним зонама од  $+20^\circ$  до  $+65^\circ$  деклинације. Средња епоха каталога је 1969.5, а средња квадратна грешка једног посматрања износи  $\epsilon_\delta = \pm 0''.34$ . Свака звезда је посматрана у просеку четири пута.

Подаци из овог каталога су узети у обзир при формирању FK5 проширења (видети: Fricke и др 1991, стр. 143, под бројем 331).

После припреме инструмента за релативна одређивања ректасцензија, од 1973. до 1980. године рађене су звезде из програма фотографских зенит–телескопа на северној хемисфери (NPZT). Програм је предложио Комисији 8 Међународне астрономске уније сарадник Токијске опсерваторије Х. Јасуда. Предлог је усвојен на XIV конгресу Уније и препоручено је свим астрономским опсерваторијама на северној хемисфери које поседују меридијанске кругове да учествују у овом послу. Циљ је био да се појединачни посматрачки програми фотографских зенит–телескопа обједине у јединствену целину и да се ректасцензије и деклинације звезда из поменутих програма изведу у систему FK4.

Овај каталог (Sadžakov и др 1981) је обухватао 1719 програмских и 350 упоришних звезда у систему FK4. Ректасцензије и деклинације звезда су добијене из око 12000 пролаза, са средњом епохом посматрања 1977.9. Деклинације звезда су се кретале од  $+10^\circ$  до  $+60^\circ$ . Средња квадратна грешка једног одређивања ректасцензије износила је  $\epsilon_\alpha \cos \delta = \pm 0''.036$ , а деклинације  $\epsilon_\delta = \pm 0''.26$ . Свака звезда је посматрана шест пута.

Добијене координате упоришних звезда су коришћене за побољшање индивидуалних положаја звезда референтне основе FK5 (видети: Fricke и др 1988, стр. 96, под бројем 250).

На предлог професора Зверјева да се визуелно посматрају тесни парови двојних звезда, чије компоненте фотографским или фотоелектричним путем не могу да се раздвоје, од 1981. до 1987. године одређивани су положаји двојних звезда (Sadžakov и Dačić 1990). Било је око 10500 посматрања по обе координате (око четири посматрања сваке звезде), а обухваћена је широка деклинацијска зона од  $-30^\circ$  до  $+70^\circ$ . Средња епоха је 1983.9, а грешке једне ректасцензије и деклинације су  $\epsilon_\alpha \cos \delta = \pm 0''.028$  и  $\epsilon_\delta = \pm 0''.34$ , респективно. Поред 1571 програмске звезде било је 712 упоришних звезда. Сви положаји су по завршетку посла преведени са FK4 на систем FK5. Овај каталог, заједно са диференцијалним каталозима рађеним у Кијеву, Харкову, Одеси, Москви и Казању, послужио је за добијање прелиминарног изведеног каталога двојних звезда (Cvetković 1992).

Београдска опсерваторија је дала свој скромни допринос настојањима да се повежу оптичка и радио–интерферометријска посматрања. То је био, управо, разлог израде каталога положаја упоришних звезда у околини радио–

извора од 1982. до 1987. године (Sadžakov и др 1991). Програм је садржао 537 звезда, од тога 247 упоришних. Обрађено је 3000 меридијанских пролаза у деклинацијској зони од  $-35^\circ$  до  $+85^\circ$  и преведено на систем FK5. Средња епоха посматрања је износила 1984.6, а грешка једног одређивања  $\epsilon_\alpha \cos \delta = \pm 0.024$  и  $\epsilon_\delta = \pm 0.30$ . Звезде су у посматрачком програму биле подељене на две групе, па како су се неке од њих из техничких разлога нашле и у једној и у другој групи, број посматрања звезде иде од четири до осам.

Звезде из програма Онджејевског фотографског зенит-телескопа посматране су у периоду 1985 – 1990. (Sadžakov и др 1992). Урађено је око 1500 пролаза 383 звезде, од чега су 160 биле из каталога FK5. Деклинацијска зона је била врло уска, од  $+49^\circ$  до  $+50^\circ$ , а магнитуда звезда је ишла до једанаесте привидне величине. Епоха каталога је  $E_p = 1987.1$ . Средња квадратна грешка једног одређивања износи  $\epsilon_\alpha \cos \delta = \pm 0.020$ , док је  $\epsilon_\delta = \pm 0.30$ . С обзиром на овакве грешке, каталог у датом моменту није имао неку већу тежину, али постојао је интерес да се одреде положаји ових звезда у неком фундаменталном систему, јер оне својевремено нису ушле у NPZT програм због свог слабог сјаја.

У време док је сателит Hipparcos увелико скупљао податке, на Меридијанском кругу у Београду посматране су звезда високе луминозности (HLS) и радио-звезде (Sadžakov и др 1996). Истовремено је рађен проширени списак упоришних звезда у околини радио-извора (Sadžakov и др 1997). Због мале унутрашње тачности (прецизности) у односу на савремени ниво, ова два каталога нису имала неки значај за астрометријске потребе.

Упоредо са овим радовима, на Меридијанском кругу Београдске опсерваторије су обављана такозвана *дневна мерења*. Почев од 1974, па све до 1994. године посматрано је Сунце, Меркур, Венера, Марс (од 1981.) и сјајне звезде које се могу видети на инструменту при дневној светлости. Из ових посматрања су одређиване вредности  $(O - C)_\alpha$  и  $(O - C)_\delta$  за поменута тела Сунчевог система. Листа објављених резултата у Билтенима Астрономске опсерваторије може се наћи у извештају за последњу годину посматрања (Dačić и др 1995).

У овом двадесетогодишњем интервалу дневних мерења посматрано је око 800 пролаза Сунца кроз меридијан, око 200 пролаза Меркура, око 700 пролаза Венере и око 200 пролаза Марса. Било је, такође, и око 5000 пролаза упоришних звезда FK4, односно, FK5.

Разлике  $(O - C)$  могу да послуже, с једне стране, за исправљање путањских елемената планета, а с друге, за поправљање оријентације координатног система, или, конкретније речено, за поправљање положаја  $\gamma$  – тачке и равни екватора. Први резултати су добијени већ после неколико година посматрања (Sadžakov и др 1982).

Поправке положаја  $\gamma$  – тачке и екватора каталога FK4, који представља референтну основу FK4 система, добијене из посматрања на Београдском меридијанском кругу (Sadžakov и др 1992а), углавном су биле у сагласности

са резултатима које су добили други истраживачи, што се посебо односи на резултате посматрања Сунца (Sadžakov и др 1996а).

У великом броју посматрања Сунца, мерење је вршено тако што је по ректасцензији регистрован пролаз његовог предњег и задњег краја, док је по деклинацији одређиван положаја горње и доње ивице. На тај начин директно из мерења добијан је Сунчев екваторски и поларни дијаметар, што је омогућило да се из података, евентуално, утврде његове промене у току времена (Vince и др 1996). У последњем раду који третира посматрања Сунца на Мериђијанском кругу у Београду, покушано је да се утврди крос-корелација између промене Сунчеве ирадијације и промене његовог дијаметра (Vince и др 1998). Постоје индиције да би се једна таква зависност могла констатовати.

### Референце

- Cvetković, Z.: 1992, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **96**, 191 – 206  
 Dačić, M., Sadžakov, S., Cvetković, Z.: 1995, *Bull. Astron. Belgrade*, **151**, 81 – 84  
 Fricke, W., Schwan, H., Lederle, T.: 1988, *Veröff. Astron. Rechen-Institut Heilderberg*, **32**  
 Fricke, W., Schwan, H., Corbin, T.: 1991, *Veröff. Astron. Rechen-Institut Heilderberg*, **33**  
 Sadžakov, S., Šaletić, D.: 1972, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **17**  
 Sadžakov, S., Šaletić, D., Dačić, M.: 1981, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **30**  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Šaletić, D., Ševarlić, B.: 1982, *Sun and Planetary System*, Reidel Publ., 445 – 446  
 Sadžakov, S., Dačić, M.: 1990, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **38**  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1991, *Astron. Journal*, **101**(2), 713-733  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1992, *Bull. Astron. Belgrade*, **146**, 1-13  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1992a, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **92**, 605 – 607  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1996, *Bull. Astron. Belgrade*, **153**, 1-18  
 Sadžakov, S., Cvetković, Z., Dačić, M.: 1996a, *Proc. 2nd Hellenic Astron. Conf.*, Contadakis, M.E., Hadjidemetriou, J.D., Mavridis, L.N. and Seiradakis, J.H. (eds), 151 – 154  
 Sadžakov, S., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1997, *Bull. Astron. Belgrade*, **155**, 3-25  
 Šaletić, D.: 1968, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **14**, 88 – 94  
 Vince, I., Dačić, M., Cvetković, Z.: 1996, *18th SPIG, September 2 – 6, 1996, Kotor, Contributed Papers*, Vujičić, B. and Djurović, S. (eds), Faculty of Sciences, Institute of Physics, Novi Sad, 524 – 527  
 Vince, I., Dačić, M., Cvetković, Z., Popović, N., Jovanović, P.: 1998, *19th SPIG, August 31 – September 4, 1998, Zlatibor, Contributed Papers*, Konjević, N., Ćuk, M. and Videnović, I.R. (eds), Faculty of Physics, University of Belgrade, 666 – 670

## АСТРОНОМИЈА У СРБИЈИ

МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЋ

*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11160 Београд-74, Југославија*  
*E-mail: mdimitrijevic@aob.aob.bg.ac.yu*

### 1. Милан Недељковић и оснивање Астрономске опсерваторије и катедре за астрономију

Ма да је Законом о измени и допуни Закона о Великој школи, донетим 1880. године предвиђено је да се астрономија изучава заједно са метеорологијом, па се та година сматра годином оснивања Катедре за астрономију у Београду, прва предавања из астрономије почињу 1884. године, када се Милан Недељковић (Београд, 27. IX. 1857 - Београд, 21. XII. 1950) вратио са школовања у Француској и био изабран за суплента за овај предмет. Он је за професора изабран 1886., и на челу Катедре за астрономију и метеорологију остаје до пензионисања 1924. године.

Недељковић почиње и борбу за оснивање Астрономске и метеоролошке опсерваторије, подухват који је, учивши за њега повољне околности, крунисао успехом. Акт о оснивању, потписао је министар просвете и црквених дела Краљевине Србије Милан Кујунџић 26. марта (7. априла) 1887. године, а Милан Недељковић је одређен за првог управника Астрономске и метеоролошке опсерваторије. Овај датум, узима се као датум оснивања Астрономске опсерваторије у Београду, једне од најстаријих научних установа у Србији и јединог самосталног астрономског института у Југославији, а историја њеног развоја је важан део историје науке и културе на овим просторима.

Првог маја 1887. године, Недељковић почиње са радом у Провизорној опсерваторији у закупљеној кући породице Гајзлер. Овде је Опсерваторија радила до првог маја 1891. године, када се преселила у за то време довршену сопствену зграду, данашњу Метеоролошку опсерваторију у Карађорђевој парку, у чијем се мањем музејском простору, од прославе стогодишњице оснивања 1987. године, налази једна соба посвећена почецима астрономске науке у Југославији.

Недељковић је на челу Опсерваторије од 26 марта (7 априла) 1887. године до 30 јануара 1924. године. Изузетак представља само период од 5 јула 1899. до 31. октобра 1900. године, када је био у пензији због политичких разлога, т.ј. због Ивандањског атентата на краља Милана, који је краљ Александар искористио за обрачун са својим политичким противницима. У то време на његовом месту био је Ђорђе Станојевић (Неготин, 7.IV.1858 - Париз, 24.III.1921), први српски астрофизичар, други руководилац Астрономске и метеоролошке опсерваторије, ректор Универзитета у Београду, велики популаризатор астрономије и науке уопште, човек који је увео електрично осветљење у Београду, Ужицу, Лесковцу, Чачку, дарујући тако тим градовима светлост, градитељ прве српске хидроцентрале, пионир индустрије рашладних уређаја, иницијатор организовања комитета за хладноћу и међународне организације за технику хлађења у Паризу 1903. године. Он је и пионир фотографије у боји у Србији.

Осим свог значаја за метеорологију, Астрономска и метеоролошка опсерваторија Милана Недељковића, колевка је и сеизмолошких и геомагнетских истраживања код Срба. Крајем 1903. године, Недељковић позајмљује инструменте за геомагнетска мерења од Теге Миклош Конкоља, оснивача Астрономске опсерваторије у Будимпешти и гради земномагнетски павиљон. Захваљујући Конкољу, Недељковић 1903. године добија и сеизмограф, који следеће године поставља у посебан павиљон. Посматрања се обављају редовно и за ове потребе подиже се на Ташмајдану зграда данашњег Сеизмолошког завода 1906. године. Ову активност преузима Недељковићев помоћник Јеленко Михајловић (Врбница, 11. I. 1869 - Београд, 10. X. 1956), који од 1896. године ради на Опсерваторији.

За време друге аустроугарске окупације у Првом светском рату, Опсерваторију води Виктор Конрад из Беча. Приликом бегства из Србије, Аустријанци су однели или уништили све инструменте. Захваљујући свом огромном залагању и стручности, Милан Недељковић успева да после рата набави у Немачкој на име ратних репарација, телескопе и пратећу опрему за нову опсерваторију.

Инструменти које је набавио Недељковић и данас су практично једина посматрачка база Опсерваторије, иако су неке Немци однели у II светском рату, два су однета у љубљану, два у Загреб (види Ђурковић, 1968), а неки мањи нису монтирани ни до данас.

Данас су монтирани у павиљонима следећи инструменти које је набавио Недељковић:

1. Велики рефрактор - екваторијал "Zeiss" 650/10550 mm.
2. Сунчани спектрограф (монохроматор) типа Littrow, 9000mm/100,000, изграђен адаптацијом екваторијала "Zeiss" 200/3020 mm са две астрокамере "Tessar" и "Petzval" 160/800 mm.



3. Велики меридијански круг "Askania" 190/2578 mm.
4. Велики пасажни инструмент "Askania" 190/2578 mm са системом вакуумских мира.
5. Велики вертикални круг "Askania" 190/2578 mm.
6. Астрограф "Zeiss" 160/800 mm.
7. Фотовизуелни рефрактор "Askania" 135/1000 и 125/1000 mm.
8. Зенит телескоп "Askania" 110/1287 mm.
9. Пасажни инструмент "Bamberg" 100/1000 mm.

Док је Недељковић водио борбу за нову Опсерваторију на којој би били постављени набављени инструменти и почела астрономска посматрања, изненада је пензионисан 30 јануара 1924. године. Одлуком Факултетског савета, те године се Опсерваторија дели у две посебне установе: Метеоролошку и Астрономску опсерваторију Универзитета у Београду. Истовремено и Катедра за астрономију се одваја од метеорологије, као посебна катедра на Филозофском факултету, где је астрономија од оснивања Универзитета 1905. године.

## 2. Изградња нове Астрономске опсерваторије и њен развој

Године 1925. на чело Астрономске опсерваторије бива постављен Војислав В. Мишковић (Фужине, 18. I. 1892 - Београд, 25. XI. 1976), који је у то време афирмисани астроном запослен на Опсерваторији у Ници. Он је студије астрономије започео у Будимпешти и Гетингену пред први светски рат, а после демобилисања крајем 1918. године послат је у Француску да заврши студије. Дипломирао је 1919. године и постављен за асистента Астрономске опсерваторије у Марсељу. У Ници ради као астроном од 1922. године а 1924. докторира на Универзитету у Монпељеу. Године 1925. добио је награду Француске академије наука за студије из звездане статистике. У француским научним часописима, у периоду од 1919 до 1925 године објављује двадесетак радова, посвећених посматрањима малих планета и комета, као и одређивањима њихових путања. У Београд долази 1926. године и осим Астрономске опсерваторије, преузима и Катедру астрономије. Године 1927. установљена је посебна студијска група за астрономију. Она је добила назив III група наука и садржала је Практичну и теоријску астрономију, Небеску механику, Теоријску математику, Рационалну механику, Физику и Метеорологију. Мишковић је изабран за ванредног професора теоријске и практичне астрономије на Филозофском факултету. Године 1929. изабран је и за дописног члана Српске краљевске академије а 1939. године за редовног. Он у знатној мери делатност установе усмерава ка математичко-нумеричким пословима, који дају више вредних резултата. Значајни су нумерички радови везани за Математичку климатологију М.Миланковића и Мишковићеве Прецесионе таблице.

Године 1929., Мишковић успева да добије средства за изградњу нове, модерне опсерваторије, 6 км југоисточно од Теразија, на површини од 4.5 ха, на коти 253 м, на брду Велики Врачар, које од тада, као и читав део града, носи назив Звездара.

Изузетан и веома вредан архитектонски комплекс Астрономске опсерваторије, пројектовао је Јан Дубови, члан Групе архитеката модерног правца (ГАМП) основане 1928. године. Захваљујући управо овом остварењу, Јан Дубови је у Прагу проглашен за доктора наука. Грађевински радови извођени су од 1930. до 1932. године, а током наредне две године монтирани су инструменти.

Мишковић започиње и са издавањем научног часописа *Mémoires de l'Obs. Astr. Belgrade* (штампано пет свезака за 1932., 1933., 1936., 1938. и 1949. годину), *Annuaire de l'Obs. Astr. Belgrade* (издато шест свезака за 1929. - 1934. године), који је садржао звездано време и краткопериодичне чланове нутације, средње и привидне положаје 189 звезда, ново-откривене астероиде и објашњења за употребу. *Научничког годишњака*, (за године од 1934. до 1941.) за потребе навигације у морнарици, те *Годишњака нашег неба*, астрономског календара на српском језику, који је излазио од 1930. до 1941. и од 1948. до 1952. године (број за 1948. годину уредио је Ф. Доминко а за 1949., 1950. и 1951. годину Божидар Поповић).

Године 1936. Мишковић уз помоћ Милорада Протића организује службу малих планета и посматрања Сунца. Исте године П. Ђурковић открива на опсерваторији у Иклу (Uccle - Белгија), малу планету (планетоид, данас се обично употребљава назив астероид) која касније добија име 1605 Миланковић а М. Протић у Београду, малу планету 1564 Србија, чиме започиње рад на проналажењу нових малих планета. Укупно су сарадници Опсерваторије открили 43 малих планета од којих су 12 добиле име а три открића су накнадно приписана другим ауторима. Сам Протић је у периоду од 1936. до 1956. открио 33 мале планете. Осим мале планете 1564 Србија, он је добио право да да име малим планетама 1517 Београд, 1550 Тито, 1554 Југославија, 1605 Миланковић, 1675 Симонида, 1724 Владимир (по унуку М. Протића Владимиру Бенишеку), 2244 Тесла и 2348 Мишковић. Ђурковић је открио пет малих планета у периоду од 1936. до 1941. године а име је дао малој планети 1700 Звездара. Године 1980, Зоран Кнежевић (који на Астрономској опсерваторији ради од 1974. године) открива на фотоплочама које су по његовом упутству снимљене на опсерваторији Писцкестет у Мађарској, четири мале планете од којих једна добија име 3276 Паолицци, по његовом сараднику из Италије. Године 1991. у знак почаст, једној малој планети је додељено име 3900 Кнежевић, према овом астроному. За српски народ је везана и мала планета 1555 Дејан названа по сину П. Ђурковића. На овим пословима од 1972. године на Опсерваторији почиње да ради Војислава Протић - Бенишек.

Године 1936., Мишковић покреће *Bulletin de l'Observatoire astronomique de Belgrade*, научни часопис који од броја 145 за 1992. годину излази под именом *Bulletin astronomique de Belgrade*, а од 157 за 1998. годину под именом *Serbian Astronomical Journal*. Уредници овог часописа били су В. В. Мишковић (за године 1936 - 1940, 1943 - 1948 и 1952 -1956), М. Б. Протић (за године 1941 - 1942, 1955 - 1960, као и 1971-1975), Б. Поповић (за годину 1950.), В. Оскањан (1964), П. М. Ђурковић (за године 1964 - 1970), М. Мијатов (Nos. 127 - 131, 1976 -1981), Д. Зулетић (Nos. 132 - 133, 1982 - 1983), Ђ. Телеки (134 -136, 1984 - 1986) и М. С. Димитријевић (137 -, 1987 - ).

Од јула 1941. године на Опсерваторији се налази немачка војска. Приликом борби за ослобођење Београда, нарочито су тешко оштећени централна зграда, зграда резервоара за воду и павиљон Великог рефрактора. После рата започиње обнова Опсерваторије. Мишковић остаје на дужности директора до марта 1946. када подноси оставку, која је прихваћена тек маја 1948. године.

Године 1945. Перо М. Ђурковић покреће и уређује стручни часопис *Астрономска и метеоролошка саопштења*, који Астрономска опсерваторија издаје од 1945. до 1950. године (7 бројева). Опсерваторија покреће 1947. године серију издања *Публикације Астрономске опсерваторије у Београду*. На месту главног и одговорног уредника били су В. Оскањан (No. 10), П. М. Ђурковић (Nos. 12-16), М.Б. Протић (Nos. 17-19, 21-22), Ђ. Телеки (Nos. 20, 26, 32, 34, 35), М. Мијатов (Nos. 24, 25, 27-31), Г.М. Поповић (No. 33), М.С. Димитријевић (Nos. 36-61 и даље).

Када је маја 1948. године прихваћена оставка Војислава Мишковића на положај директора, за директора Опсерваторије бива именован академик Милутин Миланковић (Дал., 28. V. 1879 - Београд, 12. XII. 1958), који је у историју науке ушао као човек који је објаснио појаву ледених доба, спорим променама у осунчавању Земље услед услед различитих утицаја услед којих се мења нагиб Земљине осе и карактеристике њеног кретања око Сунца. Миланковић је растумачио и историју климе на Земљи и другим планетама и творац је математичке теорије климе и теорије о померању Земљиних полова. Миланковић је у Београд дошао из Беча, на позив Београдског Универзитета, на коме је 1909. године био изабран за професора Небеске механике. Овај предмет је држао све до пензионисања 1955. године.

Управа Опсерваторије поверена је Савету Опсерваторије, на чијем челу је директор и председник савета М. Миланковић, а чланови су Антон Билимовић, В. Мишковић и Павле Савић (Поповић, 1951). Миланковић на овом положају остаје до 26. јуна 1951.

Године 1951. П. Ђурковић организује службу двојних звезда. У служби, доцније Групи, откривено је до данас преко двеста нових двојних и

вишеструких звезда, чему је највећи допринос дао Георгије Поповић, који је у групи од 1960. У раду групе су учествовали и љубомир Лачић и Вера Ерцег (од 1967), Данило Зулевић (од 1961), Драгомир Олевић (на Опсерваторију долази 1964. у групу за мале планете, комете и сателите а једно време ради као сарадник групе за двојне звезде), Слободан Нинковић (од 1986.), Раде Павловић (од 1994) и Весна Живков (од 1996).

Исте године Василије Оскањан организује службу променљивих звезда. На овом послу му се придружују Александар Кубичела и Јелисавета Арсенијевић, (која на Опсерваторији ради од 1956) циме започиње буран развој астрофизичких истраживања, која се касније усмеравају на физику звезда, Сунца и астрономску спектроскопију. У почетку развија се фотометрија еруптивних звезда, а после 1959. после повратка В. Оскањана са специјализације из Совјетског савеза почиње се са радом у области полариметрије еруптивних звезда. Формално, група за астрофизику је основана 1960. године. У групи је 1969. и 1970. године радио и Трајко Ангелов а 1985. - 1996. Владимир Кршљанин. У групу долазе 1972. Иштван Винце, 1980. Гојко Ђурашевић, 1983. Слободан Јанков, 1984. Милан Димитријевић, 1989 - 1996 Олга Атанацковић - Вукмановић (која на Опсерваторију долази 1982. у групу за апсолутне деклинације), 1992. Лука Поповић, 1993. Љилана Скуљан, 1994. Дарко Јевремовић, 1995. Силвана Николић, 1996. заснива стални радни однос Сања Еркапић, која је до тада била на пост-дипломским студијама уз повремени рад на одређено време у групи, 1997. Милан Ђирковић а 1998. Наташа Трајковић, Драгана Танкосић, Еди Бон и Десанка Шулић. Треба поменути успешну експедицију групе на Хвар, ради посматрања потпуног помрачења Сунца 15.И. 1961. Године 1966. групу напушта В. Оскањан а 1972-1973. А. Кубичела, чијој се инвентивности има захвалити за постојање свих савремених астрофизичких мерних инструмената на Астрономској опсерваторији, конструише Сунчев спектрограф на подлози дотадашњег малог рефрактора - екваторијала и започиње истраживања фотосферских кретања великих размера на Сунцу. А. Кубичела, Ј. Арсенијевић и И. Винце организују 1980. године експедицију која прати потпуно помрачење Сунца у Индији, са три истраживачка програма. Од 1969. године Ј. Арсенијевић почиње да изучава поларизацију зрачења хладних суперцинова. Од 1973. започиње се и са проучавањем дугорочних промена поларизације код звезда са емисионим линијама (Бе звезде), у циљу изучавања физичких карактеристика атмосфера и омотача таквих објеката. Од 1984. године започиње се са радом на спектроскопији астрофизичке плазме са посебним нагласком на утицају сударних процеса на облике линија у спектрима Сунца и звезда. Године 1987. започет је програм праћења изабраних спектралних линија Сунца уу току једног Сунчевог циклуса. Од 1985. Г. Ђурашевић започиње са радом на моделирању активних тесних двојних звезда. С. Јанков започиње и рад на методама реконструкције површинског сјаја на диску звезде на основу спектроскопских и фотометријских посматрања.

Од 26.VI. 1951. до 27.III. 1954. године директор Опсерваторије је поново В. Мишковић. После његовог одласка у пензију, на челу Опсерваторије је М. Протић у функцији заменика директора а од 21.XI.1956. до 21.XI.1960. године у функцији директора.

Године 1953. Под руководством Захарија Бркића служба времена бива укључена у Међународну службу времена. Научна истраживања започета у овом периоду крунисана су докторским дисертацијама З. Бркића (26.IX.1958) и Љ. Митића (20.VI.1959), првим послератним докторатима из астрономије. Служба времена од 1962. године сарађује са Међународном службом за кретање пола а од 1971. са Совјетском службом времена. После одласка у пензију Милутина Јовановића 1997. године, руководиолац Службе за време и одређивање географских координата постаје Горан Дамљановић, који на Астрономској опсерваторији ради од 1992. године. У овој служби данас раде Бора Јовановић (на Опсерваторији од 1982.) и Ђуро Божичковић (на Опсерваторији од 1977.).

Од краја 1957. године до краја 1959., изграђени су павиљони у које су постављена, после 34 године, три велика фундаментална астрометријска инструмента, што је учинило Опсерваторију једном од најпремљенијих у свету за истраживања у области фундаментаалне астрометрије. Поред овога, изграђени су још неколико помоћних објеката, стамбена зграда и пут, а круг Опсерваторије је проширен на садашњих око 10 ха. Укупна улагања чине око трећине вредности грађевинских радова из 1929/30. год. То доводи до оснивања три нове научне групе: Групе за релативне координате (Велики меридијански круг, Љ. Дачић), Групе за апсолутне ректасцензије (Велики пасажни инструмент, Љ. Митић) и Групе за апсолутне деклинације (Велики вертикални круг, Ђ. Телеки). Од тог времена, научни рад у области астрометрије, достигао је, под руководством Љ. Митића, Ђ. Телекија, Б. Шеварлића и С. Сацаков, светски ниво. На Меридијанском кругу, за последњих тридесет година је урађено седам посматрачких каталога положаја звезда, под руководством Софије Сацаков, а сви су били део међународних посматрачких програма. За оваква достигнућа године 1990. С. Сацаков и М. Дачић постају добитници Октобарске награде града Београда. Софија Сацаков која је на Опсерваторију дошла 1962. године, од 1972. је шеф групе за релативне координате. У ову групу 1962. године долази и Иван Паквор који касније прелази у групу за апсолутне координате. Године 1970. долази Миодраг Дачић а 1984. Зорица Станчић, удата Цветковић. Године 1989. под руководством С. Сацаков и Астрономске опсерваторије започињу координирана мултидисциплинарна истраживања промена средњих географских координата Београда на Астрономској опсерваторији и у више института из области геомагнетизма, геофизике и сеизмологије.

Групом за апсолутне деклинације небеских тела руководио је Ђ. Телеки од њеног оснивања 1960. до своје смрти 1987 године, са изузетком 1984.

године, када је на овој дужности била С. Сацаков. У групи су сарађивали и М. Мијатов, Б. Кубичела, Ђура Божичковић, Веселка Трајковска (на Опсерваторији од 1977.) и О. Атанацковић - Вукмановић.

Године 1970. по замисли Љ. Митића и залагањем И. Паквора, Велики пасажни инструмент је добио систем вакуумских мира, јединствен у свету, који је знатно повисио тачност апсолутних мерења на овом инструменту, на коме је урађен први апсолутни каталог ректасцензија Београдске опсерваторије, који је садржао 308 звезда. Каталог апсолутних деклинација ових 308 звезда урађен је на Вертикалном кругу.

После М. Протића на челу установе је Василије Оскањан, прво од 1960. као вршилац дужности а од 1964. до 1965. као директор. После њега од 9.VII.1965. до 1970. директор је Перо Ђурковић, када на овај положај, у периоду од 1971. до 1975. опет долази М. Протић. Од 1975. прво као вршилац дужности а од 13.VII.1977. до септембра 1981. на челу установе је Милан Мијатов (Београд, 3.VII.1933 - Београд, 19.XI.1996). На положају директора је од 1982. до 1989. Миодраг Митровић, од 1990. до 1993. Иштван Винце, а од 21. XI. 1994. Милан Димитријевић.

Године 1987. прослављена је стогодишњица оснивања Опсерваторије. Поводом овог јубилеја у Београду су одржане три међународне и једна југословенска научна конференција, и то Колоквијум 100 Међународне астрономске уније "Фундаментална астрометрија" (8-11.IX - Председник научног комитета Х. Еичорн из Гаинсвилле-а УСА), Међународни скуп о астрономској рефракцији посвећен успоми на Ђ. Телекија, председника радне групе за астрономску рефракцију Међународне астрономске уније (3-4.IX - Председник научног комитета В. Миловановић), Други међународни скуп о катастрофалним сударима малих тела Сунчевог система (8-11.IX - Председник научног комитета, В. Запала, Италија) и Други семинар "Астрофизика у Југославији" (8-10.IX - Председник научног комитета М. Димитријевић). Поводом прославе стогодишњице, у старој згради Опсерваторије у Карађорђевој парку, отворен је мали музеј у коме је једна соба посвећена развоју Астрономске опсерваторије.

Године 1994. долази до реорганизације унутрашње структуре Опсерваторије, тако да се формирају одсек за астрофизику, одсек за динамичку астрономију и одсек за астрометрију. У одсеку за астрометрију данас раде и Предраг Јовановић (на Опсерваторији од 1996.) и Наташа Поповић (на Опсерваторији од 1997.)

Године 1995. Опсерваторија учествује у организацији Међународне Руско - Југословенске конференције "Њукомб и фундаментална астрометрија" у Ст. Петербургу, I Мађарско - Југословенске конференције у Баји, I Румунско - Југословенског округлог стола о сарадњи у астрономији у



Темишвару и организује I Југословенску конференцију о облицима спектралних линија у Криваји.

Године 1996. Опсерваторија организује II Југословенско - Румунски округли сто о сарадњи у астрономији у Београду и астрофизичку секцију на XVIII Међународном симпозијуму о физици јонизованих гасова у Котору. Опсерваторија учествује у организовању I Белоруско - Југословенске конференције о физици и дијагностици лабораторијске и астрофизичке плазме у Минску. Сарадници излажу своје резултате на 13 међународних конференција и 6 националних, објављују 129 библиографских јединица, од којих су 16 у најреномиранијим међународним часописима, држе шест уводних предавања на међународним конференцијама и четири на националним. Објављена су два посматрачка каталога, један у *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* и други у *Bulletin Astronomique de Belgrade*. Такође је одбрањена и једна магистарска теза. Сарадници Астрономске опсерваторије били су присутни на 13 међународних конференција у иностранству (16 путовања, 8 људи) и 6 конференција у Југославији (49 путовања, 22 човека). Астрономска опсерваторија је у 1996. години штампала четири публикације монографског типа и два броја часописа *Bull. Astron. Belgrade*.

Године 1997. Опсерваторија у оквиру прославе 110 годишњице организује научну конференцију "Развој астрономије код Срба". Опсерваторија учествује у организовању III Румунско - Југословенског округлог стола о сарадњи у астрономији у Клужу, као и II Југословенске конференције о облицима спектралних линија у Белој Цркви. Сарадници излажу своје резултате на 13 међународних конференција (30 путовања, 10 људи) и четири националне (21 путовање, 16 људи) и објављују 152 библиографске јединице, од којих су 11 у најреномиранијим међународним часописима. Поред тога одржано је осам уводних предавања на националним конференцијама а објављен је и један посматрачки каталог у *Bulletin Astronomique de Belgrade*. Осим тога одбрањене су и две магистарске тезе. Астрономска опсерваторија публикује у 1997. години, као и 1996. године, четири публикације монографског типа и два броја часописа *Bull. Astron. Belgrade*.

Године 1998., Астрономска опсерваторија организује IV Југословенско - румунски астрономски скуп (Београд 5-8 мај 1998) и II Југословенско - Белоруски симпозијум о физици и дијагностици лабораторијске и астрофизичке плазме (Златибор 5-6 септембар 1998). Поред тога, Астрономска опсерваторија учествује у организацији I Бугарско - Српског астрономског семинара (Белоградик 6-8 август 1998) и секције Астрофизичка плазма на XIX Летњој школи и међународном симпозијуму о Физици јонизованих гасова (Златибор 31. август - 4. септембар 1998).

Од 1997, *Bulletin Astronomique de Belgrade*, односно данас *Serbian Astronomical Journal* је постављен на интернет преко Система за Астрофизичке податке

(АДС). Адреса билтена на интернету је:

<http://adswww.harvard.edu/BOBeo>.

На Астрономској опсерваторији на дан 1. октобра 1998. године било је 39 запослених од којих је 31 астроном. Ова установа са столетном традицијом и богатом историјом од великог је значаја за историју не само астрономије већ и метеорологије, сеизмологије и геомагнетских истраживања. Низ славних личности из историје наше науке, везаних за ову установу, допринели су да достигнућа српских астронома стекну углед у међународној научној јавности, а млади перспективу да се у нашој земљи могу бавити овом лепом и изазовном науком у окружењу које им омогућава да постигну резултате који се могу публиковати и у најпознатијим светским научним часописима.

### 3. Универзитетска настава астрономије у Србији после Другог светског рата

Осим Астрономске опсерваторије, у Београду се налази и Катедра за Астрономију Математичког факултета. Када се 1947. године од Филозофског факултета издвојио Природно - математички факултет, формирана је Катедра за Небеску механику и астрономију, али је убрзо променила име у Катедру за Механику и астрономију. Раздвајање ове Катедре на Катедру за Механику и Катедру за Астрономију почело је 1960. а завршило се 1962. године. Реорганизацијом Природно - математичког факултета 1971. године, Катедра за Астрономију постаје Институт за Астрономију. Године 1995. долази до поделе Природно - математичког факултета на више факултета. На Математичком факултету остала је Катедра за Астрономију, која је у новој организацији вратила старо име.

Године 1961. на Катедри су формиране две студијске групе - за астрономију и за астрoфизикy. Данас на Катедри за Астрономију раде десет астронома са пуним радним временом и два до једне трећине радног времена и предају шеснаест предмета. Имена сарадника Катедре са предметима које предају и њиховим електронским адресама, дати су у Додатку 2.

Јуна 1936. године Слободанка Димитријевић је постала први дипломирани астроном који је студије завршио на Београдском Универзитету. Пре Другог светског рата дипломирао је још само Лео Рандић, октобра 1938. године. У чланку Милоградов - Турин (1997) дат је списак од 155 студената који су дипломирали астрономију. Прву докторску тезу на Катедри за Астрономију, са насловом "Анализа систематских грешака пасажног инструмента и других систематских утицаја на одређивање времена", одбранио је 26. септембра 1958. године Захарије Бркић, а прву магистарску тезу

а главни и одговорни уредници су били Ђорђе Николић (1935), Др Војислав Ј. Грујић (1936 - 1939) и Ненад Ђ. Јанковић (1940). За време окупације, рад Друштва је био забрањен.

После рата 9. XII 1951. одржана је оснивачка скупштина Београдског астрономског клуба "Руђер Бошковић" (у саставу Удружења студената Природно - математичког факултета (ПМФ)) и за председника је изабран Др Радован Данић. С обзиром да је у Клубу већ 1952. године било 64 члана од којих су већина били ван ПМФ, Управни одбор Клуба, на седници од 23. III 1952. доноси одлуку да се Клуб пререгиструје у Астрономско друштво "Руђер Бошковић". Потписници документа упућеног Министарству унутрашњих послова НР Србије, који су истовремено и оснивачи обновљеног Друштва су: Др Радован Данић (хирург, пуковник ЈНА), Перо Ђурковић (научни сарадник Астрономске опсерваторије), Александар Кубичела (студент), Др Ђорђе Николић (начелник Астрономског одсека Географског института ЈНА), Миленко Николић (студент), Божидар Поповић (научни сарадник Астрономске опсерваторије), Јован Симовљевић (студент), Јосип Славенски (композитор), Ђорђе Телеки (студент) и Милорад Топалов (студент). Оснивачка скупштина Друштва одржана је 18. V 1952. а за председника је изабран Др Радован Данић (1952 - 1966). После њега председници Друштва су Бранислав Шеварлић (1966 - 1970), Перо Ђурковић (1970 - 1972), Ненад Јанковић (1972 - 1974), Божидар Поповић (1974 - 1979), Зоран Кнежевић (1979 - 1982) и Милан Димитријевић (1982 - ).

Године 1953. Друштво заједно са Ваздухопловним савезом Југославије, почиње са издавањем часописа за астрономију и астронаутику (данас часопис за астрономију) *Васиона*. Главни и одговорни уредници овог часописа су Ненад Ђ. Јанковић (1953 - 1972), Перо Ђурковић (1973 - 1974), Јелена Милоградов - Турин (1975 - 1982), Бранислав Шеварлић (1983 - 1984) и Милан С. Димитријевић (1985 - ).

Залагањем Пера Ђурковића и Радована Данића, Друштво добија просторије у Леспотовој кули на Калимегдану, где је 20. XII 1964. свечано отворена Народна опсерваторија, која са редовним радом почиње јуна 1965. Управници Народне опсерваторије су Перо Ђурковић (1. VI 1965 - 1. XII 1965), Радован Данић (1. XII 1965 - 6. III 1977), Александар Томић (6. III 1977 - 31. I 1991), Лука Ч. Поповић (1. IV 1991 - 31. V 1995), Јелена Милоградов - Турин (1. VI 1995 - ). Друштво успева да набави планетаријум Пајсове производње, који је смештен у старом купатилу - Амаму у Доњем Граду. Планетаријум је почео да ради 1969. а отворен је званично 27. II 1970.

Друштво је имало подружнице у Новом Саду (касније прерасла у Астрономско друштво "Нови Сад"), Крагујевцу, Сомбору, Сремској Митро-

”Понашање секундарних либела у пољу хоризонталних градијената температуре”, 12. октобра 1968. године Софија Саџаков. У чланку Милоградов - Турин (1997) дат је списак од 22 одбрањене докторске тезе и 34 магистарске.

Осим у Београду, астрономија се предаје и на Универзитетима у Новом Саду, Нишу и Крагујевцу. На Природно - математичком факултету Универзитета у Новом Саду од 1986. године постоји у VIII семестру предмет ”Астрофизика и Астрономија” са два часа предавања и два часа вежби недељно. Предмет је обавезан за студенте који хоће да предају физику у средњој школи а опциони за студенте Примењене физике.

На Филозофском факултету Универзитета у Нишу, на студијској групи Физика, на смеру Општа физика, од школске 1990/91 до 1993/94, предаван је у VII и VIII семестру предмет ”Основи астрофизике” са два часа недељно. После тога предмет две године није био у наставном плану да би од 1996/97 поново почео да се предаје само у VII семестру са два часа недељно. Осим тога, на студијској групи за хемију постоји катедра за гео и космохемију, која се бави и проучавањем метеора и метеорита.

На Природно - математичком факултету Универзитета у Крагујевцу, школске 1998/99 године уведен је предмет ”Астрофизика са Астрономијом” у VI семестру Наставног смера групе за Физику, са два часа предавања и два часа вежби недељно.

#### 4. Аматерска астрономска друштва

Осим професионалне астрономије у Србији је развијена и аматерска астрономија. Највећа и најстарија организација астронома аматера је Астрономско друштво ”Руђер Бошковић” из Београда (Калемегдан, Горњи град 16, 11000 Београд), које је током 65 година постојања ширило астрономска знања у нашој земљи.

На иницијативу Ђорђа М. Николића, Павла Емануела и Франа Симиновића, године 1934. основано је Универзитетско астрономско друштво, прво таквог карактера на Балкану. Потписници Правила друштва, која је одобрио Универзитетски сенат 22.XII 1933. су осим поменутих и Винка Баљић, Олга Бранкован, Радмила Комарчевић, Слободанка Димитријевић, и Вера Грбовић. Оснивачка скупштина одржана је 22.IV 1934. од. Први председник друштва био је Ђорђе Николић (1934-1936), а други Војин Ђуричић (1936 - 1941), управник Државне хипотекарне банке.

У предратном периоду, највећи подухват Друштва био је покретање часописа *Сатурн* 1935. године. До краја 1940. часопис излази 12 пута годишње

вици, Ваљеву, Старој Пазови, Белој Цркви, Нишу, Суботици, Зрењанину, Бечеју, Новом Бечеју... које су се временом угасиле.

Најуспешнија подружница Астрономског друштва "Руђер Бошковић" била је у Новом Саду. Она је основана 1954. године при Вишој педагошкој школи, под руководством Живојина Ђулума. Укидањем Више педагошке школе 1962. године и подружница престаје са радом. Оснивачка скупштина Астрономског друштва "Нови Сад" - АДНОС (Јарослав Францисти, Астрономска опсерваторија, Петроварадинска тврђава, 21000 Нови Сад) одржана је 4. марта 1974. године. Године 1976. купљени су телескопи 20Т Observatory 108/1600mm; 10К 80/1200mm и 14Т 60/900mm, америчке фирме Tasco, а 1991. набављени су и телескопи рефлекторског типа Meade 200/1500mm и 102/1000mm. Године 1989. завршена је адаптација Астрономске опсерваторије на Петроварадинској тврђави, а 1996. године добијен је и простор за планетаријум, чија је адаптација у току. Председник Друштва у периду 1974 - 1980. године био је Живојин Ђулум, у периоду 1980 - 1984. Божидар Јовановић, а од 1984. године до данас, председник је Ђура Паунић.

У Петници код Ваљева, организација Младих истраживача Србије гради Дом младих истраживача. Ова установа, у почетку рекреативног карактера, постаје Истраживачка станица Петница (Петница, 14000 Ваљево). Први програми се изводе 1982. године, а први семинар из астрономије 1983, као припрема за одлазак на Ргајску планину где су вршена астроклиматска снимања. Године 1988. Петница добија Целестронов телескоп Шмит - Касегреновог типа, пречника објектива 20 цм. Касније, набављени су и Целестронов рефрактор од 102 мм и рефлектор од 33 цм, који је изградио Аљоша Јовановић. Руководиоци семинара астрономије били су Дарко Јевремовић и Силвана Николић, а данас је на тој дужности Самир Салим. У Ваљеву, у оквиру Друштва истраживача "Владимир Мандић - Манда" основаног 16. фебруара 1969. године, делује и Астрономска група основана 1972. године (Никола Божић, Бирчанинова 68, П. фах 118, 14000 Ваљево).

У Крагујевцу, на крову Института за Физику Природно - математичког факултета, налази се Белерофонт опсерваторија (Вукота Бабовић, Институт за Физику ПМФ, Сестре Јањић 4, Крагујевац), отворена 20. фебруара 1986. године. Има телескоп Meniskus Cassegrain Spigel 150/2250mm.

У Нишу је крајем шездесетих и почетком седамдесетих година деловала подружница Астрономског друштва "Руђер Бошковић", а на Филозофском факултету је у периоду 1976 - 1980. године постојало "Астро-геофизичко друштво". Године 1996. основано је Астрономско друштво "Алфа" (Драган Ж. Гајић, Филозофски факултет, Студијска група за Физику, П. Фах 91, 18001 Ниш). Први претседник Друштва је Зоран Секулић а од марта 1997. године председник је Драган Ж. Гајић.

Године 1996. и Зрењанин је добио организацију астронома аматера, Астрономско друштво "Милутин Миланковић (Крсте Наумовски, Миша Брадић, Зрењанинска гимназија, Гимназијска 2, 23000 Зрењанин). Аматерска астрономска друштва дала су велики допринос ширењу астрономских знања и нових научних достигнућа у астрономији, у нашој средини и стварању повољније климе у друштву за развој астрономије у Србији.

### Референце

- \*\*\*: 1989, Sto godina Astronomске opservatorije u Beogradu, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 36.
- Babović Vukota: 1997, Multidisciplinarnost u razvoju Belerofonta, u Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 95.
- Dimitrijević Milan S.: 1996, Beogradska Astronomска opservatorija u 1995, *Belgrade Astronomical observatory in 1995*, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 52.
- Dimitrijević Milan S.: 1997, 110 godina Astronomске opservatorije, u: Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 9.
- Dimitrijević Milan S.: 1997, Beogradska Astronomска opservatorija u 1996, *Belgrade Astronomical observatory in 1996*, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 55.
- Dimitrijević Milan S.: 1998, Beogradska Astronomска opservatorija u 1997, *Belgrade Astronomical observatory in 1997*, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 59.
- Djokić Milorad: 1989, Arhivска gradja o Opservatoriji Velike škole i Univerziteta u Beogradu u vremenu od 1887. do 1924. godine, u: Sto godina Astronomске opservatorije u Beogradu, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 36, 177.
- Djurković Pero: 1968, Sedamdeset pet godina rada Astronomске opservatorije u Beogradu, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 12, 15.
- Djurković P.: 1969, Rapport sur l'activité de l'Observatoire Astronomique de Belgrade de 1966 à 1969, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XXII*, No 2, 143.
- Djurković P.: 1970, Rapport sur l'activité de l'Observatoire Astronomique de Belgrade en 1970, *Bull. Obs. Astron. Belgrade* 124, 195.
- Francisti Jaroslav: 1997, Astronomско друштво "Novi sad" - ADNOS, u Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 91.
- Gajić Dragan Ž.: 1997, Astronomija i astrofizika na Univerzitetu u Nišu, u: Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 109.
- Janković, Nenad Dj.: 1984, Zapisi i sećanja na Astronomско друштво, *Publ. Astron. Društva "Rudjer Bošković"*, No. 3.
- Janković Dj. Nenad: 1986, Pregled istorije astronomije u Jugoslovenskim zemljama, u: Istorija astronomске nauke od Njutnovog doba do naših dana (B.M. Ševarlić), Univerzitet u Beogradu, Beograd, 143.
- Janković Dj. Nenad: 1989, Milan Nedeljković, profesor Velike škole i osnivač njene Opservatorije, u: Sto godina Astronomске opservatorije u Beogradu, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 36, 107.
- Jeličić, Milan: 1984, Pedest godina Astronomskog društva "Rudjer Bošković", *Vasiona*, XXXII, No 1, 1.



- Jeličić Milan: 1987, Provizorna Astronomska i meteorološka opservatorija u Beogradu, *Vasiona*, XXXV, No 3-4, 78.
- Michkovitch V.V.: 1930, Rapport annuel sur l'état et les travaux de l'Observatoire Astronomique de Belgrade pour l'année 1929, *Annuaire pour l'an 1930*, 125.
- Michkovitch V.V.: 1931, Rapport annuel sur l'état et les travaux de l'Observatoire Astronomique de Belgrade pour l'année 1930, *Annuaire pour l'an 1931*, 133.
- Michkovitch V.V.: 1932, Rapport annuel pour l'année 1931 sur l'état et les travaux de l'Observatoire Astronomique de l'Université de Belgrade, *Mémoires I*, 38.
- Michkovitch V.V.: 1941, Services et travaux d'observations en 1939 á l'Observatoire Astronomique de l'Université de Belgrade, *Bull. Obs. Astron. Belgrade V*, No 1-2, 1.
- Michkovitch V.V.: 1950, Services et travaux d'observations en 1940 á l'Observatoire Astronomique de l'Université de Belgrade, *Bull. Obs. Astron. Belgrade VI*, No 1-2, 1.
- Michkovitch V.V.: 1952, Rapport annuel présenté à l'Academie des sciences Serbe, sur l'état et l'activité de l'Observatoire en 1951, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XVI*, No 1-4, 1.
- Milogradov - Turin J.: 1996, Astronomy education in FR Yugoslavia 1993 - 1996, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 54, 165.
- Milogradov - Turin J.: 1997, Jedan prilog istoriji Katedre za astronomiju Univerziteta u Beogradu, u *Razvoj astronomije kod Srba*, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 65.
- Milogradov - Turin J.: 1998, Chair of Astronomy of the University of Belgrade, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 60, 193.
- Naumovski Krste, Bradić Miša: 1997, Astronomsko društvo u Zrenjaninu, u: *Razvoj astronomije kod Srba*, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 115.
- Nedeljković Milan: 1904, Izveštaj Opservatorije Velike škole i njenih meteoroloških stacija, 1899-1903, Državna štamparija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1905, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1904, Državna štamparija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1907, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1905-1906, Štamparija Davidović, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1908, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1907, Državna štamparija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1909, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1908-1909, Državna štamparija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1910, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1910, Državna štamparija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1914, Izveštaj Opservatorije i Meteoroloških stacija, 1911-1912, Merkur, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1923, Izveštaj Opservatorije, za 1919-1920, 1922 i 1923, Beogradska opservatorija, Beograd.
- Nedeljković Milan: 1925, Izveštaj Opservatorije, za 1924, Beogradska opservatorija, Beograd.
- Popović B.: 1950, Services et travaux d'observations en 1949 á l'Observatoire astronomique de l'Université de Belgrade, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XIV- 1949*, VII.
- Popović B.: 1951, Rapport annuel sur l'état et l'activité de l'Observatoire astronomique de Belgrade en 1950, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XV - 1950*, VII.
- Popović, L. Č.: 1997, Razvoj i aktivnosti Astronomskog društva "Rudjer Bošković", u *Razvoj astronomije kod Srba*, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 77.
- Protić, M.: 1975, Izveštaj o radu Astronomске opservatorije u Beogradu tokom 1973. godine, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, 20, 231.

- Protić-Benišek Vojislava: 1987, Jedan vek Astronomske opservatorije u Beogradu, *Vasiona XXXV*, No 3-4, 64.
- Protitch M.: 1950, Services et travaux d'observations en 1941 á l'Observatoire astronomique de l'Université de Belgrade, *Bull. Obs. Astron. Belgrade VII - 1942*, 1.
- Protitch M.: 1956, Rapport annuel sur l'état et les travaux de l'Observatoire en 1955, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XX*, No 3-4, 16.
- Protitch M.: 1960, Rapport annuel sur l'état et les travaux de l'Observatoire en 1959, *Bull. Obs. Astron. Belgrade XXIV*, No 3-4, 42.
- Salim Samir: 1997, Astronomija u Istraživačkoj stanici Petnica, u: Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 101.
- Sekulić Miodrag: 1997, Astronomsko društvo "Alfa" - Niš, u: Razvoj astronomije kod Srba, eds. M. S. Dimitrijević, J. Milogradov-Turin, L.Č. Popović, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, 56, 111.
- Simovljević Jovan: 1987, Astronomija, Četrdeset godina Prirodno - Matematičkog fakulteta u Beogradu, Beograd, 166.
- Stanojević M. Djordje: 1905b, Beogradska opservatorija i njen izveštaj za 1899 - 1903. god., str. 32, Beograd.

**ДОДАТАК 1**  
**САРАДНИЦИ И ОРГАНИЗАЦИЈА**  
**БЕОГРАДСКЕ АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ**  
**1 ОКТОБРА 1998. ГОДИНЕ**

Др Милан С. Димитријевић (Директор)

НАУЧНИ СЕКТОР

НАУЧНА ЈЕДИНИЦА ЗА АСТРОФИЗИКУ

Др Иштван Винце (ivince@aob.aob.bg.ac.yu), (Шеф научне јединице)

Др Милан С. Димитријевић (mdimitrijevic@aob.aob.bg.ac.yu)

Др Гојко Ђурасевић (gdjurasevic@aob.aob.bg.ac.yu)

Др Слободан Јанков (sjankov@aob.aob.bg.ac.yu)

Др Лука Ч. Поповић (lpopovic@aob.aob.bg.ac.yu)

Др Десанка Шулић (dsulic@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Милан Ћирковић (mcirkovic@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Сања Еркапић (serkapic@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Дарко Јевремовић (darko@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Силвана Николић (silvana@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Љиљана Скуљан (ljskuljan@aob.aob.bg.ac.yu)

М.Сц. Драгана Танкосић (dtankosic@aob.aob.bg.ac.yu)

Еди Бон (ebon@aob.aob.bg.ac.yu)

Снежана Марковић-Кршљанин (smarkovic@aob.aob.bg.ac.yu)

Наташа Трајковић, (ntrajkovic@aob.aob.bg.ac.yu)

НАУЧНА ЈЕДИНИЦА ЗА ДИНАМИЧКУ АСТРОНОМИЈУ

Др Георгије Поповић (gropovic@aob.aob.bg.ac.yu) (Шеф научне јединице)  
Др Зоран Кнежевић (zoran@aob.aob.bg.ac.yu)  
Др Слободан Нинковић (sninkovic@aob.aob.bg.ac.yu)  
М.Сс.. Драгомир Олевић (dolevic@aob.aob.bg.ac.yu)  
М.Сс.. Раде Павловић (rpavlovic@aob.aob.bg.ac.yu)  
М.Сс.. Војислава Протић - Бенишек (vprotic@aob.aob.bg.ac.yu)  
Веселка Трајковска (vtrajkovska@aob.aob.bg.ac.yu)  
Весна Живков (vzivkov@aob.aob.bg.ac.yu)

НАУЧНА ЈЕДИНИЦА ЗА АСТРОМЕТРИЈУ

М.Сс.. Иван Паквор (ipakov@aob.aob.bg.ac.yu) (Шеф научне јединице)  
М.Сс.. Зорица Цветковић (zcvetkovic@aob.aob.bg.ac.yu)  
М.Сс. Миодраг Дачић (mdacic@aob.aob.bg.ac.yu)  
Наташа Поповић (nropovic@aob.aob.bg.ac.yu)  
Предраг Јовановић (pjovanovic@aob.aob.bg.ac.yu)

БИБЛИОТЕКА

Весна Мијатовић (vesna@aob.aob.bg.ac.yu) (библиотекар)

СЕКТОР СТРУЧНИХ СЛУЖБИ

СЛУЖБА ЗА ОДРЖАВАЊЕ ВРЕМЕНА И ОДРЕЂИВАЊЕ  
ГЕОГРАФСКИХ КООРДИНАТА

М.Сс Горан Дамљановић (gdamljanovic@aob.aob.bg.ac.yu) (Шеф службе)  
М.Сс Бора Јовановић (bjovanovic@aob.aob.bg.ac.yu)  
Ђуро Божичковић (djbozickovic@aob.aob.bg.ac.yu)

СЕКТОР ОПШТИХ И КАДРОВСКИХ ПОСЛОВА

Сретен Степановић (Секретар Опсерваторије - Шеф сектора)  
Гордана Гајић (технички секретар)  
Стајка Новаковић (телепхонист)  
Јелена Пешић (одржавање)  
Славица Павић (Шеф рачуноводства)  
Гордана Дакић (књиговођа – контиста)  
Владимир Савковић (електротехничар)

ДОДАТАК 2  
САРАДНИЦИ КАТЕДРЕ ЗА АСТРОНОМИЈУ  
МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Др Мике Кузманоски, редовни професор, mike@matf.bg.ac.yu (Шеф Катедре)

(Положајна астрономија, Теоријска астрономија, Небеска механика и теорија кретања вештачких Земљиних сателита)

Др Трајко Ангелов, редовни професор, trajko@matf.bg.ac.yu

(Структура и еволуција звезда, Звездана астрономија, Основе астрофизике (за студенте физике))

Др Олга Атанацковић-Вукмановић, ванредни професор, olga@matf.bg.ac.yu

(Општа астрофизика, Теоријска астрофизика, предавања и вежбе)

Др Златко Ђатовић, ванредни професор, zlatko@matf.bg.ac.yu

(на плаћеном одсуству)

Др Драгутин Ђуровић, редовни професор, dragutin@matf.bg.ac.yu

(Обрада астрономских података, предавања и вежбе)

Анђелка Ковачевић, асистент приправник, angela@alas.matf.bg.ac.yu

(вежбе из: Опште астрономије, Теоријске астрономије, Звезданих система, Ефемеридске астрономије, Практичне астрономије)

Др Јелена Милоград-Турин, ванредни професор, jelenam@matf.bg.ac.yu

(Радио-астрономија, Историја и методика астрономије)

Др Надежда Пејовић, ванредни професор, nada@matf.bg.ac.yu

(Општа астрономија, Звездани системи)

Јелена Петровић, асистент приправник

(вежбе из: Опште астрофизике, Историје и методике астрономије)

Др Стево Шеган, ванредни професор, sseган@matf.bg.ac.yu

(Ефемеридска астрономија, Практична астрономија)

М.Sc Дејан Урошевић, асистент, dejanu@matf.bg.ac.yu

(вежбе из: Радио-астрономије, Структуре и еволуције звезда, Звездане астрономије, Основа астрофизике (за студенте физике))

Др Иштван Винце, ванредни професор, ivince@aob.aob.bg.ac.yu

(Практична астрофизика, предавања и вежбе)

## АСТРОФИЗИЧКИ ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА СПЕКТРАЛНИХ ЛИНИЈА И ОДГОВАРАЈУЋА ИСТРАЖИВАЊА У ЈУГОСЛАВИЈИ

МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЋ

*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11160 Београд-74, Југославија*  
*E-mail: mdimitrijevic@aob.aob.bg.ac.yu*

### 1. Астрофизички значај истраживања спектралних линија

Једну од важних метода, помоћу које можемо да анализом зрачења звезда сазнамо њихове тајне, пружа нам спектроскопија. Изненађујуће је колико података о звездама и другим небеским објектима можемо добити анализом облика спектралних линија. На тај начин можемо да одредимо температуру на површини звезде, њену гравитацију, да измеримо концентрацију електрона у њеној атмосфери, одредимо заступљеност појединих хемијских елемената... Често се присуство невидљивог пратиоца манифестује у Доплеровом помаку спектралних линија, па постоји читава класа звезда које се називају спектроскопски двојне.

Тешко је генерално издвојити астрофизички значајне спектралне линије, с обзиром да хемијски састав неке звезде није а priori познат и постоје многе интересантне групе звезда чији је хемијски састав различит од Сунчевог. Према томе, спектроскопија звезда зависи од података о великом броју спектралних линија различитих елемената, њихових атомских параметара и параметара ширења (ширине линије и њеног помака).

Интерес за велики број података о ширењу линија различитих емитера, нарочито је порастао развојем космичке астрономије, што је омогућило прикупљање великог броја спектроскопских података у широком спектралном опсегу, од различитих небеских објеката, посебно стимулишући истраживање облика спектралних линија. За спектакуларни пораст наших знања о звезданим спектрима, нарочиту заслугу има Сателитски Хаблов телескоп, телескоп од 2,4 m, лансиран 1990. Захваљујући спектроскопским посматрањима из космоса помоћу овог телескопа, расте интерес за подацима који се не односе само на елементе са великом заступљеношћу него и на оне који су присутни само у траговима.

Ширење услед интеракције између емитера/апсорбера и наелектрисаних честица (Штарково ширење), чије је истраживање посебно развијено у Југославији, доминантно је у неколико случајева од астрофизичког интереса. За  $T_{eff} > 10^4\text{K}$ , водоник, главни конституент звездане атмосфере, углавном је јонизован па је међу механизмима ширења притиском доминантан Штарков ефекат. То је случај са белим патуљцима и топлим звездама О, В и А0 типа. Чак и код атмосфера хладнијих звезда као што је Сунце Штарково ширење може бити значајно. На пример, утицај Штарковог ширења у спектралној серији расте са порастом главног квантног броја горњег нивоа па шодно томе његов допринос може бити значајан и у Сунчевом спектру.

На пример чланови са великим главним квантним бројем у Балмеровој серији могу бити искоришћени као веома погодно средство за дијагностику приликом проучавања Сунчеве атмосфере. Фелдман и Дошек су 1977. године (Feldman i Doschek, 1977) искористили профиле линија Балмерове серије са главним квантним бројем  $n$  између 16 и 32 (на које снажно утиче Штарков ефекат) да би одредили концентрацију електрона и температуру у једној активној области на Сунцу.

Поуздани подаци о Штарковом ширењу спектралних линија потребни су такође за одређивање хемијске заступљености елемената, на основу еквивалентних ширина апсорпционих линија и за проучавање преноса зрачења кроз звездану плазму и то нарочито у субфотосферским слојевима, а осим тога потребни су и за прорачун непрозрачности плазме. У таквом случају потребно је нарочито много података о спектралним линијама. Као добра илустрација може да послужи чланак о прорачуну непрозрачности код класичних модела цефеида, који је 1990. објавио Иглезиас са сарадницима (Iglesias и други, 1990), где је узето у обзир 11,996.532 спектралних линија (45 линија Н, 45 He, 638 С, 54 N, 2390 О, 16030 Ne, 50170 Na, 105700 Mg, 145200 Al, 133700 Si, 12560 Ar i 11,530.000 Fe), при чему је узето у обзир и њихово Штарково ширење.

Али оваква истраживања нису важна само за астрономију. То је мултидисциплинарна област, чији се резултати примењују, на пример, при производњи и конструисању извора светлости. Наиме, важно је знати да ли у области таласних дужина које одговарају максимуму емисије светлећег тела, настају значајне апсорпционе спектралне линије. То код извора светлости заснованих на различитим пражњењима и луковима где се ствара плазма, повећава апсорпцију зрачења у њој и чини наш извор неефикасним. Осим тога, знање о облику спектралних линија корисно је и за истраживање ласера и ласерски произведене плазме. На пример, апсорпција ласерског зрачења, која има строго одређену таласну дужину, загрева плазму пробоја ваздуха испред мете. Она апсорбовану енергију зрачи као топлоту, прерасподељујући је по таласним дужинама. Погодним моделирањем процеса,

уз познавање облика спектралних линија, може се утицати на ефикасност индустријских ласера који служе за обраду и резање метала и других материјала. Резултати ових истраживања налазе широку примену и у дијагностици плазме, код истраживања везаних за термонуклеарну фузију и у другим областима.

Да би се добили одговарајући атомски подаци за прорачун непрозрачности звезданих омотача, године 1984. формиран је међународни "Opacity project" (пројекат Непрозрачност, Seaton, 1997), чији је циљ био да пружи основне податке о енергетским нивоима и јачинама осцилатора за око милион електронских везано - везаних прелаза у атомима и јонима, као и изванредан број података о пресецима за фотојонизацију и о параметрима Штарковог ширења спектралних линија. његов резултат је база података (TOP Database, Butler и други, 1993; Cunto и други, 1993), која садржи углавном податке о јачинама осцилатора и енергетским нивоима. После завршетка овог пројекта, формиран је "Iron project" (пројекат Гвожђе, Hummer и други, 1993), да би се добили и подаци о пресецима за ударну екситацију електрона, за атоме и дуж изоелектронских низова.

Да би потребне податке за истраживање и моделирање звездане плазме допунили и подацима о параметрима Штарковог ширења спектралних линија, Димитријевић и Сахал Брешо (Sahal-Bréchet) су у низу чланака дали резултате обимних прорачуна параметара Штарковог ширења (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку) у оквиру семикласичног прилаза (Sahal-Bréchet, 1969аб; Димитријевић и други, 1991), за велики број емитера. До сада су објављени резултати прорачуна параметара Штарковог ширења за 79 He I, 62 Na, 51 K, 61 Li, 25 Al, 24 Rb, 3 Pd, 19 Be, 270 Mg, 31 Se, 33 Sr, 14 Ba, 28 Ca II, 30 Be II, 29 Li II (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 66 Mg II (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку, као и Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998а), 64 Ba II, 19 Si II, 3 Fe II, 2 Ni II, 12 B III, 27 Be III, 23 Al III, 10 Sc III (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 32 Y III (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1997а, 1998б), 20 In III, 2 Tl III, 2 Pb IV (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998ц, 1999а), 10 Ti IV, 39 Si IV, 90 C IV, 5 O IV, 114 P IV, 19 O V, 30 N V, 25 C V, 51 P V (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 26 V V (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998д), 34 S V (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1997д, 1998е), 30 O VI, 2 F VI (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1999б), 21 S VI (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 10 Cl VII (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1999б), 14 O VII (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998фг), 10 F VII, 20 Ne VIII (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 4 K VIII, 30 K IX (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998х), 8 Na IX (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 4 Ca IX, 48 Ca X (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1997ц, 1998и), 57 Na X (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998јк), 4 Sc X, 10 Sc XI (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998лм), 4 Si XI (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1997д, 1998н), 18 Mg XI (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998гх), 7 Al XI (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 4 Ti XI, 27 Ti XII (Димитријевић

и Sahal-Bréchet, 1998лм), 9 Si XII (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), 61 Si XIII (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1997д, 1998н), и 33 V XIII (Димитријевић и Sahal-Bréchet, 1998д) мултиплета.

Подаци за појединачне линије F I, Ga II, Ga III, Cl I, Br I, I I, Cu I, Ag II, Hg II, N III, F V, S IV (види Димитријевић, 1997а и референце у чланку), B II, C III i N IV (Благојевић и други, 1998) су такође објављени.

Да би се што је могуће боље употпунили подаци о Штарковом ширењу, Београдска група (Димитријевић, Поповић, Кршљанин, Танкосић, Бон) је користила Модификовани семиемпиријски прилаз (Димитријевић и Коњевић, 1980; види такође Димитријевић, 1996, 1997а и референце у оба чланка) за емитере код којих атомски подаци нису довољно комплетни да би се могао извести поуздани семикласични прорачун. Ширине и у неким случајевима помаци најинтензивнијих спектралних линија следећих емитера су израчунати: Ag II, Fe II, Pt II, Bi II, Zn II, Cd II, As II, Br II, Sb II, I II, Xe II, (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку), Mn II (Поповић и Димитријевић, 1997а, 1998а), La II (Поповић и Димитријевић, 1997б), Au II (Поповић и други, 1998), Eu II (Поповић и Димитријевић, 1998б), V II (Поповић и Димитријевић, 1998ц, 1999), Ti II (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку, као и Танкосић и други, 1998а), Kг II (Поповић и Димитријевић, 1998д), Na II (Поповић и Димитријевић, 1997д), Y II, Zr II, Sc II (Поповић и Димитријевић, 1996, 1997д), Be III, В III, S III, C III, N III, O III, F III, Ne III, Na III, Al III, Si III, P III, S III, Cl III, Ar III (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку), Mn III, Ga III, Ge III (Поповић и Димитријевић, 1997а, 1998а), As III, Se III (Поповић и Димитријевић, 1996а), Zn III (Поповић и Димитријевић, 1996б), Mg III (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку, као и Поповић и Димитријевић, 1996ц), La III (Поповић и Димитријевић, 1997б), V III (Поповић и Димитријевић, 1998ц, 1999), Ti III (Танкосић и други, 1998б), Bi III (Поповић и Димитријевић, 1998е), Sr III (Поповић и Димитријевић, 1998ф), Cu III (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку, као и Поповић и Димитријевић, 1997е), В IV, Cu IV, Ge IV, C IV, N IV, O IV, Ne IV, Mg IV, Si IV, P IV, S IV, Cl IV, Ar IV (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку), V IV (Поповић и Димитријевић, 1998ц, 1999), Ge IV (Поповић и Димитријевић, 1997а, 1998а), C V, O V, F V, Ne V, Al V, Si V, N VI, F VI, Ne VI, Si VI, P VI, i Cl VI (види Димитријевић, 1996 и референце у чланку).

## 2. Истраживања облика спектралних линија у Југославији

Први рад о профилима спектралних линија у старој Југославији објавио је 1962 године В. Вујновић (Вујновић и други, 1962) из Загреба а у Србији 1964 године М. Д. Маринковић (Мазинг и други, 1964) из Београда. До марта 1997 године објављено је 1129 (926 од стране српских аутора) библиографских јединица од укупно 146 (119 из Србије, 26 из Хрватске



и 1 македонац који живи у Паризу) југословенских аутора (Димитријевић 1990, 1991, 1994, 1997б), од чега велики део у најпознатијим светским часописима као што су *Astronomy and Astrophysics*, *Physical Review*, *Astrophysical Journal*, *Journal of Physics*, *Zeitschrift für Physik*, *Physics Letters*, итд. Последњих година старе Југославије у просеку се објављивало 60-так радова годишње, а у новој објављено је само 1996. године 84 рада, што сведочи о замаху ове области код нас.

Овако интензиван развој области и стварање праве југословенске школе, можда је највише последица чињенице да су неколицина сјајних истраживача из неколико југословенских градова и то Н. Коњевић и Ј. Лабат из Београда, М. Павлов из Новог сада и В. Вујновић из Загреба, радили на својим докторским дисертацијама у истом граду, у Ливерпулу, из сличних области и у исто време у лабораторијама професора Крегса и његових сарадника. У току дужег времена су били заједно и када су се вратили у Југославији се брзо створило неколико центара у којима су на овој проблематици радили људи који су се међусобно познавали и дружили што је овој области брзо донело критичну масу, која је омогућавала инспиративну научну дискусију и плодотворну размену идеја. Они су били попут центара кристализације који су окупљали младе и способне људе уводећи их брзо у актуелне проблеме светске науке. Први експериментални уређај за истраживање профила линија плазме, почели су у Београду да праве Јарослав Лабат и Љубомир Ћирковић. Њима се придружио тадашњи магистрант а садашњи ректор Београдског Универзитета Јагош Пурић, а по повратку из Ливерпула и Никола Коњевић. Данас се у Београду на овим истраживањима ради у три институције. На Физичком факултету, где су Јарослав Лабат, Јагош Пурић, Никола Коњевић, Михајло Платиша, Стеван Ђениже и њихови бројни сарадници, у Институту за физику у Земуну, где се експериментални рад одвија под руководством Николе Коњевића и, на Астрономској опсерваторији, где осим аутора раде на оваквим истраживањима и Иштван Винце, Лука Ч. Поповић, Слободан Јанков, Сања Еркапић, Милан Ћирковић, Драгана Танкосић, Наташа Трајковић, Дарко Јевремовић и Еди Бон.

У Београду су развијени сопствени теоријски прилази овом проблему, као што је Модификована семиемпиријска формула, који се користе и цитирају у међународној научној јавности. Радови Београдске школе посвећени истраживању Штарковог ширења спектралних линија вишеструко наелектрисаних јона су пионирски и она је још увек међу првима у свету у овој области. До данас је истраживан читав низ проблема као што су, на пример, помаци спектралних линија на Сунцу, спектри топлих DA белих патуљака, утицај сударних процеса на спектралне линије и континуум астрофизичке и лабораторијске плазме, систематски трендови код параметара ширења, спектралне линије у зрачењу језгара активних галаксија, итд. На Астрономској опсерваторији у току је реализација Београдског програма за праћење спектралних линија Сунца као звезде у току једанаестогодишњег циклуса његове активности.

На овој проблематици остварена је интензивна и плодносна међународна сарадња са Париским опсерваторијом, Институтом за астрофизику у Паризу, са САД, Енглеском, Немачком, Украјином, Русијом, Пољском и Тунисом. Бројност људи у Србији који се овом проблематиком баве на светском нивоу, ствара критичну масу са бројним међународним везама, што даје велику перспективу младима, да брзо достигну ниво који им омогућава проходност постигнутих резултата у најпознатије светске часописе.

### Референце

- Blagojević, M., Popović, M. V., Konjević, N., Dimitrijević, M. S.: 1998, *J. Quant. Spectrosc. Radiative Transfer*, in press.
- Butler, K., Mendoza, C., Zeippen, C. J.: 1993, *J. Phys. B*, **26**, 4409.
- Cunto, W., Mendoza, C., Ochsenbein, F., Zeippen, C. J.: 1993, *Astron. Astrophys.*, **275**, L5.
- Dimitrijević, M. S.: 1990, Line shapes investigations in Yugoslavia I (1982-1985), (Bibliography and Citation Index), *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **39**.
- Dimitrijević, M. S.: 1991, Line shapes investigations in Yugoslavia II (1985-1989), (Bibliography and Citation Index), *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **41**.
- Dimitrijević, M. S.: 1994, Line shapes investigations in Yugoslavia and Serbia III (1989-1993), (Bibliography and Citation Index), *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **47**.
- Dimitrijević, M. S.: 1996, *Zh. Prikl. Spektroskop.*, **63**, 810.
- Dimitrijević, M. S.: 1997a, *Astrophys. Space Sci.*, **252**, 415.
- Dimitrijević, M. S.: 1997b, Line shapes investigations in Yugoslavia and Serbia IV (1993-1996), (Bibliography and Citation Index), *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **58**.
- Dimitrijević M.S., and Konjević N.: 1980, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **24**, 451.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1997a, *Bull. Astron. Belgrade*, **155**, 145.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1997b, *Bull. Astron. Belgrade*, **155**, 131.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1997c, *Bull. Astron. Belgrade*, **156**, 149.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1997d, *Bull. Astron. Belgrade*, **156**, 113.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998a, *Physica Scripta*, **58**, 61.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998b, *Zh. Prikl. Spektrosk.*, **65**, 476.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998c, *Serb. Astron. J.*, in press.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998d, *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **68**, 241.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998e, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **127**, 543.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998f, *Serb. Astron. J.*, **157**, 93.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998g, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **131**, 141.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998h, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, in press.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998i, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **128**, 359.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998j, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **130**, 539.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998k, *Serb. Astron. J.*, **157**, 65.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998l, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **131**, 143.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998m, *Serb. Astron. J.*, **157**, 39.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1998n, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **129**, 155.
- Dimitrijević, M. S. and Sahal-Bréchet, S.: 1999a, *Zh. Prikl. Spektrosk.*, in press.

- Dimitrijević, M. S. and Sahal—Bréchet, S.: 1999b, *Physica Scripta*, in press.
- Dimitrijević, M. S., Sahal – Bréchet, S., Bommier, V.: 1991, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **89**, 581.
- Feldman U., Doschek G. A.: 1977, *Astrophys. J.*, **212**, 913.
- Hummer, D. G., Berrington, K. A., Eissner, W., Pradhan, A., Saraph, H. E., Tully, J. A.: 1993, *Astron. Astrophys.*, **279**, 298.
- Iglesias C. A., Rogers F. J., Wilson B.G.: 1990, *Astrophys. J.*, **360**, 221.
- Mazing, M.A., Marinković, M.D., Vrublevskay, N.A.: 1964, Broadening and Shift of the Al III Spectral Lines in Strongly Ionized Plasma, *Bull. Boris Kidrič Inst. Nucl. Sci.* **15**, 15.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1995, Proc. of the first Yug. Conf. on Spectral Line Shapes, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **50**, 105.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1996a, 28 EGAS, Graz, 1996, EPS Conference Abstracts (ed. L. Windholz), 102.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1996b, Proc. XI Nat. Conf. Yug. Astron., eds. M. Vukićević-Karabin, Z. Knežević, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **54**, 39.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1996c, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **120**, 373.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1997a, *Bull. Astron. Belgrade*, **156**, 173.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1997b, Proc. II Yug. Conf. on Spectral Line Shapes, Bela Crkva, (eds. L. Č. Popović, M. Čuk), *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **57**, 91.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1997c, Fizika plazmy i plazmennye tekhnologii, Materialy konferencii, Minsk 1997, Tom 2, 328.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1997d, *Bull. Astron. Belgrade*, **155**, 159.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1997e, 29 EGAS (European Group for Atomic Spectroscopy), Berlin, Europhysics Conference Abstracts 21 C (ed H. -D. Kronfeldt), 469.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998a, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **128**, 203.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998b, Proc. II Yugoslav - Belarussian Symposium on Physics & Diagnostics of Laboratory & Astrophysical Plasmas, Zlatibor 1998, Eds. M. S. Dimitrijević, V. S. Burakov, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **61**, 135.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998c, *Serb. Astron. J.*, **157**, 109.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998d, *Astron. Astrophys. Suppl. Series*, **127**, 295.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998e, Proc. 29th Conf. on Variable Star Research eds. J. Dušek, M. Zejda, Nicholas Copernicus Observatory and Planetarium Brno, 56.
- Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998f, Proc. 4th Yugoslav - Romanian Astronomical Meeting, Eds. M. S. Dimitrijević, L. Č. Popović, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **60**, 71.
- Popović, L. Č., Tankosić, D., Bon, E., Dimitrijević, M. S.: 1998, 19th SPIG Zlatibor 1998, Contributed papers & Abstracts of invited lectures, topical invited lectures and progress reports, Eds. N. Konjević, M. Čuk, I. R. Videnović, Faculty of Physics, University of Belgrade, Belgrade, 681.
- Sahal – Bréchet, S.: 1969a, *Astron. Astrophys.*, **1**, 91.
- Sahal-Bréchet, S.: 1969b, *Astron. Astrophys.*, **2**, 322.
- Seaton, M. J.: 1987, *J. Phys. B*, **20**, 6363.
- Tankosić, D., Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998a, Proc. 4th Yugoslav - Romanian Astronomical Meeting, Eds. M. S. Dimitrijević, L. Č. Popović, *Publ. Obs. Astron. Belgrade*, **60**, 83.
- Tankosić, D., Popović, L. Č., Dimitrijević, M. S.: 1998b, 6th EPS Conference on Atomic and Molecular Physics, Siena 1998, eds. C. Biancalana, P. Bicchi, E. Mariotti, Europhysics Conference Abstracts 22D, p. (5-)18.
- Vujnović, V., Harrison, J.A., Craggs, J.D.: 1962, Balmer Line Profiles in a Capillary Discharge, *Proc. Phys. Soc. London*, **80**, 516.

## Астрономията в Софийския университет

Георги Иванов

Една година след създаването на Софийския университет под името "Висше училище" е открит Физико-математическият факултет. В правилника за прилагане закона за факултета на Висшето училище четем: "Общите предмети са: алгебричен анализ, диференциално и интегрално смятане, аналитична и синтетична геометрия, сферична тригонометрия с приложение в астрономията". Този цитат показва, че основателите на Физико-математическия факултет са проявили далновидно отношение към астрономията като учебен предмет, поставяйки го за основен.

Астрономията е най-старата природна наука. Тя е едно от седемте изкуства, преподавани някога в първите европейски университети. Астрономията има огромна заслуга за културното развитие на цивилизацията. Тя първа разкри основните закони на Вселената, освободи човешкия дух от веригите на суеверието и му показа твърде скромното място, което заема във Вселената. Тези общи разсъждения говорят за необходимостта от преподаването на астрономията в съвременните университети.

Пристъпвам към изброяване на онези хора, които са имали пряко или косвено отношение към университетската астрономия.



Фиг. 1. Професор Марин Бъчеваров.

Димитър Витанов е първият българин с университетско образование по астрономия. Роден е в Трявна през 1877 г. Завършил е Физико-математическия факултет на университета в Петербург, откъдето е изпратен да специализира астрономия в английската обсерватория на остров Малта. Превел е от английски език книгата "Небесни светила" на американския астроном О. А. Митчел (изд. Хр.Г.Данов, Виена, 1875).

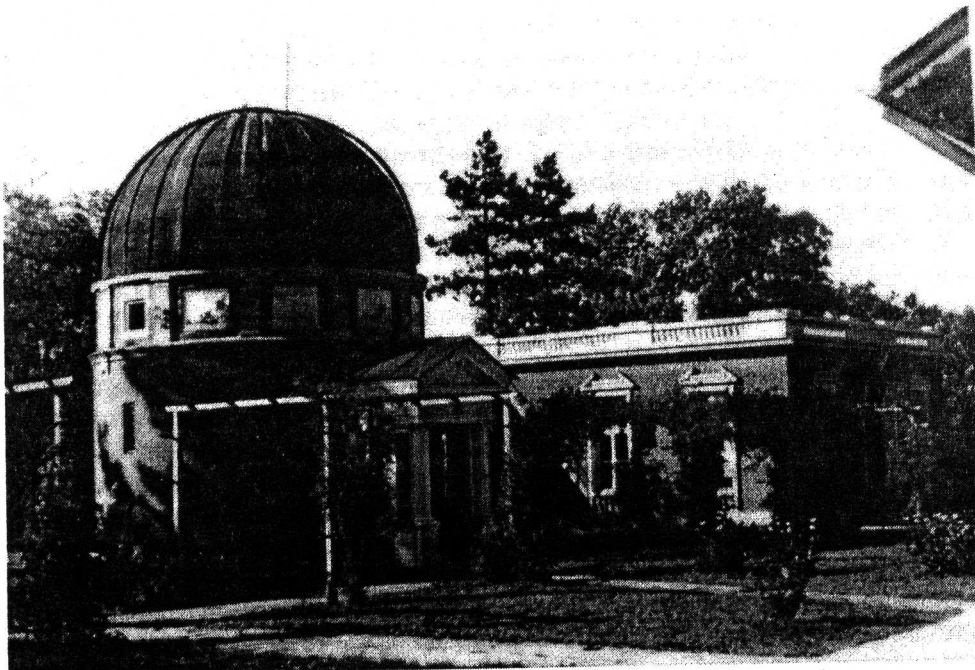
Четири години след откриването на Висшето училище, през втория семестър на учебната 1891/1892 г., се основава катедра по математическа физика, механика и астрономия, в която е назначен Михаил Бъчеваров (фиг. 1)

като извънреден преподавател (15.02.1892 г.), а от 1.09.1893 г. - като редовен професор. Той е получил образованието си в Русия. Като ученолюбив и природно надарен младеж получава стипендия за обучение в Русия от българското правителство. Завършил е реална гимназия в гр. Николаев и Физико-математическия факултет на Московския университет през 1884 г. също като стипендиант на българското правителство.



**Фиг. 2.** Старото здание на *Астрономическата обсерватория на Софийския университет.*

По инициатива на проф. Бъчеваров през 1892 г. започва строителството на астрономическа обсерватория. Тогава Борисовата градина е била пасище на с. Слатина, което е достигало до Орлов мост. Старото здание и големият купол са завършени през 1894 г. (фиг. 2). Първият наблюдателен уред на новата обсерватория е зрителната тръба на известния български учен-възрожденец д-р Петър Берон. Неговият племенник Стефан Р. Берон подарява тази тръба на Българското книжовно дружество, което я предоставя на Висшето училище на 12.02.1892 г. Астрономическата обсерватория е завършена за две години. Освен дарения далекоглед на д-р Петър Берон, обсерваторията разполага с 60 мм преносима меридианна тръба и кометотърсач. Проф. Бъчеваров доставя много астрономически уреди, най-важният от които е телескоп на екваториална



Фиг. 3. Големият купол на Астрономическата обсерватория.

монтировка "Груб" с обектив 16 см. (фиг. 3). Уредите на астрономическата обсерватория се използват предимно за учебна работа. Наблюдения с научна цел са провеждани рядко. През 1910 г. проф. Бъчеваров прави наблюдения на Халеевата комета, а студентът А. Кунчев пресмята ефемеридите на кометата. Те са публикувани като отделни статии в списание "Естествознание" год. 1, 1909/1910. Асистентът по астрономия К. Попов публикува наблюденията си на Халеевата комета в *Rendus* на Парижката академия т. 150, стр. 1406, 1910 г. В своя личен дневник проф. Бъчеваров отбелязва, че би имал по-големи успехи в науката, ако не е била огромната му учебна и административна дейност. Бил е пет пъти декан на Физико-математическия факултет и два пъти ректор на университета. Чел е курсове по сферическа и практическа астрономия, теоретична астрономия, метеорология, физика, аналитична механика, астрофизика и небесна механика. Той е бил добър преподавател и педагог. Ректорът на Висшето училище Емануил Иванов пише: "Със своята неуморна дейност и голяма любов двамата преподаватели по физика Бъчеваров и Бахметиев са докарали преподаването по физика и практическите упражнения по този предмет до едно положение, което прави чест на заведението ни. В малко време Висшето училище ще може да даде ценни сведения по изследването на Софийското поле". Нестор Бучков, студент на проф. Бъчеваров през периода 1893-1896 г. в своите лични спомени споделя: "В аудиторията по физика, на катедрата, е застанал с блага усмивка проф. Бъчеваров. Сладкодумните му уста ни запознават с необятните тайни на природата и

великите постижения на учените във физиката, астрономията и метеорологията". Малко са преподавателите, които са заслужили подобно признание. Проф. Бъчеваров е проявявал научен интерес към метеорологията и геофизиката, но оригинални научни трудове не е оставил. Той е бил енциклопедист в преподаването на физическите науки, един от талантливите преподаватели - пионери на университетското образование, професор по дух и призвание в най-висшия храм на науката и светец на българската астрономия.

Първи асистент на проф. Бъчеваров е Йордан Ковачев (1875-1934) през периода 1901 - 1904 г. Завършил е математика във Висшето училище през 1897 г. По-късно е хоноруван професор по математическа география (1917) и редовен професор по геодезия и културна техника (1924). Написал е първия университетски учебник по астрономия "Астрономическа география" през 1932 г.

Следващият асистент на проф. Бъчеваров е Венцислав Черноколев (1896-1927), който заема тази длъжност от 1924 до 1927 г. Той е завършил с лисансие по науките през 1923 г. в Париж. За съжаление не е оставил научни трудове, тъй като умира твърде млад.

Трябва да отбележа и научните работници, които имат непряко отношение към астрономията. Един от тях е Никола Стоянов (1874-1967). Той е завършил математика във Висшето училище през 1895 г. Специализирал е в университета в Тулуза през 1898 - 1901 г., където е положил изпит за лисансие по математика., а след това в Берлин и Гьотинген през 1903 - 1906 г. Автор е на повече от 10 научни труда по астрономия, главно в областта на небесната механика. Бил е известно време учител в Софийската мъжка гимназия, откъдето е командирован за асистент по математика от 1903 до 1907 г. Назначен е за извънреден професор по време на университетската криза през 1907 - 1908 г., но не е чел лекции. През 1920 и 1926 г. е избран за редовен доцент от Академичния съвет, но не е заемал мястото и е бил освобождаван от тази длъжност. Работил е като директор на отделението за държавни дългове и е бил главен секретар на Министерството на финансите. Освен по небесна механика, има 50 статии в български списания и 7 в чужди списания по икономически и финансови въпроси.

Кирил Попов (1880 - 1966) е асистент по астрономия през 1904 - 1914 г. Защитава докторат в Парижкия университет през 1912 г. на тема "За движението на 108 Хекуба", в който се изследват смущенията на астероида Хекуба от планетата Юпитер. Има около 10 научни труда по астрономия. През 1914 г. става редовен доцент в катедрата по висша математика, а от 1922 г. е редовен професор по диференциално и интегрално смятане. По-късно е академик по математика. Неговата монография по балистика му донася международна известност.

Димитър Дудулов (1894-1980) е бил асистент от 29 юни 1927 г. до 1 юли 1941 г. По време на специализацията си в Париж и Брюксел през учебната 1930/1931 г. е бил заместван от д-р Карабашев, временно командирован от една столична гимназия. Той е определил точната географска ширина на обсерваторията и е автор на около 10 научни труда.

След смъртта на проф. Бъчеваров академиците Кирил Попов и Никола Обрешков четат курсовете по теоретична астрономия и сферична астрономия в продължение на две години (1927 - 1928 г.) до назначаването на редовния доцент Никола Бонев.

Никола Бонев (фиг. 4) е роден на 11 (23) юли 1898 г. в Стара Загора, където получава гимназиалното си образование. През 1922 г. завършва специалността физика и математика на Софийския университет. След завършването си постъпва на работа като асистент в катедрата по диференциално и интегрално смятане, ръководена тогава от проф. Кирил Попов. Никола Бонев прави първите си стъпки в астрономията като специализант в Сорбоната и наблюдател в Парижката обсерватория през 1922 - 1924 г. След това постъпва на работа в Геодезичния институт в Потсдам (Германия), където работи като помощник научен сътрудник през 1926 - 1928 г. През 1928 г. защитава докторска дисертация в Берлинския университет на тема "Потенциалът на Нойман и обратните спътници на Юпитер и Сатурн". Това изследване може да се отнесе към раздела космогония. Същата година е избран за доцент в Софийския университет. От 1932 г. е извънреден професор, а от 1937 г. е избран за редовен професор по астрономия, член-кореспондент на БАН – от 1948 г. и академик – от 1977 г.

Професор Бонев е ръководител на катедра Астрономия и чете лекции повече от 40 години по сферична астрономия, теоретична астрономия и астрофизика. Написал е съответните учебници по тези дисциплини - "Астрономия", "Теоретична астрономия" и "Астрофизика", които са преиздавани многократно. Това са първите университетски учебници по астрономия, издадени на български език, които доближават преподаването до това на европейските университети. Тази академична активност в издаването на университетски учебници по астрономия е уникална. Никола Бонев е съавтор и на първия учебник по астрономия за средните училища (1915 г.). По онова време, когато проф. Бонев чете своите лекции, по-голямата част от учебното съдържание на университетските курсове се пада на класическата астрономия.

В учебните програми на Физическия факултет сега се използва малка част от учебника по астрономия на проф. Бонев, а астрофизиката, която заема по-голямата част на учебните програми, е съществено по-различна от онази по времето на проф. Бонев, поради революционните открития в последните десетилетия. Въпреки необходимостта обучението по астрономия в университета да се постави в съответствие с новите открития в астрономията, учебникът по теоретична астрономия на проф. Бонев остана актуален и в наши дни. Курсът по небесна механика, който сега се чете на студентите от специализацията по астрономия е изцяло основан на теорията, изложена в учебника "Теоретична астрономия" на проф. Бонев. Разбира се, петзначните логаритмични таблици, с които някога се пресмятаха орбитните елементи на комети, са само спомен и то само за моите връстници. Пресмятането на траекториите на космическите апарати сега става въз основа на същата теория, развита в учебника на проф. Бонев, но алгоритмите са приспособени за съвременните компютърни технологии.



В докторската си дисертация Никола Бонев приема Ноймановия потенциал, който е експоненциална функция от разстоянието (или радиус на привличащата сфера в дисертацията му) за разлика от Нютоновия потенциал, който е обратно пропорционален на квадрата на разстоянието. Никола Бонев доказва, че обратното орбитално движение на спътниците на Юпитер може да се обясни със захващането на астероиди от гравитационното поле на планетата. Класическата небесна механика е развита на базата на гравитационния потенциал на Нютон, а не на този на Нойман, но дори и съвременните схващания за обратното орбитално движение на спътниците на тези планети съвпадат с изводите в дисертацията. Никола Бонев е написал около 90 труда, от които 68 са чисто научни, публикувани в наши и чужди списания. По-голямата част от статиите му се отнасят до телата от Слънчевата система, строеж и ексцентрицитет на пръстена на Сатурн, сплеснатостта на Нептун и Плутон, периода на ротация на Венера, контура на континентите (за което развива една нова теория), проблема на Атлантида, за метеоритната опасност при космически полети (която се оказва много малка), както и една публикация по кибернетика. Съвсем съвременно звучи неговият труд за звездните асоциации, в който предлага един теоретичен метод за определяне относителните възрасти на звездните асоциации и разстоянията до тях, като използва една теорема на непрекъснатите вероятности. Основните трудове, които са получили признание и са допринесли за международната известност на проф. Бонев, са два:

1. Разработеният проект за геодезична верига от Африка до Северен ледовит океан, която преминава и през България. Проектът е одобрен от международните конгреси по геодезия и геофизика в Лисабон (1933) и Вашингтон (1939). Този проект не е осъществен, защото започва Втората световна война, а след нея започва ерата на изкуствените спътници на Земята, които се оказват много по-ефективни за решаването на глобални геодезични задачи, каквато е предложил и Никола Бонев. Обаче неговите научни интереси в тази област намират израз в създаването на първата Централна станция в България за наблюдения на изкуствени спътници, за което той е главният инициатор.

2. Трудът на Никола Бонев за произхода на лунните кратери, който му носи и най-широка международна известност. Той изхожда от идеята, че разпределението на кратерите на Луната е свързано с причината за произхода на кратерите. Ако лунните кратери са се образували от падането на метеорити, което е случайно явление, тяхното разпределение върху лунната повърхност също трябва да е случайно. Като изследва разпределението на разстоянията между кратерите, той доказва, че това разпределение не е случайно. Оттук прави извода, че те са резултат от вулканична дейност. Научните трудове на Бонев по проблемите на лунните кратери получават най-висока оценка от астрономите. В своите спомени той пише: "Твърде забележителна е моята дейност в изследването проблемите на Луната в течение на 40 години. Дойдох до схващането, че по-големите кратери върху Луната и Марс са от вулканичен произход и че по-малките кратери могат да са от метеоритен произход." Това

заклучение на Бонев е общоприето и то може да се прочете във всеки съвременен учебник по астрономия.

За да засиля моя извод за международната известност на проф. Бонев ще спомена, че книгата на Cuni "L'Astronomie d'aujourd'hui" е посветена на Dr. P. Baize и на проф. Н. Бонев.

Освен научната и преподавателската дейност, Бонев е развил огромна обществена и организационно - научна дейност. Ръководител е на катедра Астрономия и астрономическата обсерватория на СУ в продължение на 40 години, а на Секцията по астрономия (сега Институт по астрономия) при БАН - 24 години. През 1942 г. построява новото здание на астрономическата обсерватория на СУ в Борисовата градина, закупува нов малък телескоп, обсерваторията става със закон служба за точно време. Инициатор е на построяването на Националната астрономическа обсерватория - Рожен, която става най-голямата обсерватория в Югоизточна Европа и е гордост за българската наука.

Той е учител на известните български астрономи М. Попова, Н. Николов, Б. Ковачев, М. Калинков и др. Следващото поколение астрономи също слушаха лекциите на проф. Бонев. Бил е преподавател на по-голямата част от професионалните астрономи в България.

Радетел е на идеята за построяване на планетариум в София. По негово предложение е издадено постановление на Министерския съвет за планетариум, но тази идея на Бонев остава неосъществена негова мечта, което аз възприемам като завещание към съвременното поколение астрономи.

Бил е член на Комисията за Луната и на Комисията за извънатмосферни наблюдения на Международния астрономически съюз. Основател е на "Астрономическия календар", на Българското астронавтическо дружество. Бил е декан на Физическия факултет през 1934-35 г., подпредседател на Международната федерация по астронавтика и почетен член на много дружества. Организатор е на 13-я конгрес по астронавтика, който е и първият конгрес по астронавтика в Източна Европа.

Следващият асистент по астрономия е Разум Андрейчин (1911-1998). Роден е в Габрово. Завършил е Софийския университет през 1933 г. Започнал е научната си кариера като асистент в катедра Опитна физика. Автор е на 4 научни труда по астрофизика и звездна фотометрия. Първите фотоелектрични наблюдения в България са проведени от него през 1943 - 1945 г. Фотоелектричните наблюдения по онова време са най-модерният и най-точният фотометричен метод. Бил е талантлив експериментатор и един от авторите на първото българско откритие - фотоволтаичния ефект при диелектрици и полу-проводници (ефект Наджаков-Андрейчин). Напуска университета през 1946 г.

Следващият асистент по астрономия, Ангел Бонов (1926-1985), е постъпил през 1946 г. Той е завършил Софийския университет през 1943 г. От 1962 г. е старши научен сътрудник, а доцент от 1971 г. Автор е на 60 научни труда. Посочен е за откривател на 176 годишния цикъл на слънчевата активност. Автор е на "Сборник задачи по теоретична астрономия" (НИ, 1965),



Фиг. 4. Професор Никола Бонев.

“Митове и легенди за съзвездията” (НИ, 1976) и “Възгледите на Йоан Екзарх Български” (НИ, 1982).

Никола Николов (1930) е асистент от 1953 г. Защитава кандидатска дисертация през 1965 г. и докторска в 1975 г. в Държавния астрономически институт “Щернберг” при Московския университет. Става професор по астрономия през 1978 г. Като ръководител на катедра Астрономия той променя съдържанието на курсовете по астрономия като поставя акцента на астрофизиката. Той е основател на специализацията по астрономия от 1966 г., в която четете първите съвременни курсове - Практическа астрофизика, Обща астрофизика и Звездна астрономия.

Петър Кънчев (1942) завършва първия випуск на специализация Астрономия през 1968 г. Същата година е назначен като физик в катедра Астрономия, научен сътрудник е от 1972 г., а старши научен сътрудник – от 1975 г., доцент – от 1996 г. Защитава кандидатска дисертация през 1975 г. в Одеския университет. Ръководител е на катедра Астрономия в периода 1989 - 1993 г. Той назначава млади асистенти и стимулира тяхната научна активност.

В момента катедра Астрономия има щатен състав от 16 души: един професор, 6 доценти, 4 асистенти, един доктор по астрономия, един завеждащ обсерватория, двама специалисти с висше образование и един технически помощник. Катедрата по астрономия отговаря за четенето на следните курсове:

1. Астрономия (за учители по физика) – проф. Г. Иванов
2. Астрономия (спец. Физика-математика) - доц. Цв. Цветков
3. Астрономия (спец. Химия - физика) - доц. П. Кънчев
4. Основи на астрономията - доц. П. Кънчев
5. Астрофизика - проф. Г. Иванов
6. Астрофизика (МГ) - доц. А. Николов
7. Звездна астрономия - доц. Р. Русев
8. Вътрешен строеж и еволюция на звездите - доц. Р. Русев
9. Звездни атмосфери и междузвездна среда - доц. Ив. Янкулова
10. Извънгалактична астрономия - доц. Ив. Янкулова
11. Наблюдателни методи в астрофизиката - доц. В. Голев

## STELLAR POPULATIONS IN M 33

G. R. IVANOV

*Department of Astronomy, Sofia University,  
5 James Bourchier Avn., BG-1164 Sofia, Bulgaria*

**Abstract.** The present paper proposes a correlation technique for comparison of stellar populations in galaxies. As a check the stellar populations in M33 were compared. The correlation between candidate OB stars and candidate red supergiants (RSGs) was used for estimating the error bars in the ratio candidate OB stars-to-RSGs (OB/R). The ratio (OB/R) as a function of the distance from the centre of M33 is obtained. There is a large error bar of this ratio at the centre of M33 due to a small number of RSGs (10). However the correlation between candidate OB stars and RSGs in the central region of M33 gives an additional observational evidence that the large error bar in the central bin is not crucial for the existence of the radial gradient of the ratio (OB/R). We obtained that the ratios (OB/R), show evidence for radial gradient in M33. This gradient is consequence of a similar gradient of chemical abundance in M33.

### 1. Introduction

M33 is nearby galaxy of Sc type with a suitable inclination between the galactic disc and the plane of sky ( $i = 57^\circ$ ). The gas component and stellar distribution of M33 are well studied. Catalogues of HII regions have been published by Boulesteix et al. (1974), Vialefond et al. (1986), and Courtes et al. (1987). CCD survey of M33 have been undertaken by Freedman (1984), Wilson et al. (1990), Wilson (1991) and Regan and Wilson (1993) (hereafter RW). Extensive photographic catalogues of blue and red stars in M33 have been published by Humphreys and Sandage (1980) and Ivanov et al. (1993) (hereafter IFM). Wolf-Rayet stars have been listed by Conti and Massey (1983) and Massey et al. (1987). Recently Massey et al. (1995) found seven new WN stars. Later Massey et al. (1996) (hereafter MBHS 96) give a list of 28 WR stars previously unknown. Now the number of WR stars in M33 is 168. In the present study combining these survey an intercomparison of the stellar distributions of massive stars in M33 is given. We discuss also the ratio the number of candidate OB stars-to-red supergiants (OB/R) and the ratio the number of red supergiants (hereafter RSGs)-to-WR stars (R/WR) as a function of distance from the centre of M33. Maeder et al. (1980)(hereafter MLA) explained the gradient in these ratios as consequence of a similar chemical gradient.

## 2. Correlation technique

Let  $N_1$  stars of one population in M33 have surface density  $\delta_1$  and another population of  $N_2$  stars has a surface density  $\delta_2$  and  $d_k$  is two-dimensional angular distance between the stars of the  $k$ -th stellar couple as it is defined in the Appendix. If stellar distribution of populations in the galaxy is random, then the probability the two stars of the  $k$ -th couple to have a distance  $d_k$  each other is (see the Appendix):

$$P_{12}(k) = [(1 - \exp(-\pi d_k^2 \delta_1))][1 - \exp(-\pi d_k^2 \delta_2)]. \quad (1)$$

The associated stars between the two populations make couples which have  $d_k \rightarrow 0$  and consequently  $P_{12}(k) \rightarrow 0$ . The couples constituted from background stars have great neighbour distances  $d_k$  and  $P_{12}(k) \rightarrow 1$ . The quantity  $P_{12}(k)$  gives the probability to find one stars of population "1" and another stars of population "2" within the radius equal to  $d_k$  in the case of random distribution of the two populations. The probabilities  $P_{12}(k) \approx 0$  are a good characteristic for associated couples. The present criterion defines the limited probability  $P_{min}$  and  $P_{max}$  which can be obtained from observational data. The number of associated couples are selected if  $P_{12}(k) < P_{min}$ . The number of foreground couples  $N_{bgr}$  can be defined if their  $P_{12}(k) > P_{max}$ . Further in the Sect. 4.1 is obtained  $P_{min} = 0.05$  and  $P_{max} = 0.95$ . These quantities are usually accepted in the statistics. In the case when the associated stars are selected by criterion  $P_{12}(k) < 0.05$  the number of associated couples is indicated with  $N_5$ . A stronger criterion for selecting the associated stars is if the individual probabilities of couples  $P_{12}(k) < 0.01$  and the background couples are selected by criterion  $P_{12}(k) > 0.99$ . Then the number of associated couples is denoted with  $N_1$ . A simple way to evaluate the correlation between the two populations is to obtain the percentage of associated objects

$$R_5 = N_5/N; \quad R_1 = N_1/N. \quad (2)$$

The ratios  $R_1$  and  $R_5$  are very suitable as a measure for correlation between the stellar populations. When all stars between the two populations are associated then  $R_5 = 1$  or  $R_1 = 1$ . The opposite case is when there are no associated stars between the populations, then  $R_5 = 0$  or  $R_1 = 0$ . The ratios given by Eq. 2 are similar to the conventional coefficient of correlation in the statistics. Another way to evaluate the correlation between the two populations is the ratio of the number of associated objects to those expected number from random distribution which is defined:

$$RN_5 = N_5/N_{bgr}; \quad RN_1 = N_1/N_{bgr}. \quad (3)$$

Table 1: Correlation parameters between OB stars of MBHS 96 and other stellar populations in M33

Correlation parameter	BR	WR	WN	WC	RSG
R5	0.61	0.42	0.17	0.61	0.45
R1	3.9	0.33	0.12	0.54	0.25
RN5	3.9	1.2	0.24	3.1	1.7
RN1	2.6	0.9	0.18	2.7	1.0
Number of couples	89	89	89	41	89

The contents of the table are as follows:

Column 1 gives the correlation parameters

Column 2 gives the correlation parameters between OB stars and bright HII regions defined by Eq. 2 and Eq. 3

Columns 3-5 give the correlation parameters between OB stars and WR stars

Column 6 gives the correlation parameters between OB stars and RSGs

### 3. Correlation between stellar populations in M33

#### 3. 1 Correlation between OB stars and other stellar populations

MBHS 96 select 89 OB stars based on UBV photometry and spectral determinations. These stars are confirmed members of M33 with masses  $\approx 40M_{\odot}$  because of spectral determinations. This photometry gives an important priority compared to CCD photometry of Regan and Wilson (1993) for applying the present method. The photometry of MBHS 96 covers almost the total area of M33.

The data in Table 1 can be interpreted as tight correlations between OB, WC stars and bright HII regions (BR). About 60 % of OB stars are associated with bright HII regions and WC stars. However, there is a lower coefficient of correlation between OB and WN stars. The correlation between OB stars and bright HII regions is expected because the ionization of the gas in bright HII region is contributed by stars earlier than B2. Hence the OB stars selected by CCD photometry have to correlate with bright HII regions. We suppose that a fraction of the exciting OB stars in HII regions are not detected up to now. The tight correlation between OB stars and bright HII regions is a good observational proof that the present criterion is suitable for studying the correlation between stellar populations in galaxies. The correlation between OB stars selected from CCD data and WC stars is also expected. The ratio  $R5 \approx 0.6$ , given by Eq. 2 for WC stars is high. The ratio  $RN5 \approx 4$  given by Eq. 6 is also high. These results can be interpreted as tight correlation between OB and WC stars.

This correlation is expected because the progenitors of WC stars have masses  $M \geq 30M_{\odot}$  and massive OB stars as well WC stars must originate from near sites of star formation.

### 3.2 Photographic UBV photometry

IFM present a UBV photometry of blue and red stars in M33 based on the plates taken with the 3.6 m Canada-Hawaii telescope and the 2.0 m telescope of the Bulgarian National Observatory in the Rhodopa Mountains. The completeness limit of this catalogue is up to  $V = 19.5$  mag. They select 389 red stars with  $B - V > 1.8$ . Most of these stars are probable members of M33 because of colour criteria. We call them candidates for red supergiants (hereafter RSGs). Some results based on these data have already been published (Freedman 1985a, 1985b; Ivanov 1991; Georgiev and Ivanov 1997). Photographic UBV photometry of IFM is not very suitable for selecting massive stars because its accuracy for determining  $M_{bol}$  is poor. However this photometry gives a certain advantage comparing with CCD photometry of MBHS 96 for studying the correlation between stellar populations depending on galactocentric distance in M33 (as one can see from the data in Table 2). On the other hand the photographic data are suitable for studying the distribution of probabilities  $P_{12}(k)$  due to large number candidate OB stars. Following Massey et al. (1987), FitzGerald (1970) and Flower (1977) it can be obtained:

$$\begin{aligned}
 Q &= (U - B) - 0.72(B - V) \\
 E_{B-V} &= (B - V) - 0.33Q + 0.017, \\
 \log T_{eff} &= 3.994 - 0.267Q + 0.367Q^2 \\
 BC &= 23.493 - 5.926 \log T_{eff}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Using Eqs. 5 were selected 206 stars with  $(B - V)_o < -0.2$ ,  $(U - V)_o < -1$ ,  $-8.8 < M_{bol} < -6$ , and  $E_{B-V} < 0.34$ . Hereafter we call them candidate OB stars while the selected stars from CCD UBV photometry are called simply OB stars. The distributions of candidate OB stars, OB stars and other stellar populations with galactocentric radius are given in Table 2.

## 4. Discussion

### 4.1 Limited probabilities for selection of associated and background couples

The individual probabilities  $P_{12}(k)$  can be used for selection associated couples from background ones. Their distribution for 206 couples is shown in Fig.

Table 2: Number of stellar populations for different bins with galactocentric radius R

$R(kpc)$	$N_{OB}$	$N_{MBHS}$	$N_{WR}$	$N_{RSG}$	$N_{WN}$	$N_{WC}$
0 - 1	27	16	10	4	7	4
1 - 2	44	27	49	31	28	16
2 - 3	26	14	18	34	5	6
3 - 4	48	16	31	80	18	2
4 - 5	24	7	14	74	6	4
5 - 6	17	7	7	78	2	2
6 - 7	19	1	7	41	0	2

The contents of table are as follows:

Column 2 gives the number of candidate OB stars of IFM.

Column 4 gives the number of OB stars of MBHS 96.

Column 4 - 7 give the number of RSGs and WR stars.

1. The associated stars between stellar populations constitute couples with substantially smaller neighbour distances  $d_k$  than those of the background ones. For this reason the associated stars must have probabilities  $P_{12}(k) \rightarrow 0$ , while the couples with  $P_{12}(k) \rightarrow 1$  we refer to background ones. The distributions of  $P_{12}(k)$  for different stellar populations in M33 are similar to these of Fig. 1. From the distribution of  $P_{12}(k)$  in Fig. 1 we assume that associated couples can be selected if their individual probabilities given by Eq. 1  $P_{12}(k) < 0.05$ . On the other hand the  $P_{12}(k) > 0.95$  correspond to background couples. In other words from the observational data we accepted  $P_{min} = 0.05$  and  $P_{max} = 0.95$ . These quantities are conventional in the statistics. The second criterion  $P_{min} = 0.01$  and  $P_{max} = 0.99$  is stronger but it cuts many real associated couples. We

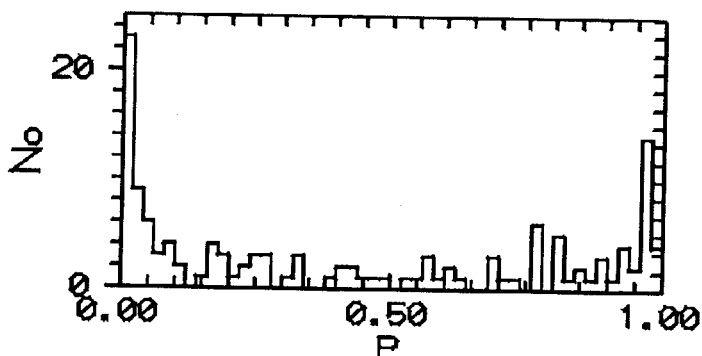


Fig. 1. The distribution of the probabilities  $P_{12}$  of couples O - WR stars.



believe that the first criterion is more appropriate as compromise for our purpose. Correlation parameters between candidate OB stars from photographic data and other stellar populations in M33 evaluated by Eq. 2 and Eq. 3 are listed in Table 2.

#### 4.2 The ratio OB stars-to-RSGs (OB/R)

Humphreys and Sandage (1980) found that the ratio of the number of blue stars to red supergiants (B/R) decreases as a function of galactocentric distance in M33. Later Freedman (1984) has taken into the account the error bars of the ratio (B/R) and concluded that this ratio has low statistical weight at the centre of M33. She concluded that the data of Humphreys and Sandage (1980) plotted with error bars is apparent contradiction with their previous result. The error bars were calculated by Freedman (1984) using the following relations:  $s1 = \frac{N_B + \sqrt{N_B}}{N_{RSG} - \sqrt{N_{RSG}}}$  and  $s2 = \frac{N_B - \sqrt{N_B}}{N_{RSG} + \sqrt{N_{RSG}}}$ , where  $N_B$  and  $N_{RSG}$  are the numbers of blue and red stars, respectively, in each bin of galactocentric distance and  $s1$  and  $s2$  are the minimal and maximal fluctuations of the ratio (B/R), respectively. The error bars defined in this way are proper if  $N_B$  and  $N_{RSG}$  are independent statistical variables. When OB stars and RSGs correlate then (this is in case for M33) the error bars of the ratio (OB/R) have to be calculated by

$$\sigma_i = \sqrt{s1^2 + s2^2 - 2r_{12}s1s2}, \quad (5)$$

given in Eadie et al. (1971) where  $r_{12}$  is the coefficient of correlation between blue and red stars. In the present paper is accepted  $r_{12} = R5$ , where  $R5$  is given by Eq. 2. This substitution is very suitable. When all stars between the two populations are associated then  $R5 = 1.0$ . The opposite case is when there is no associated stars between the populations, then  $R5 = 0$ . The ratio (OB/R) as function of galactocentric distance  $R$  from the centre of M33 in kpc in the deprojected plane of the galaxy is shown in Fig. 2. The position angle  $PA = 22^\circ$  and the inclination of the plane of the galaxy  $i = 57^\circ$  were used. The error bars of the ratio (OB/R) in this figure are not decisive for the existence of the correlation between the ratio (OB/R) and the radius  $R$ . They indicate only the statistical weight of the ratios (OB/R) in each radial bin of 1 kpc wide. We define the statistical weight in each bin as:

$$w_i = \bar{\sigma}^2 / \sigma_i^2, \quad (6)$$

where  $\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2}$ ,  $n$  is the number of bins and  $\sigma_i$  are defined by Eq. 5 for each radial bin. The error bars mean that the points with higher error have less statistical weight in the correlation between the ratio (OB/R) and galactocentric radius  $R$ . We found the coefficient of correlation for data in Fig.

$2 r = -0.63 \pm 0.23$ . This correlation is not very strong but it is statistical significant. It therefore appears that the observational evidence for the radial gradient in the ratio (B/R) found in the data of Humphreys and Sandage (1980) is real. This gradient is expected from evolutionary models of MLA.

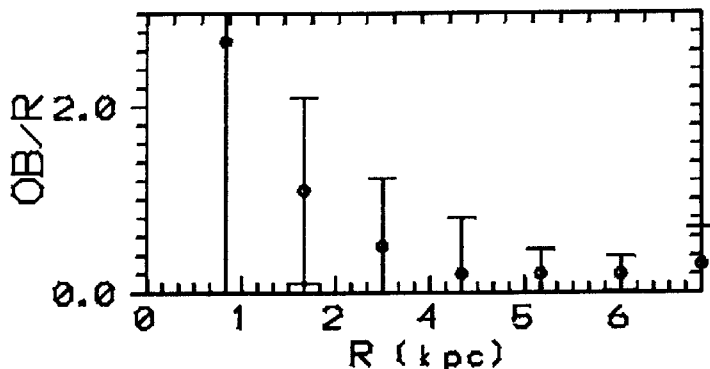


Fig. 2. The ratio OB stars-to-red supergiants as a function of galactocentric radius.

#### 4.3 Observational evidences for evolution of massive stars

Table 1 gives a tight correlation between WC and OB stars. The brightness of HII regions is proportional to the rate of Lyman-continuum photons of massive stars. The high correlation parameters between WC stars and bright HII regions of Courtes et al. (1987) propose that WC stars have temperature  $T_{eff} \geq 30000K$  (Abbott & Conti 1987). The present criterion shows a high correlations between WC stars and RSGs ( $R5 \approx 0.6$ ). This result propose that more massive progenitors ( $M \geq 40M_{\odot}$ ) evolve first to RSGs and then loosing their envelopes become WC stars. There are not other stellar populations in M33 which can have higher correlation parameters with RSGs as WC stars. Probably less number of WC that of WN stars may expect from the initial mass function (IMF) which predicts less number of the most massive stars. M33 has twice more number of WN stars (89) than WC ones (41). The low correlation between OB stars and WN stars in Table 1 which is based on data of MBHS 96 proposes that lower mass stars ( $M \approx 30M_{\odot}$ ) evolve straight to WN stars. On the other hand WN stars do not show good correlation with RSGs ( $R5 = 0.33$ ). Our data do not reject the possibility that less massive stars may spend some time of their lives as RSGs and then to evolve to WN stars but this stage should be shorter than the stage for WC type. The most probably is the sample of WC

Table 3: Ratios (OB/R), R5 and RN5 between OB stars and RSGs

$R(kpc)$	(OB/R)	$\sigma_i$	(OB/R)	$\sigma_i$	R5	$\sigma_{R5}$	RN5	N
0 - 1	2.7	$\pm 2.9$	1.6	$\pm 2.3$	0.50	$\pm 0.97$	5.0	10
1 - 2	1.1	$\pm 1.03$	0.87	$\pm 0.91$	0.16	$\pm 0.28$	0.3	31
2 - 3	0.5	$\pm 0.73$	0.41	$\pm 0.47$	0.31	$\pm 0.49$	0.7	26
3 - 4	0.2	$\pm 0.60$	0.19	$\pm 0.20$	0.31	$\pm 0.44$	15.0	48
4 - 5	0.2	$\pm 0.26$	0.09	$\pm 0.11$	0.58	$\pm 0.78$	7.0	24
5 - 6	0.2	$\pm 0.19$	0.09	$\pm 0.10$	0.76	$\pm 0.19$	13.0	17
6 - 7	0.3	$\pm 0.40$	0.09	$\pm 0.10$	0.42	$\pm 0.68$	1.6	19

The contents of the table are as follows:

Column 1 gives the bins in kpc.

Column 2 gives the ratio candidate OB stars of IFM-to- RSGs.

Column 3 gives the error bar of the ratio (OB/R) obtained by Eq. 5.

Column 4 gives the ratio OB stars of MBHS 96 -to- RSGs.

Column 5 gives the error bar of the ratio (OB/R) based on the data of MBHS 96.

Column 6 gives the ratio R5 obtained by Eq. 2.

Column 7 gives the error bar of the ratio R5 obtained by Eq. 5.

Column 8 gives the ratio RN5 obtained by Eq. 3

Column 9 gives the the number of couples between candidate OB stars and RSGs.

stars and RSGs to have the same progenitors, namely, the most massive stars with ( $M \geq 40M_{\odot}$ , while less massive progenitors may evolve straight to WN type without RSG stage. Humphreys & Sandage (1980) found that the ratio (B/R) decreases as a function of galactocentric radius in M33. The strong observational evidence comes from the radius = 1 kpc. They noted the qualitative similarity in the (B/R) gradient with the variation of the  $\log(OIII/H\beta)$  ratio as a function of distance from the centre of M33. On the other hand Humphreys & Davidson (1979) supposed that mass loss may limit the evolution of massive stars with  $M \geq 40M_{\odot}$  to RSGs. Humphreys & Sandage (1980) suggest that these stars evolve straight to WR without RSG stage. They explain the deficiency of RSGs in the inner bin of 1 kpc wide with higher metal abundance which causes a greater mass loss of massive stars, reduces the number of RSGs in the inner part of M33 and increases the number of WR stars. There is well pronounced radial abundance gradient across M33 (Vilches et al., 1988). The higher metallicity occurs at the inner part of M33. This gradient is better defined in M33 than in other galaxies.

Table 4: Stellar contents of four young star complexes in M33.

<i>SCNo.</i>	<i>N<sub>O</sub></i>	<i>N<sub>RSG</sub></i>	<i>N<sub>WR</sub></i>	<i>N<sub>WN</sub></i>	<i>N<sub>WC</sub></i>
2	21	6	14	7	6
24	29	12	20	12	6
30	12	10	3	0	2
43	31	29	21	15	3

The contents of the table are the same as in Table 3.

#### 4.4 Correlation parameters as a function of $M_{bol}$

We expect the highest correlations between massive OB stars for a given  $M_{bol}$  and other populations which can originate nearby from the sites of massive star formation. We found that correlation parameters between OB stars of MBHS 96 and other populations depend on the luminosity of OB stars.

#### 4.5 Stellar contents of star complexes

Efremov (1995) defined star complex as the largest stellar group where the stars form together by a fragmentation of a dense molecular cloud containing a number of OB associations. The range of ages in star complex is about from 50 to 100 Myr. The difference in stellar content of star complexes usually is connected with different average ages of stellar populations inside a complex.

The stellar content of star complexes is quite different. It is surprise that only four star complexes in M33 have high concentration of massive stars. They are listed in Table 4. However this result is expected if the IMF is universal and the different age of star complexes defines the stellar content in the complex. Therefore massive stars are expected in young complexes as those listed in Table 4 and outlined in Fig. 3.

Humphreys & Sandage (1980) estimated the age of associations using the colour-magnitude diagrams. Van den Bergh (1964) suggested quite different criterion for age estimation using the difference in the size of associations. The two criteria give quite similar ages for OB associations in M33 (Ivanov 1991). The ages of associations within star complexes in Table 4 range from 5 Myr to 40 Myr. These estimations confirm Efremov's (1995) definition for star complex. The similarity of luminosity functions (LFs) in galaxies (Freedman 1986a, b) is usually interpreted as universality of the IMF. There is no observational evidence that LF in stellar complexes is different from that for galaxies. In this sense the star complexes in Table 4 are the youngest complexes in M33 with expected

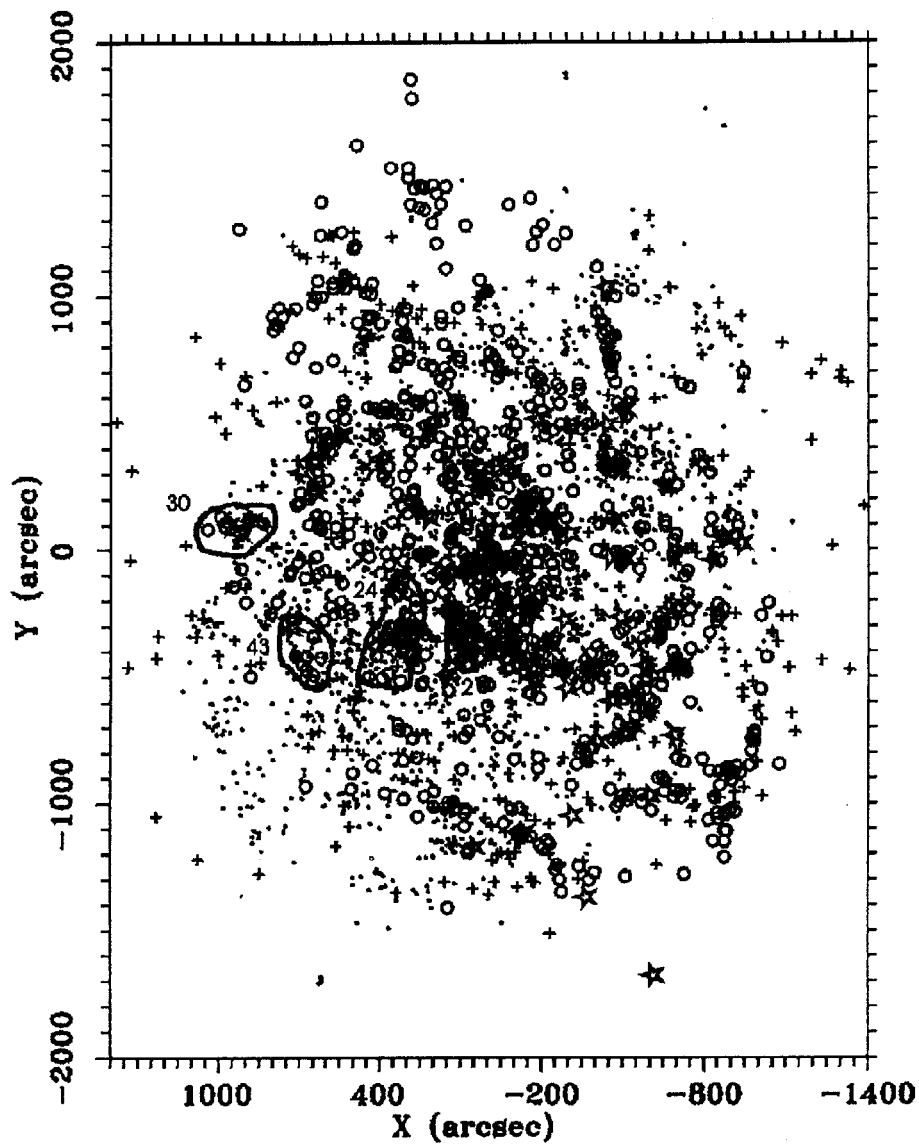


Fig. 3. The distribution of stellar populations in M33: HII regions (open circles), red supergiants (plus signs) and WR stars (asterisk). The boundaries of four star complexes in Table 4 are outlined.

age dispersion of about 50 Myr. The most of the star complexes in Table 4 show correlations between candidate OB stars and WR stars ( $R5 \approx 0.4 - 0.7$ ) and between RSGs and WR stars ( $R5 \approx 0.2 - 0.8$ ) which are similar to that in Tables 1 - 2 and Table 4 for the total sample of M33. There is suggestion for bimodal IMF which proposes high mass star formation in spiral arms (Gusten & Mezger 1983). In this case is expected a higher correlation between massive O stars with masses larger than approximately  $20M_{\odot}$  and WR stars. The star complexes in Table 4 are outlined in Fig. 3. Two of them with numbers 2 and 24 are in spiral arms and the other are out of arms. The present data shows the approximately the same range of correlations between the stellar populations within star complexes of the regions in spiral arms and outside of them as for the different bins with galactocentric radius  $R$ . Hence, the difference in the stellar contents in various parts of M33 can be explained with the different average ages and range of ages of stellar populations in M33. This result supports that IMF is universal.

### 5. Summary

The present study proposes a correlation technique for comparison the stellar populations in M33. The radial gradient of the ratio blue-to-red stars (B/R) obtained by Humphreys & Sandage (1980) predicted from evolutionary models of MLA is confirmed. However the great error bar of the ratio in the centre of M33 due to small number of confirmed RSGs, casts a suspect on real existence of this gradient (Freedman 1985a, b). The present study based on a new approach in estimating the error bars of the ratio (OB/R), on the one hand, and the correlation between candidate OB stars and RSGs in the central region of M33, on the other hand, gives observational evidences for a real radial gradient of the ratio (OB/R).

### Acknowledgments

This project was supported partially by the grant A-02-049 of ESO C&EE Programme and the grand 132/94 of the Bulgarian National Foundation. I am grateful to Drs. A. Aparacio and Yu. Efremov for their constructive suggestions which improved this paper.

## References

- Abbott, P. and Conti, P.S.: 1987, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **25**, 113.
- Boulesteix, J., Courtes, G., Laval, A., Monnet, G. and Petit, H.: 1974, *Astron. Astrophys.*, **214**, 68.
- Conti, P.S. and Massey, P.: 1983, *Astrophys. J.*, **289**, 576.
- Courtes, G., Petit, H., Sivan, J.-P., Dodonov, S. and Petit, M.: 1987, *Astron. Astrophys.*, **174**, 28.
- Eadie, W.T., Dryard, D. James, F.E., Roos, M. and Sadoulet, B.: 1971, *Statistical Methods in Experimental Physics*, CERN, Geneva and University of Helsinki, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, London.
- Efremov, Yu.N.: 1995, *astron. J.*, **110**, 2757.
- FitzGerald, M.P.: 1970, *Astron. Astrophys.*, **4**, 234.
- Flower, D.J.: 1977, *Astron. Astrophys.*, **54**, 31.
- Freedman, W.L.: 1984, Ph. D. Thesis, Univ. Toronto.
- Freedman, W.L.: 1985a, *Astrophys. J.*, **299**, 74.
- Freedman, W.L.: 1985b, *Astron. J.*, **90**, 249.
- Georgiev, L. and Ivanov, G.: 1997, *Revista Mexicana Astron. Astrophys.* (in press).
- Gusten, R. and Mezger, P.G.: 1983, *Vistas Astron.* **26**, 159.
- Ivanov, G.R.: 1991, *Astrophys. J. Suppl. Series*, **136**, 113.
- Ivanov, G.R.: 1996, *Astron. Astrophys.*, **305**, 708.
- Ivanov, G.R., Freedman, F.M. and Madore, B.F.: 1993, *Astrophys. J. Suppl.*, **89**, 85 (IFM).
- Humphreys, R.M. and Sandage, A.: 1980, *Astrophys. J. Suppl.*, **44**, 319.
- Maeder, A., Lequeux, J. and Azzopardi, M.: 1980, *Astron. Astrophys.*, **490**, L17 (MLA).
- Massey, P., Conti, P., Moffat, A. and Shara, M.: 1987, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **99**, 816.
- Massey, P., Armandroff, T.E., Pyke, R., Patel, K. and Wilson, C.D.: 1995, *Astron. J.* **110**, 2715.
- Massey, P., Bianchi, L., Hichings, J.B. and Stecher, T.P.: 1996, *Astrophys. J.* **469**, 629 (MBHS 96).
- Regan, M.W. Wilson, C.D.: 1993, *Astron. J.*, **105**, 499. (RW93).
- van den Bergh, S.: 1964, *Astrophys. J. Suppl.*, **9**, 65.
- Vialefond, F., Goss, W.M., van der Hulst, J.M. and Crane, P.S.: 1986, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **64**, 237.
- Wilson, C.D.: 1991, *Astron. J.*, **101**, 1963.
- Wilson, C.D., Freedman, W.L. and Madore, B.F.: 1990, *Astron. J.*, **99**, 149.

## 6. Appendix: Derivation of Eq. (1)

Let  $N_1$  objects of one population have surface density  $\delta_1$ . Another population of objects  $N_2$  has a surface density  $\delta_2$ . The two populations occupy the same area of a galaxy. We accept the distribution of the stellar populations in the galaxy is Poissonian. The coordinates  $x_i, y_i$ , for  $i = 1, 2, \dots, N_1$ , of population "1" and coordinates  $x_j, y_j$ , for  $j = 1, 2, \dots, N_2$  of population "2" are given in the catalogue. The two-dimensional angular distances

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \text{ for } i = 1, 2, \dots, N_1, \text{ and } j = 1, 2, \dots, N_2, \quad (7)$$

where  $N = N_1 x N_2$ . The number of stellar distances is  $N = N_1 x N_2$ . The quantities  $d_{ij}$  were used in order to identify the couples of the nearest neighbours between the two populations. The distance of the first couple which is between the first star of population "1" and its nearest neighbour from population "2" is:

$$d_1 = \min d_{ij}, \text{ for } i = 1, 2, \dots, N_1, \text{ and } j = 1, 2, \dots, N_2, \quad (8)$$

The two stars which constitute the first couple were excluded from the further analysis. Then the distances  $d_2, d_3, \dots, d_k$  were obtained and consecutively excluding the stars of these couples from the further analysis. The distance between the stars of the  $k$ -th couple is:

$$d_k = \min d_{ij}, \text{ for } i = 1, 2, \dots, N_1 - (k - 1), \text{ and } j = 1, 2, \dots, N_2 - (k - 1), \quad (9)$$

In this way a series of decreasing distances  $d_k$ , for  $k = 1, 2, \dots, N_{couple}$  were obtained. This process was continued until all possible couples were depleted. The number of couples  $N_{couple} = N_1$  if  $N_1 < N_2$  or  $N_{couple} = N_2$  if  $N_2 < N_1$ .

The probability to find at least one object of population "1" within the radius  $d_k$  given by Eq. 9 measured from its nearest neighbour of population "2" can be defined by equation (see Appendix in Ivanov, 1996):

$$P_1 = 1 - \exp(-\pi d_k^2 \delta_1), \quad (10)$$

Similarly, the probability to find at least one object of population "2" from its nearest neighbour of population "1" within the radius  $d_k$  is:

$$P_2 = \exp(-\pi d_k^2 \delta_2). \quad (11)$$

Then the probability the two neighbours, one from population "1" and another from population "2" to fall within the radius  $d_k$  measured from one of them is:

$$P_{12}(k) = P_1 P_2 = [(1 - \exp(-\pi d_k^2 \delta_1))][1 - \exp(-\pi d_k^2 \delta_2)]. \quad (12)$$

This equation is fundamental for the present study.



## Народна астрономическа обсерватория и планетариум “Н. Коперник”- Варна: история и предстоящи задачи

Иван Иванов

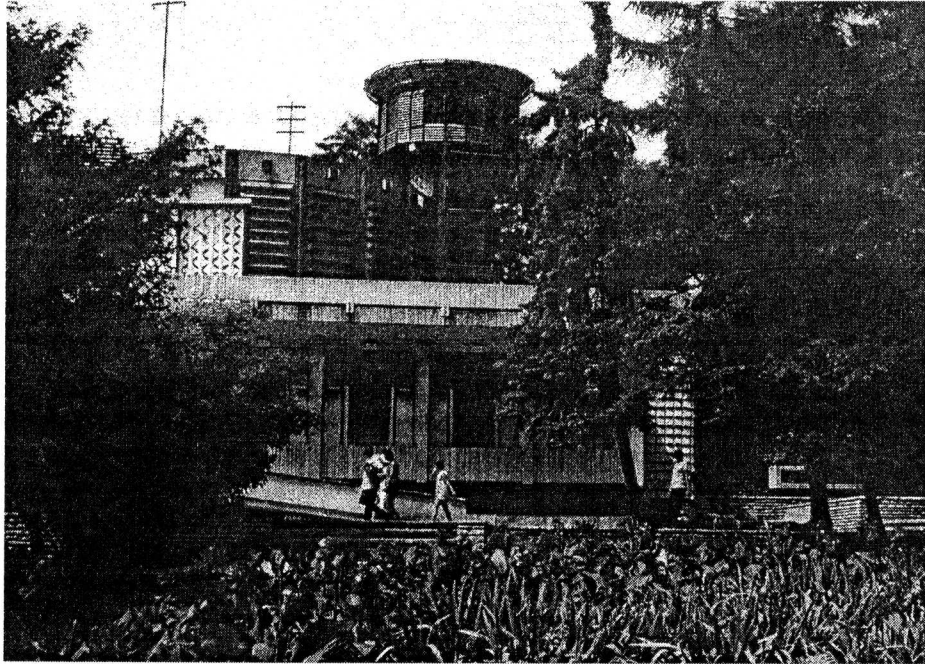
“Какво може да бъде по-прекрасно от небесния свод, съдържащ в себе си всичко прекрасно? Ако достойнствата на науките се оценяват по предмета, с изучаването на който се занимават, най-забележителната от тях трябва да се счита тази, която се нарича астрономия. . .”

Увод към книга I “За въртенето на небесните фери”  
Н. Коперник

Изстрелването на първия изкуствен спътник на Земята на 4.10.1957 г. постави началото на космическата ера. Това изключително събитие предизвика огромен интерес сред всички хора. В различни градове на България бяха сформирани групи от ентузиаста, които започнаха изграждането на мрежа от станции за наблюдаване на изкуствените спътници на Земята (ИСЗ) и клубове по космонавтика и астрономия. Тези клубове поставиха от своя страна началото на създаването на народни астрономически обсерватории и планетариуми в България.

През 1960 г. група ентузиаста от Варна създават клуб по астронавтика и астрономия. По инициатива на клуба община Варна предложи редовния XIII конгрес на Международната федерация по авиация и астронавтика да бъде проведен през 1962 г. във Варна. Официален гост на конгреса беше вторият съветски космонавт Герман Титов. След конгреса се ражда идеята във Варна да бъде създадена астрономическа обсерватория. В инициативния комитет под ръководството на тогавашния кмет на Варна - Николай Бояджиев, участват учители, преподаватели във Висшето военноморско училище “Н.Й. Вапцаров” във Варна, офицери от щаба на военноморските сили и др. През 1963 г. на клуба по астрономия и астронавтика е предоставена сграда в централната част на морската градина. В нея започват работа първите курсове по астрономия и ракетомоделизъм.

С решение на градския народен съвет на Варна са изготвени планове за преустройство и реконструкция на съществуващата сграда и през есента на 1964 г. започва изграждането на сегашната сграда на обсерваторията (Фиг. 1 и Фиг. 2). В процеса на строителството е направено



Фиг. 1. Народна астрономическа обсерватория и планетариум "Н. Коперник"- Варна.



Фиг. 2. Паметникът на Николай Коперник пред обсерваторията.

изменение на първите планове и до сградата на обсерваторията е пристроен планетариум със звездна зала и голяма лекционна зала.

На 22.05.1968 г. тържествено е открит първият в България астрономически комплекс, състоящ се от обсерватория, планетариум и кула на Фуко. По решение на Министерския съвет той е наречен на името на великия полски учен Николай Коперник. Директор на обсерваторията от създаването ѝ до 1989 г. е Николай Петров.

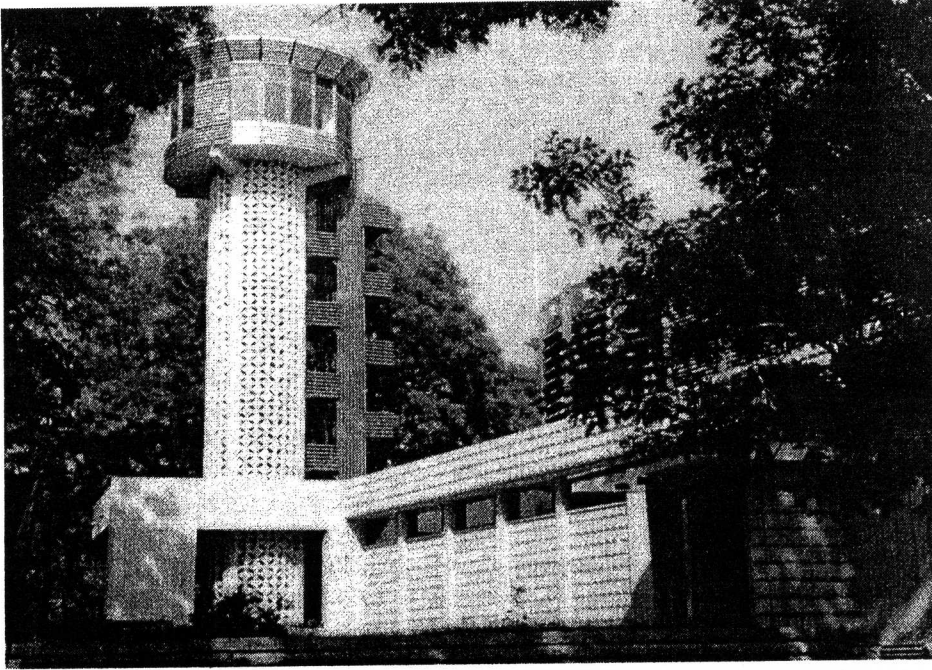
В периода на изграждането обсерваторията е една от станциите за наблюдения на ИСЗ, работещи на територията на България. С помощта на специална апаратура се извършват визуални наблюдения и се фотографират ИСЗ по програма, съгласувана между академиите на науките на страните от Източна Европа. Така например фотографирането на спътника "Пагеос" е част от програма за привързване на геодезичната мрежа на Източна Европа и измервания по меридиана от Хелзинки до Адис Абеба. Визуалните наблюдения на ИСЗ са използвани за определяне орбитите им, за определяне на гравитационното поле на Земята и промените в геопотенциала. Резултатите от тези наблюдения и изследвания са публикувани в списанията "Наблюдения ИСЗ" и "Доклади на БАН".

В началото обсерваторията е оборудвана с няколко малки телескопа. Телескоп рефрактор 80/1200 мм с паралактична глава и телескоп Касегрен 150/2250 мм с паралактична глава са монтирани в двата въртящи се купола на последния етаж на обсерваторията. На наблюдателната площадка е монтирана 100/250 мм камера НАФА за фотографиране на ИСЗ. При масови наблюдения се използват преносими телескопи рефрактори и големи бинокулярни тръби ТЗК 80/8х.

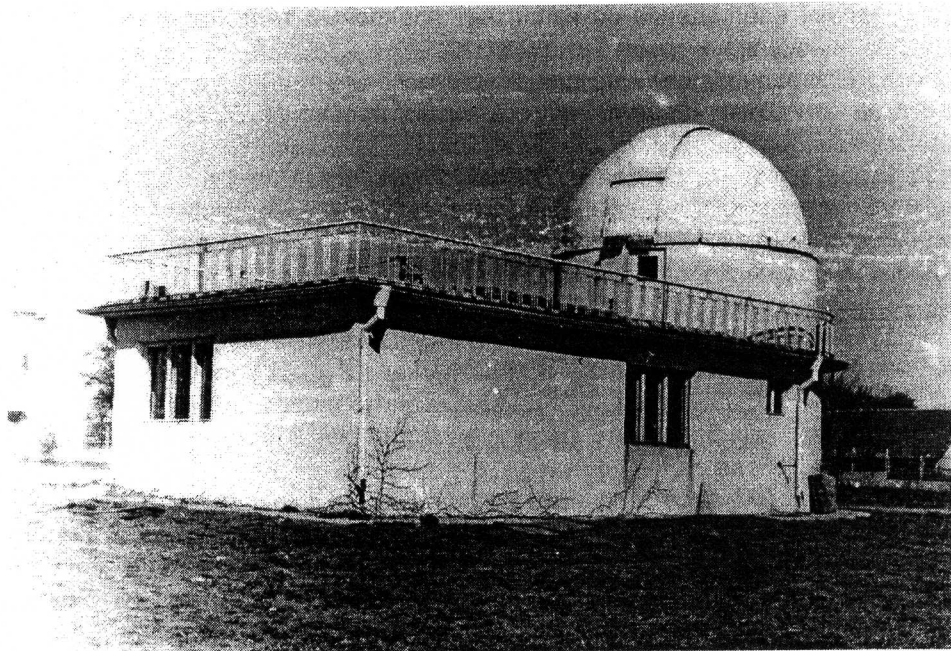
В звездната зала на планетариума е монтиран проекционен апарат от типа ZKP/Zeiss Kleinplanetarium/, който проектира 5 500 звезди върху полусферичен купол с диаметър 10.5 м. С помощта на допълнителни проектори могат да се демонстрират положенията на Слънцето, Луната и планетите сред звездите. Специални проектори демонстрират движението на планетите около Слънцето от гледна точка, разположена на 5 милиарда километра по полярната ос на еклиптиката. Използват се още диапроектори за онагледяване на лекциите.

В кулата на Фуко (Фиг. 3) е монтирано махало на Фуко с дължина на нишката 17.6 м и отклонение в основата около 2 м. За географската ширина на Варна ( $43^{\circ}12'$  северна ширина), завъртането на равнината на люлеене на махалото от кориолисовите сили в резултат на околоосното въртене на Земята е  $10^{\circ}03'$  за един час.

През 1971 г. бе започнато изграждане на филиална астрономическа обсерватория в село Аврен, на около 35 км от Варна в най-високата част на Авренското плато (Фиг. 4). Обсерваторията разполага със сграда, кула с 5.2 метров купол и 50/890 см телескоп система Касегрен. В двора е разположена наблюдателна площадка за метеори и се монтират телескопи и камери за фотографиране на небесни тела и явления.



Фиг. 3. Кулата на Фуко.



Фиг. 4. Филиалната астрономическа обсерватория в село Аврен.

Към обсерваторията е организиран младежки астрономически клуб "Канопус". В него членуват астрономи любители и участници в курсовете за подготовка на астрономи любители. През учебната година и през ваканциите за членовете на клуба се организират наблюдателни експедиции в обсерваторията в Аврен, в Националната астрономическа обсерватория Рожен и лятната школа в Белите брези. Резултатите от работата на членовете на клуба се докладват на ежегодната национална младежка астрономическа конференция.

През 1970 г. по инициатива на Варненската обсерватория бе проведена първата Седмица по астрономия. В нея взеха участие специалисти от Секция Астрономия при БАН, Катедра Астрономия на СУ "Св.Кл.Охридски", народните обсерватории и членове на младежките астроклубове.

Във връзка с 500-годишнината от рождението на Николай Коперник по решение на българския комитет за честването, под председателството на заместник-председателя на БАН академик Емил Джаков, националните тържества бяха проведени в рамките на Третата седмица по астрономия през май 1973 г. По време на седмицата се проведе заключителния етап от общобългарското състезание, посветено на Коперник. Победителят бе поканен да участва в честванията в Полша. По време на седмицата бе проведена научна сесия. Докладите бяха издадени в специален сборник. Проведената първа среща на астрономи любители постави началото на ежегодните национални младежки астрономически конференции. За големия принос при честването на 500-годишнината на Коперник, Варненската обсерватория бе наградена с паметен медал от полската държава, а двама специалисти бяха поканени да участват в конгрес на международния астрономически съюз във Варшава.

Специалистите в астрономическата обсерватория и планетариума работят в различни направления, най-главните от които са:

- 1) наблюдения и изследване на небесни обекти и явления. За наблюдения се използват както собствени телескопи и апаратура, така и телескопи и апаратура на Националната астрономическа обсерватория Рожен и обсерваторията в Белоградчик;
- 2) учебна и методическа работа по астрономия, физика, география, природознание и др. с учители и ученици от системата на основното и средното образование;
- 3) подготовка и обучение на астрономи любители;
- 4) организиране на национални младежки астрономически конференции;
- 5) популяризиране на астрономията и сродните науки сред гражданите.

Специалисти от Варненската обсерватория са били:

- Георги Иванов- започва работа като специалист в обсерваторията, защитил дисертация на тема "Истинските цветове на класическите цефеиди и някои техни приложения" за получаване на степен кандидат на

физическите науки, от 1980 г. на работа в катедра Астрономия на СУ "Св. Кл. Охридски", където защитава докторска дисертация и сега е редовен професор и ръководител на катедрата.

- Пламен Баев - специалист от обсерваторията, завършва аспирантура в Москва и защитава дисертация, посветена на динамиката на обектите в галактиките, сега работи в Института по астрономия на БАН.

- Николай Петров и Димитър Методиев - имат публикации по наблюдения на ИСЗ и методика на работата с астрономи любители и лекциите в Планетариума.

- Радостин Куртев - астроном любител от астроклуб Канопус, който през 1975 г. бе един от първите, наблюдавали избухването на Нова Лебед 1975. Този факт е отбелязан в Астрономическия Циркуляр на ГАИШ (Москва). Сега Радостин Куртев работи като асистент в катедра Астрономия на СУ. Интересите му са към области на звездообразуване в близки галактики.

Специалисти от Варненската обсерватория са работили по различни теми и са публикували резултати в български и чужди списания. Резултатите от наблюденията на комети са публикувани в ICQ. Резултатите от наблюденията на метеори са публикувани в WGN, Доклади на годишните конференции на International Meteor Organization и MNRAS.

Работата с ученици и учители в рамките на образователната програма за средното училище основно се състои в изнасянето на специални лекции в звездната зала и наблюдения с телескоп на различни небесни тела и явления. За учителите се подготвят цикли от лекции и семинари по проблемите на преподаване на астрономия, физика, география и природознание. Изготвят се и методически указания за извънкласната и извънучилищна работа по астрономия. През 1998 г. Варненската обсерватория организира провеждането на първата национална олимпиада по астрономия. Най-добре представилите се ученици бяха включени в III международна олимпиада по астрономия. Там те постигнаха отлични резултати и получиха три първи награди, една втора и една трета награда.

Обсерваторията има изключителни постижения и при подготовката на наблюдатели на метеори, комети, астероиди и променливи звезди, които участват активно в наблюдателни експедиции. Част от тях продължават образованието си в области, пряко или косвено свързани с астрономията, но дори и тези, които се насочват към други науки или професии остават с чудесните спомени от работата в обсерваторията. Възпитаници на Варненската обсерватория работят в Института по астрономия на БАН, Физическия факултет на СУ "Св. Кл. Охридски" и в университети, научно-изследователски институти и астрономически обсерватории в други страни.

От 1973 г. Варненската обсерватория организира ежегодно национални младежки астрономически конференции, в които участват ученици и студенти. На тези конференции изнасят доклади и специалисти от Института по астрономия и Софийския университет. От 1992 г. в конференциите вземат участие астрономи любители и студенти от други страни. През април 1999 г. ще се проведе юбилейна XXV конференция.

Освен това от 5 до 8 август 1999 г. ще бъде организирана МЕРСО'99 конференция на наблюдатели на планети и комети от Европа.

Популяризирането на астрономията сред гражданите става чрез специални лекции в звездната зала на планетариума и чрез статии и интервюта в средствата за масова информация. В момента се извършва реконструкция на сградата на обсерваторията, която трябва да завърши до лятото на 1999 г. Следващото голямо събитие е организирането на лагери за наблюдаване на пълното слънчево затъмнение на 11 август 1999 г. в района на село Камен бряг, на брега на Черно море и в района на курортен комплекс Албена. В района на Камен бряг ще се проведе и международна метеорна експедиция за наблюдаване на метеорния поток Персеиди от 9 до 13 август 1999 г. Специалистите от обсерваторията ще участват и в националната програма за наблюдения на пълното слънчево затъмнение на 11 август 1999 г.

## АСТРОНОМИЈА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

МИЈАТ МИЈАТОВИЌ

*Институт за физика, ПМФ, Скопје, Република Македонија  
Институт за нуклеарни науки "Винча", Белград, С.Р. Југославија*

Врз основа на моите податоци, прв човек роден на територија на денешната Република Македонија (во Кичево), а што се занимавал со астрономија бил Максим Трпковиќ (1864-1924). Трпковиќ завршил Природно-математички отсек на Филозофскиот факултет во Белград, а работел како гимназиски професор по математика во Пирот и во Белград. Името на Максим Трпковиќ е сврзано со предлогот за реформа на православниот календар (Миланковиќ 1952). Во периодот помеѓу 1900 и 1921 година Трпковиќ објавил седум расправи во кои што ги изложи своето сфаќање како да се реформира јулијанскиот календар така што тој да биде поточен од грегоријанскиот. Неговата идеја (која не била сосема нова) била да во текот на девет векови од јулијанскиот календар да се отфрлат седум дена, со што средната должина на тропската година би била 365 дена 5 часа 48 минути и 48 секунди, а што е за само 2 секунди повеќе од точната вредност. Предлогот на Трпковиќ го усвоила Српската православна црква како свој официјален предлог за Конгрес на Свеправославните цркви одржан во Цариград во 1923 година, а на кој го изложил (со некои модификации) познатиот астроном Милутин Миланковиќ. Светиот синод едногласно го прифатил овој календар, но мнозинството од православните цркви (меѓу кои и српската) го одложиле неговото спроведување.

Високото образование во Македонија почнува во 1920 година со формирање на Филозофски факултет во Скопје, како истурено оделение на Белградскиот филозофски факултет. Наставата се изведувала на српски јазик, а се изучувале: филозофија, историја, јазици, а од природните науки само географија. Во лекциите по географија што ги држал Атанасија Урошевиќ (1898-1991), подоцнежен академик, студентите се запознавале и со елементите на астрономијата.

Филозофскиот факултет ја обновува својата работа по Втората светска војна, во 1946 година, сега со настава на македонски јазик. Во рамките на Филозофскиот факултет постои и природно-математичко оделение, кое од 1958 година се издвојува во посебен Природно-математички факултет. Скопскиот Универзитет е формиран во 1949 година, а од 1969 година тој го носи името Универзитет "Св. Кирил и Методиј".



Во рамките на Природно-математичко оделение на Филозофскиот факултет во Скопје е пројавен голем интерес за развојот на астрономијата. За тоа најголеми заслуги има шефот на катедрата по физика Марин Каталиниќ (1887-1959) кој 1953-1955 бил и ректор на Скопскиот Универзитет. Каталиниќ покажал исклучителна активност: организирал да се пратат двајца студенти да студираат астрономија во Медон (Ковина Милошевиќ и Паскал Сотировски), набавил во 1955 година еден телескоп-рефрактор со дијаметар од 200 mm од француската фирма Secretan (Сл. 1) заедно со филтерот на Lyot за снимање на Сонцето. Во ова време со Каталиниќ блиско соработувал Др Ѓорѓе Николиќ (1908-1971), полковник во Географскиот институт на Југословенската армија во Белград, кој во 1952 и 1953 година држел курс по астрономија за неколку генерации студенти. Во Билтенот на Друштвото на математичари и физичари на Македонија се објавени и неколку трудови по астрономија (Роровиќ 1956). Професорот Каталиниќ покренал иницијатива за изградба на астрономската опсерваторија во Скопје на која би биле монтирани новонабавените инструменти. После многубројни дописи и одлуки на надлежните органи, опсерваторијата почнува да се гради на локацијата Зајчев Рид, во непосредна близина на градот. Но катастрофалниот земјотрес што го погодил Скопје во 1963 година, уште незавршената опсерваторија ја срушил до темел. Со ова, пионерското време за развојот на професионална астрономија во Република Македонија завршува и за нов поттик треба да се чека речиси три децении.

Меѓутоа, аматерската астрономија продолжува со својот развој. Во 1972 година градот Скопје добива еден значаен објект. Како поклон на владите на Советски Сојуз и Алжир е изграден планетариум со проекционен апарат од фирмата Zeiss. Планетариумот го посетуваат преку 5000 ученици во текот на годината и претставува омилено место за собирање на љубителите на астрономијата. Во рамките на движењето "Наука на младите" секоја година се одржуваат натпревари за учениците на основни и средни училишта на регионално и републичко ниво. Во 1986 година е објавен популарен учебник по астрономијата (Ценев 1986) чиј автор е Ѓоре Ценев.

Од 1991 година се прават обиди за нов подем на астрономијата во Република Македонија. Како прво, на Институтот за физика на Природно-математичкиот факултет во Скопје се воведува едносеместрален курс на астрономија со астрофизика кој се слуша со фонд на часови 2+2. Sprema планот за реформа на средно образование во Република Македонија се предвидува да се воведат астрономија како изборен предмет.

Од 1995 година излегува научно-популарен часопис "Астрономски алманах". Часописот излегува еднаш годишно и покрај табели на ефемериди содржи и популарни натписи за разни актуелности од астрономијата.

Во 1996 година е формирано Македонско астрономско друштво како здружение на љубители на астрономијата и научни работници што треба се грижат, на нивото на Република Македонија, за развојот на астрономија како наука и како значајна медиска дисциплина. Покрај ова здружение, постојат и две регионални астрономски друштва: битолско, кое постои од 1996

година и скопско, формирано во 1998 година. Сите овие друштва се мошне активни: организираат разни предавања, школи и кампови за љубители на астрономијата.

Македонските астрономи активно соработуваат со астрономите од соседни држави С.Р. Југославија и Бугарија. Македонското астрономско друштво членува во Евро-Азиското астрономско друштво со седиште во Москва. Од 1998 година Македонија е членка на Меѓународната астрономска унија.

### Референце

- Миланковић, М.: 1952, *Успомене, доживљаји и сазнања из година 1909 до 1944*, Посебна издања САНУ, књига СХСV.
- Popović, B.: 1956, *Vektoraj elementoj de elipsa moviго de dukorpa masocentro óirkaú tria kopo*, Bulletin de la société des mathématiciens et des physiciens de la République Populaire de Macédoine, tome VII, 24.
- Popović, B., *Kepler-legoj por la perturbata planedmoviго*, *ibid.*, 34.
- Ценев, Ѓ.: 1986, *Астрономија*, Македонска книга, Скопје.

**ИСТРАЖИВАЊЕ ОБЛИКА СПЕКТРАЛНИХ ЛИНИЈА  
АКТИВНИХ ГАЛАКСИЈА НА АСТРОНОМСКОЈ  
ОПСЕРВАТОРИЈИ У БЕОГРАДУ**

ЛУКА Ч. ПОПОВИЋ

*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11160 Београд-74, Југославија  
E-mail: lpopovic@aob.bg.ac.yu*

**Резиме.** На Астрономској опсерваторији у Београду се од 1994. године истражују облици спектралних линија код активних галактичких језгара. У почетку, истраживања су била теоријска, при чему је истраживан утицај гравитационог поља на облик спектралних линија. Касније ова истраживања су проширена анализом посматраних спектралних линија. На основу анализе посматраних емисионих спектралних линија врше се моделирања емисионих области код активних галактичких језгара. Посебна пажња се посвећује изучавању временске промене оних емисионих линија које указују на постојање две широколинијске емисионе области код ових објеката.

### 1. Увод

Истраживање облика и параметара спектралних линија помаже нам да разумемо физичке услове и стање плазме из које долазе. У ствари, једини начин да се изврши дијагностика плазме ван Сунчевог система је да се врше спектроскопска истраживања њеног зрачења (спектралних линија и континуума). Истраживања облика и параметара спектралних линија су веома значајна и зато што највише информација о небеским објектима добијамо управо анализирајући ове параметре.

Једни од најинтересантнијих објеката у космосу су активна галактичка језгра. Ови објекти, у које спадају и квазари, представљају веома моћне изворе зрачења, а једна од карактеристика тих објеката је да су у њиховим спектрима присутне веома јаке емисионе линије. Ове емисионе линије су карактеристичне за активне галаксије и код неких је према облику ових линија изведена подела. На пример Сејфертове галаксије са уским линијама у спектру (пуна ширина на половини висине – FWHM око неколико стотина km/s) припадају типу два – Sy 2, а оне које поседују широке линије (FWHM до неколико хиљада km/s) припадају типу један – Sy 1.

Широко је прихваћено мишљење да се у центру ових објеката налази црна рупа око које је акрециони диск. Овај систем је обавијен емисионом облашћу. На основу истраживања спектралних линија ових објеката (види

нпр. Osterbrock 1989) уочено је да се емисиона област у којој настају може поделити на више делова који имају различите физичке особине. Углавном су уочљива два таква региона:

1. Широколинијски регион или област (Broad Line Region – BLR), из које долазе широке, углавном водоничне и хелијумске, линије. Ова област се налази у околини акреционог диска, а њене димензије су мање од једног парсека. Састављена је од згуснућа материје – облака, који поред преовлађујућег ротационог кретања имају и сопствено кретање. Брзине ових облака, које су добијене на основу полуширина линија, крећу се у просеку око неколико хиљада  $\text{km/s}$  (види нпр. Osterbrock 1989). У овој области се електронска концентрација креће од  $10^7 \text{cm}^{-3}$  до  $10^{11} \text{cm}^{-3}$ , а температура је око 10000 К.
2. Усколинијска област (Narrow Line Region – NLR), из које долазе уске линије је већа и достиже до неколико килопарсека. Из ове области долази зрачење високојонизованих емитера (О III, С IV). Уочљиве су и линије из забрањених прелаза (нпр. О III[4959,5007]). Иначе у овој области је веома мала концентрација емитера, креће се од  $10 \text{cm}^{-3}$  до  $10^3 \text{cm}^{-3}$ .

Наравно, строго говорећи емисиона област је много комплекснија, тако нпр. наша истраживања усколинијског регион код галаксије Mkn 817 су показала да се овај састоји из два дела (Popović and Mediavilla 1997). Понекад у емисиону област можемо укључити и диск, тј. ефекти диска се могу одразити на облик спектралних линија, као што је то случај код галаксије III Zw 2 (Popović et al. 1997).

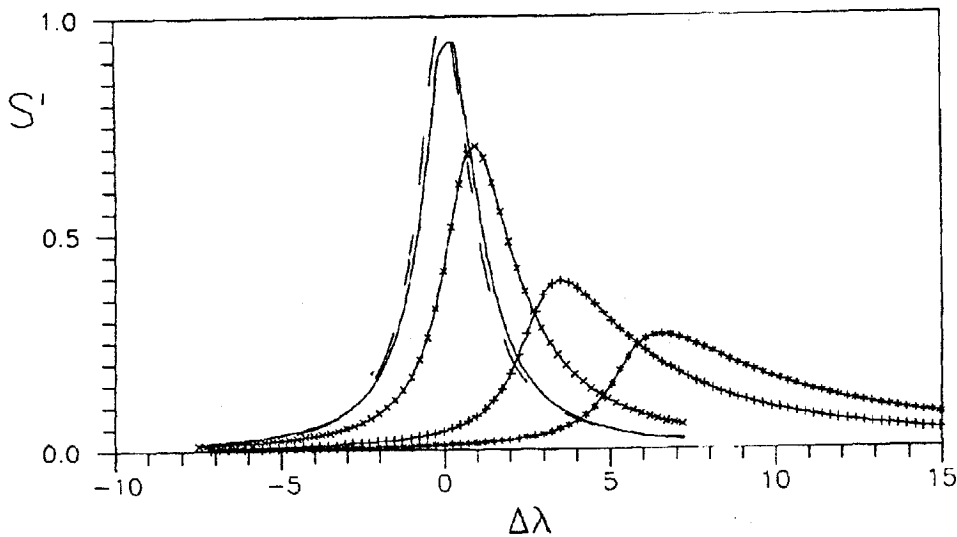
Истраживања облика спектралних линија код Сејфертових галаксија и квазара на Астрономској опсерваторији у Београду почела су 1994. године. Прва истраживања су била теоријска и била су везана за испитивање утицаја гравитационог поља на облик спектралних линија (Popović and Vince 1994, Popović et al. 1994ab, Atanacković et al. 1994, Popović et al. 1995a). Касније су та истраживања проширена на анализу облика посматраних спектралних линија са Кримске астрофизичке опсерваторије (Popović 1996). Овде укратко дајемо преглед ових истраживања на Астрономској опсерваторији у Београду. Ова истраживања се обављају у оквиру задатка *Истраживање облика спектралних линија код активних галактичких језгара*, а као део истраживачког пројекта Астрономске опсерваторије.

## 2. Утицај гравитације на облик спектралних линија

Истраживања утицаја гравитационог поља на облик спектралних линија код активних галактичких језгара су покренула истраживања везана за природу активних галактичких језгара на Астрономској опсерваторији. С обзиром на модел активног галактичког језгра, где је у центру језгра црна рупа, а област из које долазе линије, тзв. широколинијска област је у непосредној близини црне рупе, тј. налази се у јаком гравитационом пољу, може се очекивати да ово поље дејствује на емитовано зрачење које долази из ових објеката. У ком смислу? Прво, с обзиром да посматрану линију

добијамо као сумарно зрачење облака који се налазе у правцу посматања, а који су на различитим растојањима од центра, односно у различитим тачкама гравитационог поља, емитовано зрачење од појединих облака има различити гравитациони помак. Другим речима, зрачење оних облака који су ближе центру биће померено ка црвеном у односу на зрачење оних који су даље од црне рупе. Наравно, при томе морамо имати у виду да се ми као посматрачи налазимо у релативно слабом гравитационом пољу у односу на емитере који се налазе у широколинијској области или у акреционом диску активног галактичког језгра. У сваком случају то ће довести до деформисања облика спектралних линија ових објеката. Друго, емитери ће се налазити у јаком гравитационом пољу, па се то поље мора узимати у обзир кад рачунамо атомске параметре емитера (јачину осцилатора, вероватноћу прелаза и јачину у линији).

Као што је речено, прва истраживања су била везана за утицај гравитационог црвеног помака на облик емисионих спектралних линија у случају када је недеформисани профил Лоренцов (Popović and Vince 1994, Popović et al. 1994ab) и Војтов (Ataacković et al. 1994, Popović et al. 1995a). У оба случаја извели смо аналитичке изразе за урачунавање овог утицаја.



Слика 1. Облик деформисаног профила спектралне линије за различите таласне дужине прелаза  $\lambda_0$ , у поређењу са недеформисаним Лоренцовим профилем (испрекидана линија). Употребљене ознаке су: (—) за  $\lambda_0 = 1000 \text{ \AA}$  (пуна линија), (-x-x) за  $\lambda_0 = 10000 \text{ \AA}$ , (+ - + -) за  $\lambda_0 = 50000 \text{ \AA}$ , (- \* - \* -) за  $\lambda_0 = 100000 \text{ \AA}$ .  $\Delta\lambda$  је изражено у Лоренцовим полуширинама (Popović et al. 1994b)

У случају када је недеформисани профил емисионе линије Лоренцов ( $S(\lambda)$ ), аналитчки израз за деформисани профил ( $S'(\lambda, r, M)$ ) услед неједнаког гравитационог помака је (Popović et al. 1994ab)

$$S'(\lambda, r, M) = S(\lambda) \cdot \Phi(\lambda, r, M) \quad (1)$$

где је  $\Phi(\lambda, r, M)$  корекциони фактор који зависи од удаљености емисионе области од црне рупе  $r$  и масе централног објекта  $M$ .

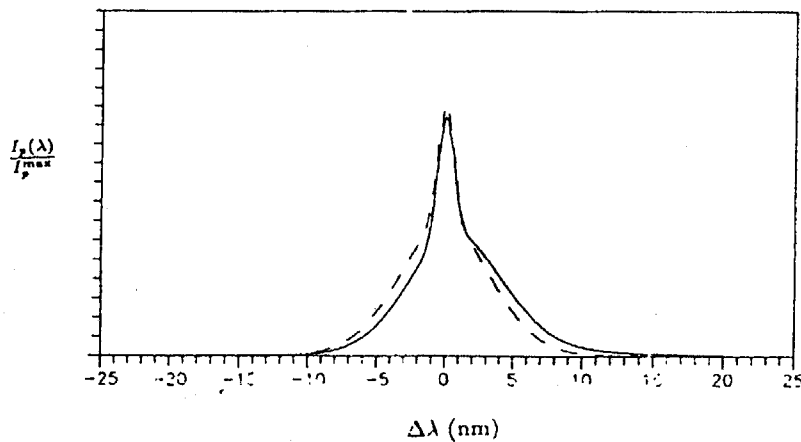
У случају када је недеформисани профил Војтов ( $H(a, x)$ ), израз за деформисани профил ( $H'(a, x, r, M)$ ) је (Porović et al. 1995a)

$$H'(a, x, r, M) = \frac{a}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} h(a, x) \cdot \Phi(a, x, y, r, M) dy \quad (2)$$

где је  $h(a, x)$  подинтегрални функција Војтовог профила

$$h(a, x, y) = \frac{e^{-y^2}}{a^2 + (x - y)^2},$$

$a$  је однос Лоренцове и Доплерове ширине, а  $x = \lambda - \lambda_0$  изражено у Доплеровим полуширинама. Корекциона функција  $\Phi(a, x, y, r, M)$  има исти аналитички облик као и у случају Лоренцовог профила.



Слика 2. Деформисана  $H_\beta$  линија услед гравитационог дејства (пуна линија) у поређењу са недеформисаном (испрекидана линија). Узет је модел активног галактичког језгра који претпоставља постојање три емисионе области (Porović et al. 1995a).

Утицај гравитационог помака на облик спектралне линије је разматран за оптички танку и оптички густу средину. Изведен је закључак да овај утицај доводи до деформисања профила спектралне линије тако да линија постаје проширенија, мањег интензитета, померана ка црвеном и асиметрична такође ка црвеном делу спектра (Слика 1). Овај утицај је израженији код оптички ретке средине, што у ствари важи за широколиниску област која је ближе црној рупи (Corbin 1997). Код активних галактичких језгара деформација емисионе линије требало би да буде видљива у

широкој компоненти, док у уској компоненти овај ефекат није изражен. Истраживања других аутора, која су рађена касније дала су сличне резултате (Corbin 1995, 1997ab).

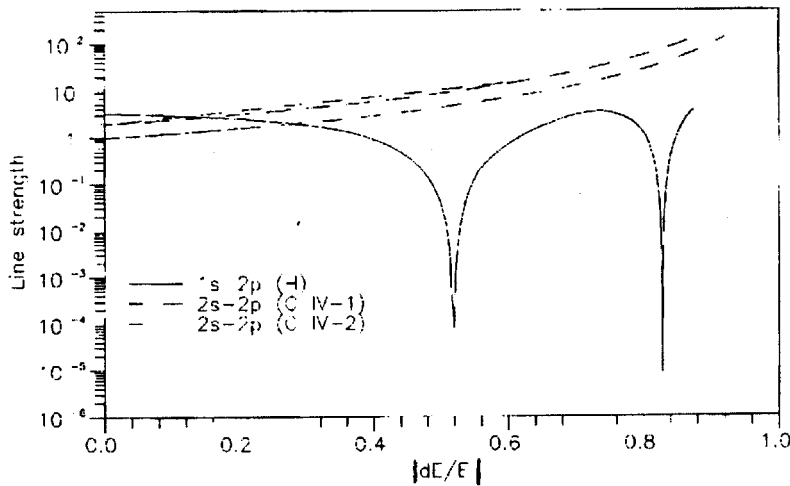
Релативно скоро почела су истраживања везана за утицај гравитационог поља на атомске параметре емитера (Porović 1997a, Porović 1999ab). Наиме, за посматрача који се налази у слабом гравитационом пољу, зрачење емитера ће бити померено ка црвеном, тј. посматрач ће упоређујући квантни систем у јаком гравитационом пољу са квантним системом у свом пољу измерити да се енергијски нивои разликују као

$$E'_i = E_i + \Delta E_i \quad (3)$$

где су  $E_i$  енергије нивоа квантног система у средини посматрача, а  $E'_i$  енергије квантног система одакле нам долази зрачење, а  $\Delta E_i$  је енергијска разлика која зависи од разлике у јачини гравитационих поља. Ова разлика се може израчунати код активних галактичких језгара знајући вредност гравитационог црвеног помака као (Porović 1999ab)

$$\Delta E_i \approx -\frac{z_G}{1+z_G} E_i, \quad (4)$$

где је  $z_G$  гравитациони помак. Конкретни прорачуни за јачине осцилатора и вероватноће прелаза изведени су за случај  $Ly_\alpha$  линије и резонантних линија код  $C IV$  емитера (Porović 1999a). Ове линије су интензивне у  $UV$  спектру активних галаксија.

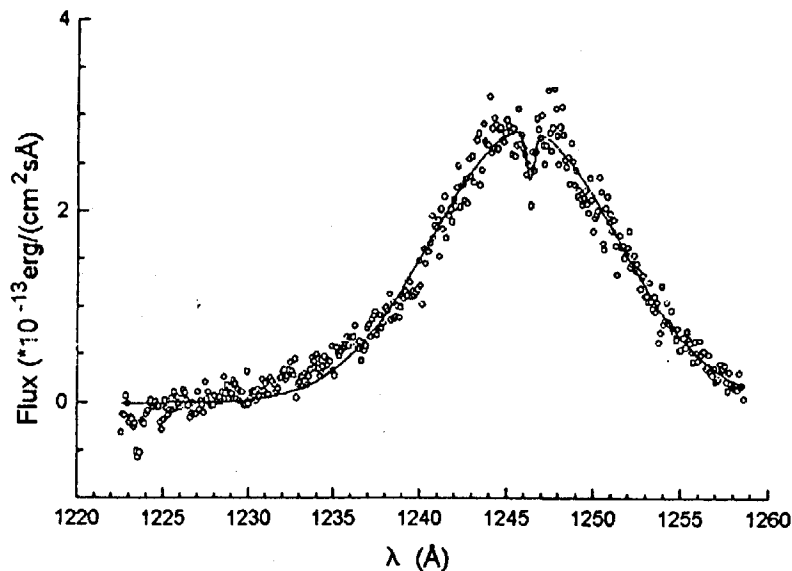


Слика 3. Јачина линије (у атомским јединицама) за  $Ly_\alpha$  (пуна линија) и резонантне  $C IV$  линије – испрекидане линије (Porović 1999a).

Овај ефекат требало би да буде урачунат при моделирању акреционог диска и широколинијске области код активних галактичких језгара на основу посматраног облика спектра линија. Такође, овај ефекат може бити значајан и код неутронских звезда.

### 3. Анализа посматраних профила емисионих линија активних галактичких језгара

После теоријског разматрања утицаја гравитационог поља на облик и параметре спектралних линија код активних галаксија, природно је било да се експериментално провере ови резултати. У ту сврху требало је анализирати профиле посматраних линија из спектра Sy 1 галаксија или квазара, где је у укупном профилу линије изражена широколинијска компонента, тј. компонента која долази из широколинијске области и/или акреционог диска. Прво такво истраживање је била анализа  $Ly_{\alpha}$  линије из спектра Sy 1 галаксије Mkn 335 која је добијена Хабловим космичким телескопом (Popović et al. 1995a). У ту сврху, извршено је растављање сложеног профила  $Ly_{\alpha}$  на две Гаусове компоненте. Испоставило се да је широка компонента померена ка плавом делу спектра. Када је од посматрања одузета уска компонента, добијен је профил који је имао црвену асиметрију (Слика 4). За објашњење таквог профила, направљен је модел где су сумирана зрачења облака која се налазе у различитим гравитационим пољима. При томе је узето да је присутно веома јако избацивање материје, тј. кретање облака ка посматрачу. Овакав модел где је узет утицај гравитационог поља дао је добро слагање са посматраним профилем код галаксије Mkn 335 (Popović et al. 1995b).



Слика 4. Широколинијска компонента  $Ly_{\alpha}$  линије код Mkn 335: тачке су резултат посматрања, док је пуна линија синтетизовани профил где је коришћен модел широколинијске области у којем су урачунати гравитациони ефекти (Popović et al. 1995b).

Потреба да се прибави посматрачки материјал, тј. посматрања већег броја активних галаксија у  $H_{\beta}$  линији како би се анализом посматраних



профила утврдио овај ефекат иницирала је обраду великог броја спектрограма Кримске астрофизичке опсерваторије (Popović 1996). Из овог посматрачког материјала извршена је анализа спектра  $H_\beta$  линије код три Sy 1 галаксије, са циљем да се уочи утицај гравитационог поља на ову линију. Зашто је изабрана област спектра око  $H_\beta$  линије? Првенствено због тога што се у малом распону таласних дужина у њеној околини налазе широка  $H_\beta$  линија и две уске O III [4959,5007] линије које скоро искључиво долазе из усколинијске области. Ово омогућава да се у анализу посматраног профила која је изведена фитовањем посматраних линија Гаусовим профилима уведу додатна ограничења која ће смањити могућност погрешног закључивања о емисионим областима.

У анализу помоћу Гаусових функција су уведене следеће претпоставке (Popović and Mediavilla 1997):

1.  $H_\beta$  линија је фитована најмање са три Гаусове компоненте које, због тога што долазе из различитих делова емисионе области, имају различите ширине, помаке и интензитета.
2. Извршено је повезивање усколинијских компоненти широке  $H_\beta$  линије и уских O III [4959,5007] линија. Наиме, узето је, с обзиром да долазе из исте области, да уске компоненте имају исти помак, а да се Гаусове полуширине линија ( $\Delta W$ ) односе као

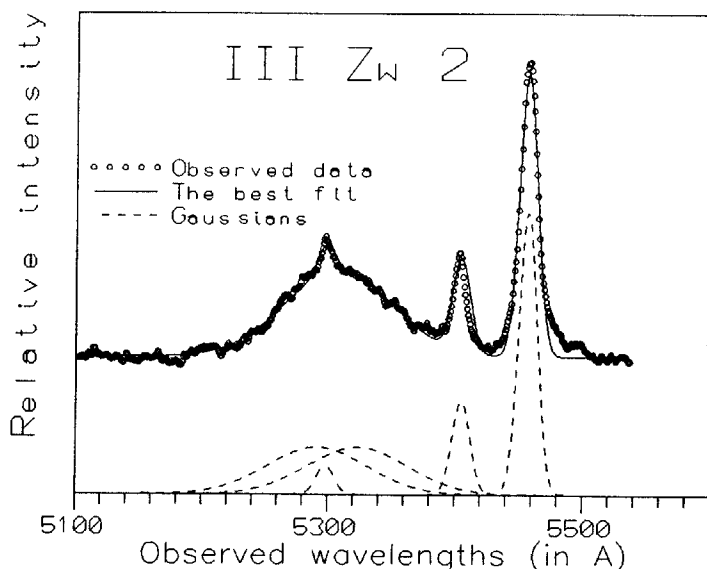
$$\frac{\Delta W_{H_\beta(NLR)}}{4861} = \frac{\Delta W_{4959}}{4959} = \frac{\Delta W_{5007}}{5007}.$$

3. Узимајући у обзир да су две линије O III настале прелазом унутар истих мултиплета, онда је узето да се њихови интензитети односе као њихове јачине у линији

$$\frac{I_{5007}}{I_{4959}} \approx 3.03$$

Извршена је анализа профила код три активна галактичка језгра: III Zw 2, 3C120 и Mrk 817. Ова три објекта су изабрана зато што код њих нису примећене брзе и велике промене облика линија. Поред тога ради се о Sy 1 галаксијама и квазарима код којих можемо очекивати да гравитациони ефект буде видљив. Узета су посматрања са Кримске астрофизичке опсерваторије из дужег периода, потом је извршено усредњавање спектра, при чему су сумирани спектри из краћег периода да би се неутралисали шумови који настају услед краткoпериодичних промена. Добијени спектри су анализирани и тражено је да код свих спектра једног објекта  $H_\beta$  буде растављена на исти број компоненти. После анализе посматраних профила код ова три активна галактичка језгра примећено је да је широколинијска компонента углавном померана ка црвеном делу спектра у односу на компоненту која долази из усколинијске области, што је сагласно са нашим теоријским истраживањима. То је посебно уочљиво код Mrk 817 и III Zw 2 (Popović 1997, Popović et al. 1998a, 1999). Такође је интересантно напоменути да је код Mrk 817 уочено постојање три емисионе области (широколинијска,

средњелинијска и усколинијска), док је код III Zw 2 примећено да се у  $H\beta$  линији могу уочити ефекти ротационог диска, тј. виде се јасно раздвојене две широколинијске компоненте.



Слика 5. Профили  $H\beta + O III[4959, 5007]$  III Zw2 разложени на компоненте. Јасно се види да  $H\beta$  има два врха која указују на диск који зрачи у домену  $H\beta$ .

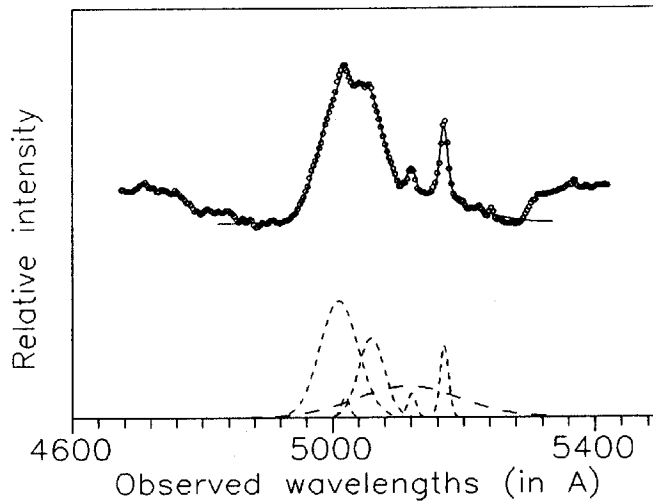
#### 4. Истраживање промена профила линија

С обзиром на велики посматрачки материјал који се налази на Астрономској опсерваторији, а који је посматран на 2.6 метарском телескопу Кримске астрофизичке опсерваторије од стране К. К. Чувајева, истраживања облика спектралних линија су проширена на истраживања промене облика линије у дужем временском периоду. Наиме, урађена је анализа  $H\beta$  профила код Акп 120 (Poročić et al. 1998b). Профили линија ове галаксије су веома промењиви, што указује на бурне реакције у широколинијској области. Испоставило се да  $H\beta$  профил код ове галаксије добро описује модел са три области. Једна од њих је усколинијска, а две су широколинијске.

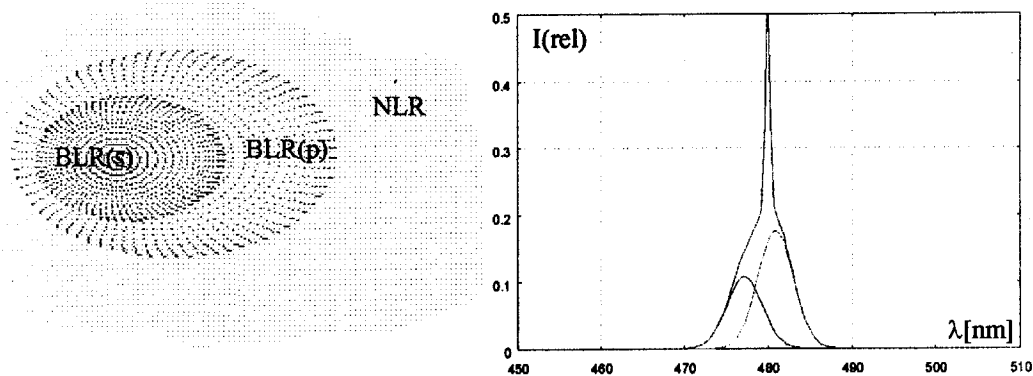
Код Акп 120 у црвеном крилу  $H\beta$  линије налази се веома широка компонента која доста варира а која вероватно припада линијама гвожђа и широким  $O III$  линијама (најшира компонента на Слици 6).

Ова истраживања дугопериодичних и краткопериодичних промена су скренула пажњу на објекте типа 3C390.3, а који су интересантни због тога што постоји могућност да се код тих објеката у центру налази двојна црна рупа (Gaskell 1996). С обзиром да поседујемо посматрања  $H\beta$  линије квазара 3C390.3 у дужем временском периоду, почели смо да развијамо један

теоријски модел тесно двојне црне рупе, или боље речено тесно двојних широколинијских региона, Слика 7, (Porović et al. 1998c). Ова истраживања се раде са циљем да се објасне комплексне линије посматране код 3C390.3 квазара и објеката који имају линије сличне овом објекту.



Слика 6. Профил  $H_{\beta}$  код Акп 120 садржи две широколинијске компоненте. Кружићи су посматране вредности, пуна линија је најбољи фит. Испрекидане линије представљају Гаусове компоненте.



Слика 7. Модел тесно двојних широколинијских региона (лево) и облик  $H_{\beta}$  линије коју емитује такав систем (десно). Ознаке на слици су:  $BLR(p)$ ,  $BLR(s)$  – широколинијске области примара и секундара, редом;  $NLR$  – усколинијска област. Уски врх линије потиче из усколинијске области (Porović et al. 1998c).

Ова истраживања ће бити настављена у наредном периоду. Пре свега развијени теоријски модел (Popović et al. 1998c) биће примењен за моделирање  $H\beta$  линије код квазара 3C390.3 чија посматрања обухватају период од око двадесетак година (Popović 1996). Са друге стране, и облик  $H\beta$  код Акн 120 такође указује на постојање две широколинијске области, што захтева даља истраживања.

Такође, облик  $H\beta$  линије код III Zw 2 стимулисао је истраживања везана за диск код ове галаксије. Са циљем одређивања параметара њеног диска извршена су посматрања ове галаксије по нашем предлогу на Исак Њутн телескопу (INT) на Канарским острвима. Обрада ових посматрања, као и посматрања C IV и  $Ly\alpha$  линија III Zw 2 донеће нам више информација о природи овог објекта.

### Референце

- Atanacković-Vukmanović O., Popović L. Č., Vince I. and Kubičela A.: 1994, *Bull. Astron. Belgrade* **150**, 1.
- Corbin M. R.: 1995, *Astrophys. J.* **447**, 496.
- Corbin M. R.: 1997, *Astrophys. J.* **487**, 517.
- Corbin M. R.: 1997, *ASP Conference Series*, **113** (eds. B. M. Peterson, F.-Z. Cheng and A. S. Wilson), p. 260.
- Gaskell C. M.: 1996, *Astrophys. J. Lett.* **464**, 107.
- Osterbrock D. E.: 1989, *Astrophysics of Gaseous Nebula and Active Galactic Nuclei*, Mill Valley, California.
- Popović L. Č.: 1996, *Publ. Astron. Obs. Belgrade* **54**, 49.
- Popović L. Č.: 1997a, *Abstracts of 29th EGAS* (ed. H.-D. Kronfeldt), Technische Universität, Berlin, p. 516.
- Popović L. Č.: 1997b, *Abstracts of JENAM – 97*, (July 2–5), Thessaloniki, Greece, p. 197.
- Popović L. Č.: 1999a, *Serb. Astron. J.* **159**, to be published.
- Popović L. Č.: 1999b, in preparation.
- Popović L. Č. and Vince I.: 1994, *Abstracts of IAU Sym. 159 Active Galactic Nuclei across the Electromagnetic Spectrum*, p. 55.
- Popović L. Č., Jevremović D., Vince I. and Milovanov T.: 1995, *Publ. Obs. Astron. Belgrade* **50**, 107 – 110.
- Popović L. Č., Vince I. and Kubičela A.: 1994a, In *Multi-Wavelength Continuum Emission of AGN* (eds. T.J.-L. Courvoisier and A. Blacha) p. 456.
- Popović L. Č. and Mediavilla E.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade* **57**, 95.
- Popović L. Č., Salim S. and Vince I.: 1997, *Abstract book of GA IAU 27, Kyoto* (August 17 – 30), p. 190.
- Popović L. Č., Pavlović R., Živkov V., Djurašević G. and Kubičela A.: 1998c, *19th SPIG, August 31 – September 4, 1998, Zlatibor*, Contribution, (eds. N. Konjević, M. Ćuk and I. R. Videnović), Faculty of Physics, University of Belgrade, Belgrade, p. 639.
- Popović L. Č., Trajković N. and Kubičela A.: 1998a, *Publ. Astron. Obs. Belgrade* **60**, 67.
- Popović L. Č., Trajković N., Kubičela A., Doroshenko V. T., Sergeev S. G., Bon E. and Stanić I.: 1998b, *Publ. Astron. Obs. Belgrade* **61**, 139.
- Popović L. Č., Vince I., Kubičela A. Atanacković-Vukmanović O. and Samurović S.: 1994b, *Bull. Astron. Belgrade* **149**, 9.
- Popović L. Č. Vince I., Atanacković-Vukmanović O. and Kubičela A.: 1995a, *Astron. Astrophys.* **293**, 309.
- Popović L. Č., Vince I., Kubičela A., Salim S.: 1999, *Proceedings of IAU Symp. No. 184* (Aug. 18–22 1997, Kyoto), *The Central Regions of the Galaxy and Galaxies*, to be published.

## АМАТЕРСКА АСТРОНОМИЈА У ЈУГОСЛАВИЈИ

ЛУКА Ч. ПОПОВИЋ

*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11160 Београд-74, Југославија*

*E-mail: lpopovic@aob.aob.bg.ac.yu*

**Резиме.** Активност астронома аматера у Југославији је каналисан кроз рад астрономских друштава. У Југославији постоје пет астрономских друштава. У раду се даје кратак преглед активности ових друштава. Више пажње је посвећено Астрономском друштву "Р. Бошковић", као најстаријем астрономском друштву на Балкану.

### 1. Увод

Чињеница да је прво астрономско аматерско друштво на Балкану основано у Београду још 1934. године говори о догој традицији аматерске астрономије у Југославији. Од 1934. године, па све до данас аматерски рад се углавном обављао кроз ово Друштво, тек шездесетих године почињу да се формирају астрономске подружнице, а као резултат рада тих подружница, формира се и астрономско аматерско друштво у Новом Саду. Тек у задње време на територији Југославије се формирају друга астрономска аматерска друштва, тако да данас ради пет оваквих друштава, то су: АД "Рудјер Бошкови" из Београда, АД "Нови Сад" из Новог Сада, АД "Белерофонт" из Крагујевца, АД "Алфа" из Ниша и АД "Милутин Миланковић" из Зрењанина. Овом списку треба додати и Истраживачку станицу у Петници, која иако има више едукативни карактер има и одређене активности које су везане за рад астронома аматера школског узраста.

У овом тексту биће речи о активностима ових друштава. Такође, имајући у виду да је Астрономско друштво "Р. Бошковић" најстарије и најбројније, нешто више простора ћемо посветити овом друштву.

### 2. Астрономско друштво "Руђер Бошковић"

#### 2.1. Историјски осврт

Друштво је основано 22. 4. 1934. године под називом Универзитетско астрономско друштво (Јанковић 1985). Предратно Друштво није имало своје просторије, тако да је организација активности Друштва била везана за најактивније чланове. Забележено је неколико посматрања која су чланову друштва обављали помоћу телескопа ручне израде, а највећи подухват

Друштва био је покретање часописа "Сатурн" који излази од 1935. до краја 1940. године, 12 пута годишње (Јанковић 1992).

Доласком окупатора у нашу земљу рад Друштва је забрањен, а с обзиром на поратне прилике, требало је да прође шест година од завршетка рата да се рад астронома аматера каналише кроз астрономско удружење. Прво је 1951. године, од стране студената астрономије, осниван Астрономски клуб "Руђер Бошковић". Касније, 1952. године, Клуб се трансформише у Астрономско друштво "Руђер Бошковић". Фактички ово друштво представља наставак рада предратног Астрономског друштва, јер су и чланови и документација, као и заостала имовина "старог" друштва прешла у надлежност новог. Ново име је прихваћено јер у оно време није било упутно настављати активност или доводити у везу било шта са "старим" предратним периодом.

Ново-старо Друштво је у почетку без просторија, али то не спречава чланове да већ наредне, 1953, покрену заједно са Ваздухопловним савезом Југославије часопис под називом "Васиона".

Тек после 12 године Друштво добија просторије у Деспотовој кули на Калемегдану (Ђурковић 1964). На врху куле су монтирана два телескопа Отвеј 100/1600 mm и Пајс 110/2000 mm. Касније, 1977. године, услед преуређења простор на врху Деспотове куле је био смањен, па је телескоп Отвеј конзервиран (Јеличић 1979).

Планетаријум, Пајсове производње, Друштво добија 1969. године. Планетаријум је такође смештен на Калемегдану, у старом купатилу – Амаму (доњи део Тврђаве) (Ђурковић и Шеварлић 1980). Планетаријум је почео са радом 1969, а званично је отворен фебруара 1970. године. Капацитет Планетаријума је 80 места.

Почетком деведесетих година, Народна опсерваторија је опремљена РС рачунарима што омогућује да се припрема часописа "Васиона" за штампу обавља у Друштву и прикључи на интернет (Samirović & Trajković 1996).

Пре распада СФР Југославије, Друштво је окупљало чланство са целог њене територије: У почетку, Друштво је имало низ подружница у Србији. Подружнице су се током седамдесетих година угасиле, осим подружнице у Новом Саду која је прерасла у посебно астрономско друштво. Данас Друштво окупља око 1000 чланова, првенствено са простора Србије и Црне Горе.

## 2.2. Активности Друштва

Активности Друштва се може поделити на следећи начин (Поповић 1997): *издавачка делатност, посматрачка активност, курсеви из астрономије и предавања, београдски астрономски викенди, рад библиотеке, педагошка активност и информисање јавности о астрономским појавама.*

**Издавачка делатност** је првенствено била везана за издавање часописа. Предратно Друштво је издавало лист "Сатурн" који је излазио 12 пута годишње. Први број "Сатурна" је изашао 1. фебруара 1935. године. Лист је забрањен крајем 1940. године. После Другог светског рата, почев од

1953. године Друштво издаје часопис "Васиона". Овај часопис до 1984. године излази четири пута годишње, а од те године излази пет пута годишње. Поред часописа, као издања Друштва појавила су се:

1. "Звезде и атоми" од А. Едингтона (превео М. Протић), штампано 1938. године;
2. "Улога Француске у развоју математике" од Е. Картан (превео М. Протић), штампано 1941 године;
3. "Записи и сећања на Астрономско друштво" од Н. Ђ. Јанковића, штампано 1984 године;
4. "Зборник радова VII Националне конференције астронома Југославије", штампан 1985. године;
5. "Комете сведоци прошлости", заједничко издање са Астрономском опсерваторијом, штампано 1986. године;
6. "Помрачења Сунца и Месеца" од Р. Бошковића (препевао Н. Ђ. Јанковић), штампано 1994. године,

Такође у издању Друштва појавиле су се и две карте звезданог неба штампане 1957. и 1971. године. Прву карту је урадио Милан Чавчић под руководством проф. В. В. Мишковића, а другу Јован Грујић, Зоран Ивановић и Никола Живановић. "Вртећа карта звезданог неба" од Л. Поповића и М. Поповића, штампана је 1991. године.

Посматрачка активност добила је пун замах тек по отварању Народне опсерваторије 1964. године. У посматрачке дневнике забележено је неколико хиљада аматерских посматрања. Углавном се ради о кампањама за време интересантних појава као што су окултације, помрачења, ..., али постоје покушаји и праћења краткостројично променљивих звезда, као и дугорочних промена везаних за активност Сунца.

У посматрачке дневнике нису нотирана посматрања која се за ведрих вечери петком и суботом организују за грађане. Такође при интересантним појавама, као што су помрачења и појаве комета, најактивнији чланови Друштва, заједно са запосленима на Народној опсерваторији организују посматрачке кампање.

Курсеви астрономије за почетнике се одржавају од 1965. године, када чланови Друштва почињу да користе просторије Народне опсерваторије. У почетку, курс је подељен на нижи који обухвата градиво из основа астрономије и виши, за оне који су положили нижи курс. Данас је Курс осмишљен тако да се кроз њега полазници упознају са основама астрономије, после њега полажу испит за сарадника Народне опсерваторије. До данас је овај испит положило више од 300 полазника.

Курсеви се одржавају два пута годишње, у пролеће и јесен, а постепено су мењали садржај, тако да је тренутно теоријски део одвојен од практичног. Сада је програм такав да тек након полагања теоријског дела, полазници стичу право да се обучавају на телескопу за практичан рад.

Београдски астрономски викенд је манифестација која се одржава од јула 1983. године По традицији Викенд се одржава сваке године у мају

или јуну. А основна намера је да се за време једног викенда (по традицији Београдски викенди почињу петком поподне, а трају до недеље поподне) љубитељи астрономије друже, упознају, размене искуства и литературу и да одслушају неколико занимљивих предавања. Уједно то је и прилика да се друже астрономи и астрономи аматери, тако да сваке године (суботом увече) учесници БАВА посете Астрономску опсерваторију.

На Народној опсерваторији је смештена библиотека, која броји преко хиљаду наслова, углавном астрономске литературе, али ту се могу наћи и књиге из других области. У библиотеци се налазе и популарни часописи из астрономије, као што су *Sky and Telescope*, *Astronomy*, *Земљ и вселенај* који су, као и књиге, доступни члановима Друштва. Велики број књига Друштво је добило на поклон од чланова, а током санкција, Друштво је добијало часописе из иностранства захваљујући члановима који су ван земље.

Педагошка активност се испољава кроз држање предавања у Планетаријуму ученицима средњих и основних школа. Та предавања су замишљена као допунска настава и у сагласности су са наставним програмима из географије – за основне школе и физике, односно астрономије – за средње школе.

Поред рада са ученицима, у Планетаријуму су осмишљени програми за студенте астрономије, геодезије и географије. Поред наведеног, рад Друштва на овом пољу се огледа и у сталној помоћи астрономским и географским секцијама основних школа. Осим тога, пружа се помоћ ученицима при изради матурских радова из астрономије.

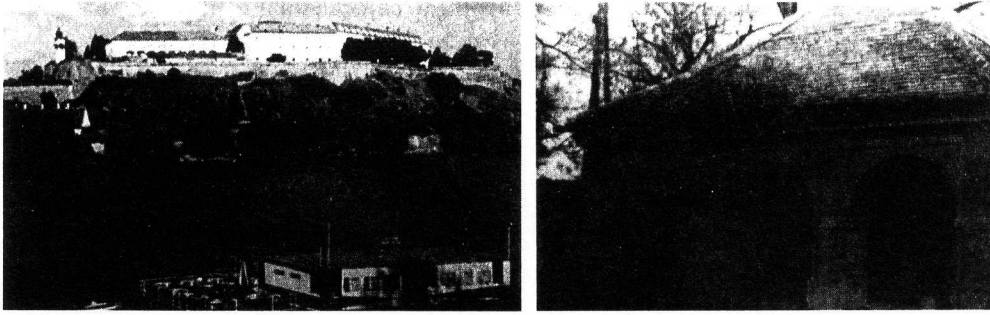
Друштво редовно информисе јавност о свим значајнијим појавама. Тако да је постала традиција да Друштво даје информације о доласку годишњих доба и другим интересантним појавама на небу. Поред информисања јавности путем медија (штампе, радија и телевизије) свакодневно се дају информације грађанима.

### 3. Астрономско друштво "Нови Сад" – АДНОС

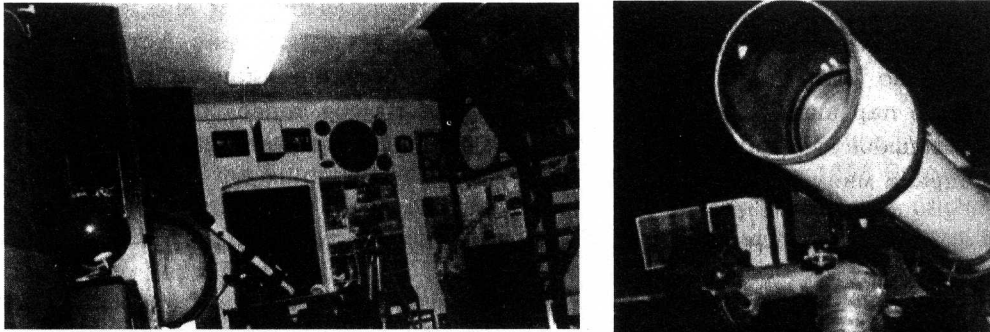
Астрономско друштво "Нови Сад" своје корене има у подружници АД "Руђер Бошковић", која је основана 1954. године при вишој педагошкој школи у Новом Саду. Ова подружница је била једна од најбројнијих у Србији, тако да је користећи своју бројност и тадашња друштвена кретања 4. марта 1974. године основано АДНОС (Францисти 1997). У почетку, друштво је без опсерваторије, мада поседује три мања телескопа. Тек 1989. године, Друштво у Новом Саду отвара опсерваторију на Петроварадинској тврђави (Францисти 1997). Опсерваторија је опремљена са рефрактором "Tasco 20T" 108/1600 mm и рефлектором "Meade" 200/1500 mm. Друштво има више од 200 чланова, од чега је око 20 активних.

Активност овог друштва се састоји у одржавању научно-популарних предавања, организовање посматрања интересантних небеских објеката и појава за грађанство, приказивање научно-образовних филмова и издавању





Слика 1. лево – Петроварадинска тврђава; десно – зграда Опсерваторије.



Слика 2. лево – Унутрашњост Опсерваторије; десно – телескоп.

научно-популарне литературе. У оквиру активности друштва одржава се циклус предавања под називом "Астрономија у 24 предавања", овај циклус се по традицији одржава сваке јесени почев од 1974. године. Такође се у оквиру Друштва одржава манифестација под називом "Астрономске вечери", у трајању од прве седмице маја до краја септембра, где се организују посматрања неба за време ведрих ноћи и приказују тематски филмови из астрономије.

#### 4. Астрономско Друштво Белерофонт из Крагујевца

Опсерваторија у Крагујевцу под називом Белерофонт отворена је 20. 2. 1986. године за време проласка Халејеве комете (Бабић 1997). Опсерваторија је смештена на крову Института за физику Природноматематичког факултета у Крагујевцу. Опремљена је са Касагрен телескопом 150/2250 mm и аматерском астрономском камером. Ова опсерваторија служи као

језгро Астрономском друштву "Белерофонт" које окупља љубитеље астрономије из Крагујевца. На опсерваторији се организују посматрања интересантних појава за грађане.

#### 5. Астрономско друштво "Алфа" из Ниша

Ово друштво је основано 1996. године, мада у Нишу још од шездесетих година са прекидима делују групе астронома аматера (Секулић 1997). Прво је, крајем шездесетих и почетком седамдесетих астрономско аматерски рад био усмаерен кроз подружницу астрономско друштва "Р. Бошковић" После престанка рада ове подружнице, крајем 70-тих године, професори и студенти групе физике Филозофског факултета оснивају Астро-геофизичко друштво. Ово Друштво није дуго радило, тако да се рад астронома аматера у Нишу одвијао преко асоцијације Младих истраживача и Истраживачке станице из Петнице, све до 1996. године, када је основано Астрономско друштво "Алфа". Друштво окупља неколико десетина чланова и до сада је имало пар акција. Друштво поседује један Пајсов телескоп 60/600 mm и мали школски дурбин. У плану је да се набави један телескоп и да друштво направи малу опсерваторију у Нишу.

#### 6. Астрономско друштво "Милутин Миланковић"

Аматерско астрономско друштво "Милутин Миланковић" основано је 1996. године у Зрењанину (Наумовски и Брацић 1997). У самом почетку, друштво је окупило око 200 чланова, углавном ученика основних и средњих школа. Друштво је до сада имало неколико акција, углавном кроз организовање популарних предавања. Планира се изградња аматерске опсерваторије у згради водоторња који припада комплексу дворца Каштел-Ечка.

#### Референце

- Бабовић, В.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 95.  
 Бурковић, П.: 1964, Кратки приказ свечаног отварања Народне опсерваторије друштва "Руђер Бошковић", *Васиона XII*, 73.  
 Бурковић, П. и Шеварлић, Б.: 1980, Како је Београд добио планетаријум, *Васиона XXXIII*, 4.  
 Јанковић, Н. Ђ.: 1985, Први председници друштва, Зборник VII Нац. конф. југ. астронома, *Публ. Астрон. друштва "Р. Бошковић" 4*, 37.  
 Јанковић, Н.: 1992, Нешто о покретању часописа Астрономског друштва, *Васиона XL*, 1.  
 Јеличић, М.: 1979, Завршени радови на Народној опсерваторији, *Васиона XXVII*, 82.  
 Наумовски, К. и Брацић, М.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 115.  
 Францисти, Ј.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 91.  
 Поповић, Л. Ч.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 77.  
 Samirović, S., Trajković, N.: 1996, The Astronomical Society "Rudjer Bošković" on Internet, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **54**, 213.  
 Секулић, М.: 1997, *Publ. Astron. Obs. Belgrade*, **56**, 111.

**INFLUENCE OF VARIATIONS OF THE EARTH'S ORBIT AND  
SOLAR LUMINOSITY ON THE SEA LEVEL CHANGES –  
BULGARIAN CONTRIBUTION TO SEA & SPACE EVENT OF  
EXPO-98**

Y.Y.SHOPOV, D. A. STOYKOVA, D.FORD\*,  
L.N.GEORGIEV, L.TSANKOV, D. GEORGIEVA

*Faculty of Physics, University of Sofia, James Bouchier 5,  
Sofia 1164, Bulgaria*

*\*Geography Dept., McMaster Univ., Hamilton, Ontario, L8S 1K4, Canada*

*E-Mail:YYShopov@Phys.Uni-Sofia.BG*

**Abstract.** This paper is an overview of the Bulgarian participation in Sea & Space event of the European Commission, which is a part of the 1998 European Week for Scientific and Technological Culture. We emphasise on the original research presented in our newsletter, which was awarded with the first prize in Bulgarian Sea & Space contest.

Calcite speleothems luminescence depends exponentially upon the soil temperatures which are determined primarily by the solar visible and infrared radiation. So the microzonality of the luminescence of speleothems is used as an indirect Solar Insolation (SI) proxy index. We measured a luminescent SI proxy record in a speleothem. The record has been dated by 6 TMS U/Th . It reveals determination of millennial and century cycles in the record. This record exhibits a very rapid increasing in SI at 139 kyrs +/- 5.5 responsible for the termination II (the end of the last glaciation). This increasing is preceding the one suggested by the orbital (Milankovitch) theory with about 10 kyrs and is due to the most powerful cycle of the solar luminosity with duration of 11,5 kyrs superposed on the orbital variations curve. The Devils Hole 18- O record suggests that the termination II happened at 140 +/- 3 kyrs. It follows precisely the shape of our experimental SI record. So the Devils Hole record approves the orbital theory, but suggests, that the solar luminosity contribution to the SI curves is severely underestimated. We demonstrate that the solar luminosity variations contribute to the Earth's heating almost as much as the variations of the Earth's orbit (Milankovitch cycles). Their most powerful cycle (with duration of 11 500 yrs) is responsible for the shifting of the timing of the last deglaciation. They are responsible for almost half of the variations in high resolution SI experimental records. So this millennial solar luminosity cycle can produce climatic variations with intensity comparable to these of the orbital variations. Solar luminosity and orbital variations both cause variations of the SI affecting the climate by the same mechanism.

## 1. Introduction

Sea & Space is an international contest of the European Commission which is a part of the 1998 European Week for Scientific and Technological Culture.

It has been set up jointly by the European Space Agency (ESA), the European Southern Observatory (ESO) and the European Association for Astronomical Education (EAAE). Sea & Space has strongly educational direction and is pointed mainly towards middle and high school students. Its subject are connections between Sea and Space in various natural ways and different levels.

11 registered groups participated in Sea & Space event in Bulgaria with total 39 student participants. Student astronomy club Urania at Sofia University participated with 4 high school and University students. Varna Astronomical Observatory and Planetarium took part with 9 groups, including children with different ages and interests. Bourgas Secondary School was presented by 4 students of "Bourgas" group.

Besides these groups there were also several active participants from Silistra and Smolyan city High Schools.

National Steering Committee decided to award the following individual participants:

1. First prize - Diana Stoykova, Student Astronomical Club Urania, at Sofia University, under the supervision of Dr. Yavor Shopov, for the paper "Influence of the Space Factors on the Sea" in the newsletter "Sea & Space- Bulgarian Overview".

2. Second prize - Svetlin Tassev, Group "Deep Space Voyagers" at the Public Astronomical Observatory - Varna, under the supervision of Veselka Radeva.

3. Third prize - Stanislava Stancheva, Group "Bourgas" under the supervision of Ognjana Stancheva.

The participation of our team in this event includes an original scientific research, which was done during the same year, concerning the influence of space factors on the sea level. The general aim of this study is to find possible influences of space forces on the glacial and interglacial periods of the Earth's climate. They produce dramatic changes in the sea level.

The newsletter "Sea & Space- Bulgarian Overview" contains several topics: the first is titled "Influence of Space Factors on the Sea". It contains mostly original research (Shopov et al., 1998, Stoykova et al., 1998) aimed to find possible space influences on the glaciations. The 2<sup>nd</sup> chapter "The Bible Flood - a Possible Result of Cosmic Catastrophe" contains an original explanation of the Bible flood as a result of falling of a giant asteroid over the Sun (Shopov et al., 1996b). The 3<sup>rd</sup> - "Water in the Space", and the last chapter "A Closer Look to the Space" contains an explanation of comets as celestial bodies and exhibits original photos of the comet Hale - Bopp and the deep sky.

## 2. Influence of Space Factors on the Sea

Long ago Croll (1864) and Milankovitch (1920) demonstrated that variations of the Earth's orbit cause significant variations of the amount of solar radiation received by the Earth's surface (Solar Insolation - SI). Since 1930 scientists have started to believe, that the glacial periods (ice ages) are result of such variations. There are 3 components of the orbital variations (Fig. 1) causing variations of SI:

1. Variations of the tilt (obliquity) or the Earth's axis regarding to the vertical to the plane of the ecliptic (plane of the Earth's orbit). It varies about  $1.5^\circ$  on either sides of its average angle of  $23.5^\circ$  with period about 41 000 years.

2. Precession - owing to the gravitational pull of the Sun and the Moon on the equatorial bulge of the Earth, its axis of rotation move slowly around a

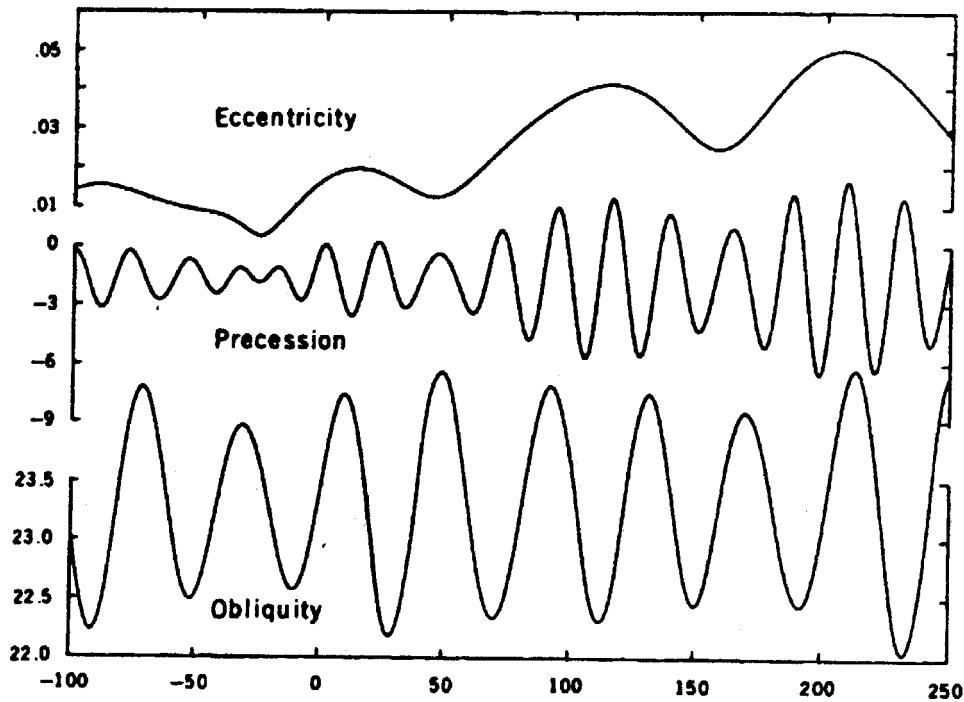


Fig.1. Future (negative age) and past variations of the eccentricity, precession and tilt as function of time (K= 1000) according to calculations by Berger (1978).

circular path and complete one turn every 23 000 years. It causes also precession of the equinoxes and solstices with the same period. Precessional motion is similar to rotation of the axis of a top.

3. Eccentricity is the ratio between the distance from the centre of the orbit to one of its focal points versus the semimajor axis of the Earth's orbit. It varies

with a number of the periods around 100 000 years. They cause small variations of the total Solar energy received by Earth.

Recent measurements (Winograd et al., 1988, 1992) of a cave deposit from Devils Hole (USA), which is the best dated paleoclimatic record, demonstrated that the end of the former period came 10 000 years before the one suggested by the orbital theory. This fact disapproves the theory because it demonstrates that the result appears far before the reason.

Orbital variations of the SI have been calculated theoretically by Berger (1978, 1992). His theoretical curves explain about half of the signal in the existing proxy paleotemperature records (Imbrie et al., 1992, 1993) derived from sea cores and polar ice. But the precise correlation demonstrates, that a significant part of it is not due to the orbital variations (Imbrie et al., 1992, 1993). The unexplained variation may be due to long-period self-variations of the solar emission (Solar Luminosity- SL).

The orbital theory has 2 presumptions:

1. That the SL is constant during the geological periods of time.
2. That Earth behaves as an absolute solid body independently of the orbital variations.

The recent studies demonstrated that both these presumptions are wrong. The direct satellite measurements of the solar constant demonstrated, that it varies with time as much as 0.4 % during the observation time span (Hickey et al., 1980), but it may vary much greater during the geological periods. Increasing of the ice volume and related sea level change during glaciations produce changes in the inertial moment of Earth and resulting changes of the speed of the Earth's rotation (Tenchov et al., 1993). These changes must affect in some degree the amplitude and maybe even the frequency of the orbital variations. The orbital variations cause also some deformation of solid Earth and redistribution of the ocean masses (Moerner, 1976, 1983). As a result the theoretical curves can be used only for qualitative reference. For quantitative correlation is necessary to use experimental records of the SI, because they contain also variations of the SL and number of others not covered by the orbital theory.

Till recently there were no quantitative proxy records able to demonstrate how big were the variations of the SL in geological time scale. In the last years Shopov et al. (1993, 1996a) measured the first such records covering a sufficiently long period in order to contain orbital variations.

The SL variations were estimated for the last 300 years from the observed sunspot numbers by Hoyt et al. (1993). A record of luminescence of a flowstone from the Duhlata cave (Bulgaria) has been used (Hoyt & Shopov, personal communication) to obtain a record of variations of Solar Irradiance ("Solar constant") in  $W/m^2$  for the last 10 000 years by calibration of the luminescence record with satellite measurements.

The calcite speleothems (stalagmites, etc.) usually display luminescence which is produced by calcium salts of humic and fulvic acids derived from soils above the cave (White & Brennan, 1989, Shopov, 1989). These acids are released by the decomposition of humic matter. The rates of decomposition depend

exponentially upon the soil surface temperatures that are determined primarily by the solar infrared radiation (Shopov et al., 1994). So the microzonality of luminescence of the speleothems can be used as an indirect Solar Activity (SA) index (Shopov et al., 1990). From a speleothem from the Cold Water cave, (Iowa USA) we obtained a high correlation coefficient of 0.9 between the luminescence record and SL Sunspot index measured since 1700 AD, and reconstructed sunspot numbers since 1000 AD with precision in the frames of experimental error of their measurements (Shopov et al., 1996a). The intensity of luminescence was independent on actual precipitation (zero correlation).

Time series of a SA index "Microzonality of Luminescence of Speleothems" are obtained by the Laser Luminescence Microzonal analysis (LLMZA) of cave flowstones described by Shopov (1987). The LLMZA allows measurement of luminescence time series with duration of hundreds of thousands years, but time step for short time series can be as small as 6 hours (Shopov et al., 1994) allowing resolution of 3 days (Shopov et al., 1988).

Striking correlation (with a correlation coefficient of 0.8) is demonstrated between the calibration residue delta 14-C record and a LLMZA speleothem record (Shopov et al., 1994). The Cosmic Rays Flux (CRF) and inverted sunspot numbers demonstrate the same correlation coefficient of 0.8 (Beer, 1991). The 14-C record represents the CRF and its modulation by the solar wind.

We measured a luminescent SI proxy record in a speleothem (JC11) from Jewel Cave (South Dakota USA) (Shopov et al., 1998, Stoykova et al., 1998). This record covers 89 300- 138 600 yrs B.P. with high resolution (34 years) and precision of measurements better than 1%. It reveals determination of millennial and century cycles in the record. This TIMS U/Th dated record exhibits a very rapid increasing in SI at 139 kyrs +/- 5.5 kyrs (2 sigma error) responsible for the termination II. This increasing is preceding the one suggested by the orbital theory with about 10 kyrs and is due to the most powerful cycle of the SL with duration of 11,5 kyrs superposed on the orbital variations curve. The Devils Hole 18- O record suggests that termination II happened at 140 +/- 3 kyrs. It follows precisely the shape of our experimental SI record. So the Devils Hole record approves the orbital theory. This result is confirmed by another U/Th dated luminescent SI proxy record in a speleothem from a Bulgarian cave 10 000 km far from the JC11 site.

Imbrie et al. (1985) demonstrated that orbital variations cause major changes of the global sea level, because of the melting of polar ice caps by the solar radiation. They even expressed units of orbital variations in resulting sea level changes in meters regarding the modern sea level. According to Fairbanks (1989) during the last glacial maximum (18 000 years ago) global sea level was 120 meters below the modern one. The reason for this is that water and ice adsorb strongly the infrared solar radiation, resulting in melting of the ice. Lower SI during glaciations allows higher ratio between ice precipitation and melting, resulting in increasing of ice accumulation and preservation, and also in advance of the ice shields in direction to the equator. The melting of this ice during interglacials cause rising of the sea level.

### 3. The Bible Flood - a Possible Result of a Cosmic Catastrophe?

A Bulgarian scientific team demonstrated, that the Bible Flood probably is with age equal to the beginning of the bible chronology (Creation of the World), i. e. 5 500 years B.C. Studies of Shopov et al. (1996b, 1997b) suggested, that around 7 500 B.C. precipitation over Bulgaria, averaged over 120 years exceeded tens times the recent values. Presuming that the excess precipitation had fallen only within 1 year, this means a never seen rainfall (flood). Such event is described in the Bible, Greek mythology and the Sumerian epic Gilgamesh (compiled during III millennium B.C. on the base of more ancient legends). Such immemorial precipitation probably would lead to some temporary rising of the Black Sea level. Such rising at 5 500 B.C. was recently suggested (see International Herald Tribune, December 19, 1996) by an international team of scientists lead by Dr. William Rayn and Walter Pittman from Columbia University, Palisades, New York. They demonstrated that the Black sea level rose with 150 meters in one year, flooding 160 000 square kilometres. Before this event Black sea was an isolated fresh water lake. The Black Sea level rising itself can not undoubtedly be related to the flood, but combined with the never seen (during the human civilisation) precipitation at that time definitely leads to the thought that this phenomenon is namely the Bible flood.

The Bulgarian result has been obtained by study of the variations of the growth rate of a stalagmite from Duhlata cave (Sofia district, Bulgaria). The cave flowstones, stalactites and stalagmites usually are built of calcium carbonate, obtained by partial dissolving of the bedrock over the cave. This solution precipitates a part of the dissolved carbonate in the form of cave speleothems (stalactites, stalagmites, etc.). They grow continuously hundreds thousand years. As bigger is precipitation, as higher is the amount of the bedrock dissolved and reprecipitated over the stalagmite and as faster is its growth. Therefore speleothem growth rate is linearly proportional to the amount of precipitation in the past. A curve of the stalagmite growth rate variations, representing past precipitation has been obtained by dating of a sequence of points along the stalagmite growth axis. In this way it is demonstrated, that around 7 500 B.C. the averaged for 120 years stalagmite growth rate exceeds 50 times the recent value. The obtained result is confirmed also by independent dating of the same sample by radiocarbon dating and other modern dating methods.

The never seen precipitation at that time had contributed to the rising of the sea level. Moerner (1988) found a rapid rising of the sea level with 17 m between 8 000 and 7 500 B.P.) and maybe caused the final rising, which had turned the Mediterranean Sea over the edge to flood the Black Sea region. Such precipitation can not be produced by any known Earth force. It requires rapid increasing in evaporation of water, but there are no evidences of rapid warming during the flood. So the only possible reason for such evaporation is increasing of the SL with several percentages. Water absorbs strongly the infrared solar radiation, which causes melting of glaciers and evaporation of water. But the SL usually remains rather steady (Solar constant). Shopov et al. (1997b) believe that



such higher solar radiation can be produced by an extraordinary solar eruption or (perhaps more likely) by explosion of a comet or asteroid in the solar atmosphere. Such explosion (like Tungusian meteorite) can cause a major mixing of parts of Solar shells and appearance of warmer Solar matter from a depth to the Solar surface. Probably several years would be necessary for recovery of the Sun from such a catastrophic event.

#### 4. Conclusions

The SL variations contribute to Earth's heating almost as much as the variations of the Earth's orbit (Milankovitch cycles). Their most powerful cycle (with duration of 11500 yrs) is responsible for the shifting of the timing of the last deglaciation. They are responsible for almost half of the variations in high resolution SI experimental records.

#### References

- Beer, J.: 1991, in "The Sun in Time", Eds. C.Sonett, M.Giampapa, M. Matwthews, pp. 343-359.
- Berger A.: 1978, *J.Atm. Sci.*, v.35, pp. 2362-2367.
- Berger A., Loutre M.F.: 1992 - *Quat. Sci. Res.*,v.10, pp. 297-317.
- Croll, J.: 1864, *Philosophical Magazine*, 28, pp. 121-137
- Dermendjiev V., Shopov Y.Y.: 1992 in: *Solar- Terrestrial Variability and Global Changes*, Eds. W.Schoder, J.-P. Legrand, Bremen- Roennebeck, p.145.
- Fairbanks R.G.: 1989 - *Nature*, v.342, pp.637-642.
- Gilson, R.J., and Macarthyney, E.: 1954, *Ashford Speleological Society Journal*, v.6, p.8.(abstr.)
- Hickey J. et al.: 1980 - *EOS*, 61,355.
- Hoyt D., Schatten K. H.: 1993 - *J. Geophys. Res.*, v.98, N.A11, pp.18895- 18906.
- Imbrie J.: 1985 -*J. Geol. Soc. London*, v.142, pp.417-432.
- Imbrie J., Boyle E.A., Clemens S.C., Duffy A., Howard W.R., Kukla G., Kutzbach J., Martinson D., Mix A.C., Molfino B., Morley J., Peterson L.C., Pisias N.G., Prell W.L., Raymo M.E., Shackelton N.J., Toggweiler J.R.: 1992 - *Peleoceanography*, v.7, N.6, 701-736.
- Imbrie J, Boyle E.A., Clemens S.C., Duffy A., Howard W.R., Kukla G., Kutzbach J., Martinson D., Mix A.C., Molfino B., Morley J., Peterson L.C., Pisias N.G., Prell W.L., Raymo M.E., Shackelton N.J., Toggweiler J.R.: 1993 - *Peleoceanography*, v.8, N.6, 669- 735.
- Milankovitch, M.: 1920 - book: *Theorie mathematique des phenomenes thermiques produits per la radiation solaire*, Gauthier-Villrs, Paris
- Moerner N.-A.: 1976 - *J.Geol.*,84,123.
- Moerner N.-A.: 1983 - In: "Mega- Morphology", Eds. R. Gardner and H. Scooging, 73, Oxford Univ. Press.
- Moerner N.-A.: 1988 - In: "Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10000 Years", Eds. F.Stephenson and A. Wolfendale, Kluwer Acad. Publ., pp.455-478.
- Shopov Y.Y.: 1987, in "Problems of Karst Study of Mountainous Countries" (Proceedings of the International Symposium of Speleology 5-1 2 Oct. 1987),MEISNIEREBA,Tbilisi, pp.228-232; *Exped. Annual of Sofia Univ.*,v 3/4, pp. 104-108.

- Shopov Y.Y., Dermendjiev V.N., Buyukliev G.I., Georgiev L.N, Stoychev T.S.: 1988, Communications of the Int. Symp. on Phys., Chem & Hydrogeological Research. of Karst, May 10-15, 1988, pp.97-100; Exped. Ann. Univ. of Sofia, A- Speleology, v.5, pp.17- 27.
- Shopov Y.Y., Dermendjiev V.I., Buyukliev G.: 1989, Proc. of 10th Intern. Congress of Speleology, 13-20 August 1989, Budapest, v.1, pp.95-97.
- Shopov Y.Y., Dermendjiev V.I.: 1990, Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sci., v.43, 7, pp.9-12.
- Shopov Y.Y., Ford D.C., Schwarcz H.P.: 1994, Geology, v.22, p.407 –410.
- Shopov Y.Y., L.Tsankov, L.N.Georgiev, A.Damyanova, Y. Damyanov, D.C. Ford, C.J.Yonge, W. MacDonald, H.P.R. Krouse: 1996a, in book "Climatic Change- the Karst Record", Ed. S.E. Lauritzen. KWI, Bergen, p. 150-151.
- Shopov Y.Y., L.Tsankov, L.N.Georgiev, A.Damyanova, Y. Damyanov, E. Marinova, D.C. Ford, C.J. Yonge, W. MacDonald, H.P.R. Krouse: 1996b, in book "Climatic Change- the Karst Record", Ed. S.E. Lauritzen. KWI, Bergen, 155-156.
- Shopov Y.Y.: 1997a, in book: "Cave Minerals of the world" second edition, Ed. C.Hill, P. Forti, NSS, Huntsville, Alabama, USA, PP. 244-248
- Shopov Y.Y., L.Tsankov, L.N.Georgiev, A.Damyanova, Y. Damyanov, E. Marinova, D.C. Ford, C.J.Yonge, W. MacDonald, H.P.R.Krouse: 1997b, Proc. of 12th UIS Congress, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, August 1997,.1, 107.
- Shopov Y.Y., D. A. Stoykova, D.Ford, L.N.Georgiev, L.Tsankov: 1998, Abstracts of AGU Chapman Conference on Mechanisms of Millennial- Scale Global Climate Change, June 14- 18, 1998, Snowbird, Utah, p.25
- Stoykova D.A., Y.Y.Shopov, D.Ford, L.N.Georgiev, L.Tsankov.: 1998, Abstracts of AGU Chapman Conference on Mechanisms of Millennial- Scale Global Climate Change, June 14- 18, 1998, Snowbird, Utah, p.26.
- Tenchov G. G., Tenchov Y. G.: 1993, Compt. Rend. l'Acad. Bulg. Sci., v.46, N.12, pp.37-40.
- White W.B, Brennan E.S.: 1989, Proc. of 10th International Congress of Speleology, 13-20 August 1989, Budapest, v.1, pp.212- 214.
- Winograd I. J. Szabo B. J., Coplen T. B., Riggs A. C.: 1988 - Science, v.242, pp.1275-1280.
- Winograd J. Coplen T.b., Landwehr J.M., Riggs A.C., Ludwig K.R., Szabo B.J., Kolesar P.T., Revesz K.M.: 1992)- Science, v.258, pp.255-260.

## NEW NARROW AND BROAD BAND IMAGES OF THE RINGED SEYFERT 2 GALAXY MARK 620

I. YANKULOVA

*Department of Astronomy, Faculty of Physics,  
St Kl. Okhridski University of Sofia, 5 James Bourchier St,  
BG - 1126 Sofia, Bulgaria  
E-mail YAN@PHYS.UNI-SOFIA.BG.*

**Abstract.** We present new flux calibrated narrow and broad band images of the circumnuclear region of Seyfert 2 galaxy Mark 620 = NGC 2273 in the light of [O III]  $\lambda$ 4959 Å, [O I]  $\lambda$ 6364 + [Fe X]  $\lambda$  6374 Å Å and [N II]  $\lambda$ 6548 Å emission lines and two continuum images at  $\lambda$ 6300 Å and  $\lambda$ 4260 Å, and in broad band *Gunn r* continuum.

The color map  $F_{\lambda}(6300\text{Å})/F_{\lambda}(4260\text{Å})$  reveals a dusty ringlike structure around the nucleus of Mark 620.

Based on the color map  $F_{\lambda}(6300\text{Å})/F_{\lambda}(4260\text{Å})$  we have estimated an extinction of  $A_V = 1.704$  which yields  $10^5 \times M_{\odot}$  for the mass of the dust in the ring.

### 1. Introduction

In recent years, several arguments have been advanced to indicate that galaxy interactions and/or orbital resonances can lead to the enhanced fueling of various kinds of nuclear activity, especially the Seyfert and Starburst phenomena (Heckman 1990, 1991; Dultzin-Hacyan, 1997).

In the theory of AGNs the luminous ( $L_{IR} > 10^{10}L_{\odot}$ ) IRAS galaxies play an important role. Studies of dust and gas distribution in the circumnuclear regions of luminous IRAS AGNs galaxies with rings and bars provide an information both about the link between the AGN and star formation events and about the matter transport to the active nucleus.

NGC 2273 (Mark 620) was discovered by Huchra et al. (1982) to be a type 2 Seyfert galaxy and classified by de Vaucouleurs et al., 1991 [RC3] as a morphological type SB(r)a. The heliocentric recession velocity is  $cz = 1875 \text{ km sec}^{-1}$  [RC3].

NGC 2273 has been detected by IRAS (Lonsdale, Lonsdale & Smith, 1992 hereafter LLS92) with strong far infrared emission (FIR)  $L_{FIR} \sim 10^{10}L_{\odot}$ .

The continuum measurements by Krugel et al. (1988) at  $1300 \mu\text{m}$  and the spectral index between 100 and  $1300 \mu\text{m}$  clearly indicate that the emission must be thermal reradiation from dust.

The mid-infrared emission of Mark 620 at  $10 \mu\text{m}$  measured by Devereux (1987) in small aperture ( $\sim 5 \text{ arcsec}$ ) is due to thermal dust reradiation of the UV/optical emission of the central source (Giuricin et al., 1995).

CCD interference-band images isolating the emission lines of  $H\alpha + [N II]$  and  $[O III] \lambda 5007$  were obtained by Pogge (1989) and Mulchaey, Wilson and Tsvetanov (1996) (hereafter MWT96) to search for spatially extended circumnuclear emission regions.

We present the results of new narrow and broad-band imaging to study gas and dust distribution in the circumnuclear region of the ringed Seyfert 2 galaxy Mark 620.

## 2. Observations and data reduction

### 2.1. OBSERVATIONS

Mark 620 has been observed with the 2m Ritchey-Chretien-Coudé (2-m RCC) reflector of the Bulgarian National Astronomical Observatory (BNAO) at Mount St. Spirit near Rozhen, Rodopa mountains. The observations were carried out on December 12, 1992.

The narrow-band images were taken with the Focal Reducer of the Max-Planck-Institute for Aeronomy (MPAe). The technical data and the capabilities of the MPAe Focal Reducer are described by Jockers (1992).

The telescope/reducer configuration and the CCD's square  $22 \mu\text{m}$  pixels provide an image scale of  $0''.8 \text{ px}^{-1}$ .

Images through interference filters centered near the wavelengths of  $[N II] \lambda 6548$   $[O III] \lambda 4959$  and  $[O I] \lambda 6364 + [Fe X] \lambda 6374$  ("on-line") and on the emission free continuum windows at  $\lambda 4260$  and  $\lambda 6300$  ("off-line") were obtained. The "off-line" images were used to subtract the continuum contribution contained in the "on-line" images. Moreover, the "off-line" images were used to form the color map.

A broad band image was obtained with *Gunn r* interference filter.

**Table 1.** M 620 - observing log and related data.

image frame	interference filter, $\lambda_c/\Delta\lambda$ ( $\text{\AA}$ )/( $\text{\AA}$ )	exposure time (s)	final FWHM resolution (arcsec)
$[N II] \lambda 6548$	6567/30	$1 \times 300$	4.4
$[O I] \lambda 6364 + [Fe X] \lambda 6374$	6420/30	$2 \times 300$	3.2
red continuum	6300/34	$2 \times 300$	3.2
$[O III] \lambda 4959$	5003/40	$2 \times 300$	2.7
blue continuum	4260/34	$2 \times 300$	3.1
<i>Gunn r</i>	6550 /900	$2 \times 300$	4.3

The observing log is presented in Table 1 where the central wavelengths  $\lambda_c$  and the effective width  $\Delta\lambda$  of the interference filters, and the spatial resolution of the images in terms of the point-spread function (PSF) are listed.

### 2.2. DATA REDUCTION

The images were reduced following the usual reduction steps for narrow-band imaging ( Haniff, Wilson & Ward 1988 ; Perez-Fournon & Wilson 1990 ; Tsvetanov & Walsh 1992 ).

After flat-fielding the frames were aligned by rebinning to a common origin. The final alignment of all the images was estimated to be better than  $0''.1$ . As an unwanted by-product of the rebinning procedure a small decrease of the resolution ( $\sim 0''.15$ ) was noticeable. The two images taken through the same filter were averaged and the cosmic-ray signatures were removed.

Unfortunately, small tracking errors of the 2-m RCC telescope caused residual ellipticities in the PSFs of our frames. Therefore, a convolution procedure was performed in order to match the PSFs of each line - continuum pair. The same procedure has been applied to those images which later were used in the mapping of continuum emission ratios. This degraded the final resolution to a mean value of  $\sim 3''.3$ .

### 3. Results

#### 3.1. BROAD AND NARROW - BAND CONTINUUM IMAGES

Contour map of the broad band  $r$  continuum is presented in Fig.1. Several morphological features are clearly seen : the outermost pseudoring structure at radius of 7.3 kpc ( $\approx 60$  arcsec); an ovally distorted disk with a radius of about 30 arcsec. The innermost visible structure is a bar with P.A.  $\approx 114^\circ$ . Weak spiral arms originate from the bar and form an inner pseudoring with radius  $\approx 2.4$  kpc ( $\approx 20$  arcsec). Similar features have been noted and discussed by Gallagher & Wirth (1980) and van Driel & Buta (1991).

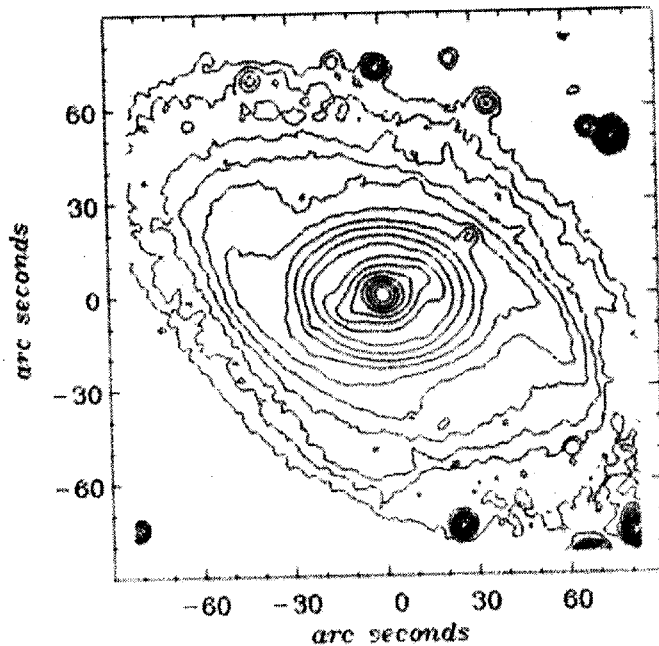


Fig. 1. CCD *Gunn r* contour plot. First contour is at  $2\sigma$  from the background ( $1\sigma$  background noise level is  $3 \times 10^{-18}$  ergs  $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{arcsec}^{-2} \text{\AA}^{-1}$ ). The other contours increase as a power series of 2.

It should be noted, the *Gunn r* continuum contour map ( Fig.1 ) shows an isophotal twist in the innermost region of Mark 620. Similar isophotal twists are observed in early type spirals and could be associated with inner Lindblad resonances (ILR) (Elmegreen et al.,1996).

The continua images obtained at  $\lambda 4260 \text{ \AA}$  and  $\lambda 6300 \text{ \AA}$  were used to create the narrow-band color map, presented in Fig. 2, where "black" means excess of light while "white" means absorption.

The color map (Fig. 2) reveals an inner redder structure reminding of dusty ring around the AGN nucleus of Mark 620. This ringlike structure has a diameter of about 14 arcsec corresponding to  $\approx 1700 \text{ pc}$ . Its mean projected thickness is about 500 pc.

A second dusty ring is clearly seen on the color map. Its radius is  $\approx 20 \text{ arcsec}$  (2.4 kpc) and is approximately placed on the inward side of the ovaly distorted disk. Gallagher & Wirth (1980) have also shown the presence of outer rather red ring.

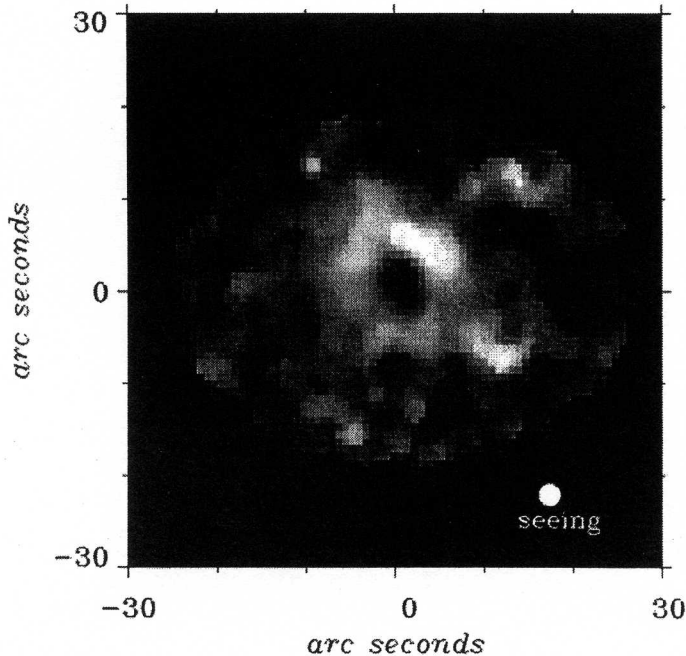


Fig. 2. Red/blue narrow-band color map of Mark 620.

### 3. 2. NARROW - BAND EMISSION LINE IMAGES

The emission line contours of  $[\text{O III}] \lambda 4959$  and  $[\text{N II}] \lambda 6548$ ,  $[\text{O I}] \lambda 6364 + [\text{Fe X}] \lambda 6374$  superimposed on the  $F_{\lambda}(6300\text{\AA}) / F_{\lambda}(4260\text{\AA})$  color map are presented in Fig.3 and Fig.4.

The corresponding  $1\sigma$  background noise levels in the emission line images are presented in Table 2. The lowest isophotal level is at  $3\sigma$  above the sky subtraction level and the following contours are multiplied with  $\sqrt{2}$ .

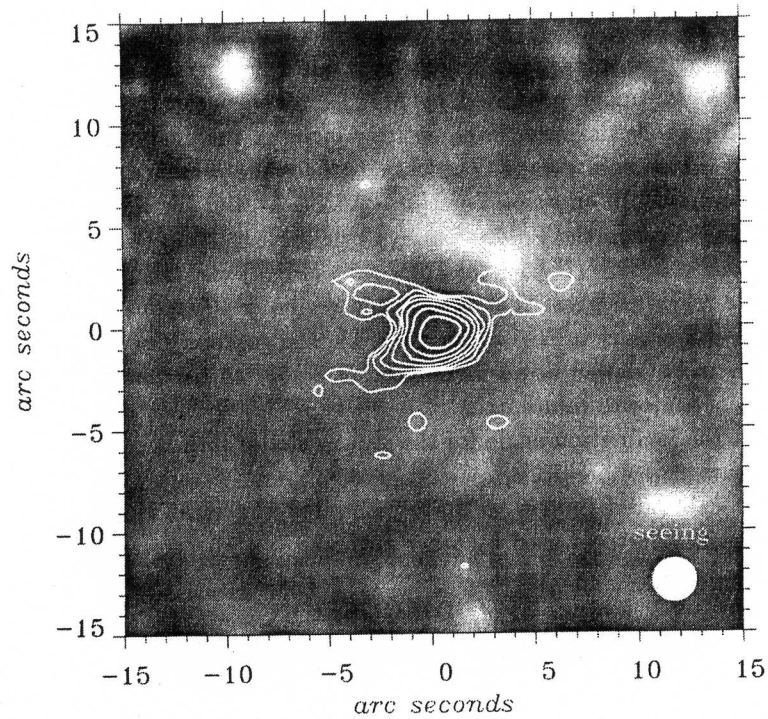


Fig. 3. The  $[O\ III]\lambda 4959\ \text{\AA}$  -emission contours superimposed over the red/blue narrow-band color map.

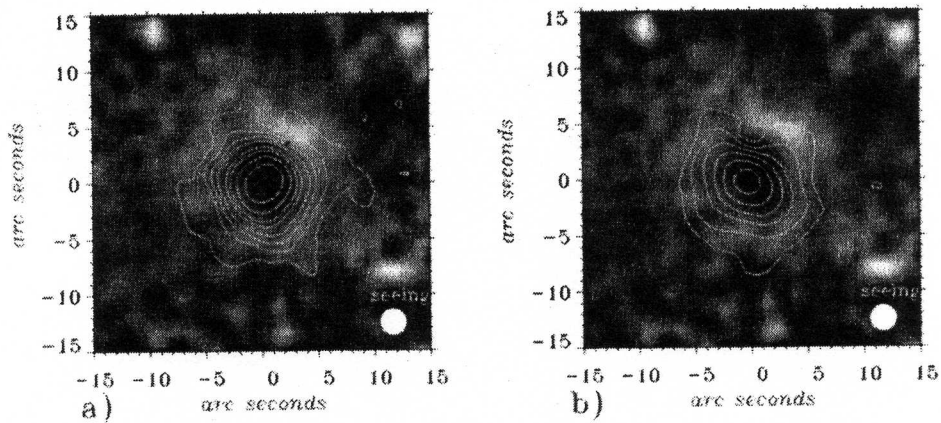


Fig. 4. a) The  $[N\ II]\lambda 6548\ \text{\AA}$  -emission contours superimposed over the red/blue narrow-band color map, b)  $[O\ I]\lambda 6364 + [Fe\ X]\lambda 6374\ \text{\AA}$  over the same map.

The  $[O\ III]\ \lambda 4959$  emission arises entirely in the circumnuclear region enclosed by the dusty ring and is strongly reduced where the dust content is enhanced.

The emission [N II]  $\lambda 6548 \text{ \AA}$  (Fig.4a) shows extended emission in diameter of about 18 arcsec. The image morphology does not differ from that of the  $H\alpha + [\text{N II}] \lambda\lambda 6548/84 \text{ \AA}$  image presented by MWT96. The outermost contour in Fig.4a, which is at  $3\sigma$  above the noise level, entirely includes the dusty ring.

The [O I] emission is a good diagnostic tool for the presence of hard nonthermal ionizing photons. Both emission lines [O I]  $\lambda 6364 \text{ \AA}$  and [Fe X]  $\lambda 6374 \text{ \AA}$  (Fig.4b) are transmitted through the F 642.

The *Gunn r* contours (Fig.1), the color map (Fig.2) and the presence of extended emission line regions suggest that the ionized region is a gaseous disk with an orientation of the major axis at P.A.  $\approx 20^\circ$  (Fig. 1). The gaseous disk wound by the dusty ring appears to be viewed at an inclination of  $\sim 32^\circ$  to the line of sight, estimated by the ratio of major to minor axes.

Note that the inclination angle for the galaxy stellar disk is  $\sim 45^\circ$  (Whittle 1992; de Vaucouleurs et al.1991 [RC3]).

From our calibrated images we have estimated the total fluxes of the observed emission lines in apertures used by other authors.

## 4. DISCUSSION

### 4. 1. GAS AND DUST IN THE NARROW LINE REGION IN MARK 620

Previous studies of Mark 620 have revealed a strong [O III]  $\lambda 5007 \text{ \AA}$  emission concentrated around the nucleus and circumnuclear extended emission of  $H\alpha + [\text{N II}] \lambda\lambda 6548/84 \text{ \AA}$  (Pogge, 1989; MWT96).

The colour map  $F_\lambda(6300\text{\AA})/F_\lambda(4260\text{\AA})$  (Fig.2) infers the presence of a redder dusty ringlike structure around the AGN nucleus of Mark 620. Otherwise, the innermost circumnuclear region is not influenced by extinction. We assume that the circumnuclear emission line region with diameter of about 700 - 800 pc, where the [O III]  $\lambda 4959 \text{ \AA}$  contours are situated, is a high ionized Strömngren zone (Fig.3). The Strömngren depth is defined as

$$N_{H^+}^S = c\Gamma/\alpha_B \approx 10^{23} \Gamma \text{ cm}^{-2},$$

where  $\alpha_B \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-1}$  is the recombination coefficient to excited states of hydrogen,  $c$  is the speed of light and  $\Gamma$  is the ionization parameter. In order to estimate  $\Gamma$  we take the electron density  $\approx 600 \text{ cm}^{-3}$  following LLS92. The nonthermal component of the ionizing continuum  $F_\nu \approx \nu^{-\alpha}$  amounts 0.74 of the measured flux,  $F_\lambda(4260\text{\AA})$ . Taking a reasonable value for  $\alpha \approx 1.5$  we estimate the ionizing parameter  $\Gamma \approx 10^{-3}$  which yields  $N_{H^+}^S \approx 3.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ .

The [N II]  $\lambda 6548 \text{ \AA}$  image (Fig.4a) and the  $H\alpha + [\text{N II}]$  image presented by MWT96 show that the  $H\alpha + [\text{N II}]$  emission arises both in the inner Strömngren zone and in the dusty ring. Thus the redder dusty ringlike structure appears to be a large partially ionized zone (hereafter *PIZ*) in which the ionized gas becomes neutral. The existence of this large *PIZ* results from harder photons of the ionizing continuum.

In our color map (Fig.2 and see also Fig.3) the Strömngren zone appears to be homogenous and we assume that the measured flux ratio  $F_{\lambda 6300}/F_{\lambda 4260} = 1.5$  is not



reddened there. But in the *PIZ*, where the dust content is enhanced this ratio is influenced by dust extinction (absorption and scattering) and it is about 2.5. The dust opacity  $\tau_\lambda^{dust}$  is given by

$$\tau_\lambda^{dust} = \mu N_{H^0}(PIZ)(\sigma/H),$$

where  $\sigma/H$  ( $\text{cm}^2$  per hydrogen nucleus) is the total extinction cross section and  $\mu$  is the dust content of the medium expressed relative to the standard *ISM* dust-to-gas mass ratio (Binette et al. 1993). We assume  $\mu = 1.0$  and take  $\sigma/H$  from Drain & Lee (1984) (see their Fig. 7). Based on the reddened and unreddened flux ratios  $F_{\lambda 6300}/F_{\lambda 4260}$  we have estimated the column density in the *PIZ*  $N_{H^0}(PIZ) \approx 2.0 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ . Then the total column density is

$$N_H^{slab} = N_{H^+}^S + N_{H^0}(PIZ) \approx 2.3 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}.$$

The column density  $N_H^{slab}$  defines the depth of the complete "photoexcited" region, that is the depth at which the incoming ionizing flux is exhausted.

The extinction opacity at 5500 Å is  $\tau_V = 4.8 \times 10^{-22} \mu N_{H^0}(PIZ) = 0.96$  and the extinction is  $A_V = 1.086 \tau_V = 1.04$  if  $\mu = 1.0$ . Following Spitzer (1978) we can estimate the mean dust density along the line of sight  $\rho_{dust}$ :

$$\rho_{dust} = 1.3 \cdot 10^{-27} \rho_s < A_V / L_{kpc} > \left( \frac{\epsilon_o + 2}{\epsilon_o - 1} \right), \text{ g cm}^{-3}$$

where  $\rho_s$  is the density of the particular dust grains and we assume  $\rho_s \approx 1.0 \text{ g cm}^{-3}$ . The dielectric dust function  $\epsilon_o$  in the low frequency's limit is  $\epsilon_o \approx 4$  (Spitzer 1978). The mean extent of the dusty ringlike structure measured on the color map is  $L_{kpc} = 0.5 \text{ kpc}$ . Thus we obtain the mean dust density along the line of sight  $\rho_{dust} = 7 \times 10^{-27} \text{ g cm}^{-3}$ .

From Fig.2 we can roughly estimate the volume occupied by the dusty ring  $\approx 4 \times 10^{64} \text{ cm}^3$ , assuming a filling factor of  $\approx 1$ . Knowing  $\rho_{dust}$  we found that the dust mass contained by the observed dusty ring is  $M_{ring} \approx 1.5 \times 10^5 M_\odot$ . This value is an upper limit since a filling factor of  $\approx 1$  has been assumed.

#### Balmer decrement.

The Balmer emission lines could be affected by the presence of *PIZ* in the circumnuclear region of Mark 620. The measured Balmer decrement by LLS92 in Mark 620 is  $(H_\alpha/H_\beta)_{obs} \approx 7$ . After a correction for the reddening we obtain a dereddened Balmer decrement  $\approx 4.9$ .

Binette et al.,(1993) show the integrated Balmer lines of a power-law photoionized gas in a system of clouds with internal dust would be significantly affected because of dust and perspective. The same authors argue the intrinsic Balmer decrement could be as steep as 4 - 4.4 in the radiation bounded case where many clouds are seen from the back side.

#### Dust ringlike morphologies

Dust ringlike morphologies in Seyfert galaxies could be traced both by red / blue color maps and by mid - infrared radiation. The 10.8  $\mu\text{m}$  maps of the central region

of the infrared - luminous barred galaxies NGC 1068 and NGC 1097 show the morphologies like kiloparsec - size rings which are intimately associated with the dense neutral interstellar gas inferred from *CO* maps (Telesco, Dressel and Wolstencroft, 1993).

Moreover, in these two galaxies the observed dust ringlike morphologies coincide with the ILRs and demonstrate the role played by bars and oval distortions in the genesis of starbursts (Telesco, Dressel and Wolstencroft, 1993).

If there are extended dusty clouds around Seyfert nuclei, they would show excess emission at *FIR* because the equilibrium temperature is about 100 K (Granato, Danese, & Francheschini 1996; Taniguchi et al. 1997). In many objects, these dusty clouds are also connected with the occurrence of the circumnuclear starburst regions. Their typical radii range from several 100 pc to 1 kpc (Telesco et al. 1984; Boer & Schulz 1993; Genzel et al. 1995; Storchi-Bergmann et al. 1996). Arguments favoring the enhanced star formation around the nuclei of Seyfert galaxies as an alternative of the Unified model are presented by Dultzin-Hacyan (1995).

On the other hand, the accumulation of large amount of gas and dust near the ILR is connected with the supply of gas to the nucleus of Seyfert galaxies. Wada and Habe (1992;1995) have found a new fuelling mechanism from kpc to several tens of pc, which is induced by a weak bar and the self-gravity of the gas in a massive gaseous disc. In their model the first ILR is essential for gas accumulation near the centre. The second ILR occupies, roughly, a diameter of about  $\sim 1 - 2$  kpc.

The dust ringlike structure ( $\sim 1700$  pc in diameter (Fig.2)) observed in Mark 620 could be associated with a shocked dust connected with the ILRs.

As a rule, the dust ringlike morphologies favore type 2 Seyfert galaxies which possess SB morphology.

### Acknowledgements

I would like to thank Prof. Klaus Jockers, Max-Planck-Institut für Aeronomie, Germany, for kindly providing the focal reducer, interference filters and CCD-camera for use at the 2m telescope of BNAO, and for numerous fruitful discussions about the effective use of this instrumentation. This collaboration was partially supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft, Aktenzeichen 436 BUL 113/61.

I am grateful to Tanyu Bonev, Institute of Astronomy, Bulgarian Academy of Sciences and to Valeri Golev, St.Kliment Okhridski University of Sofia who provided helpful discussions.

I would like to thank Zlatan Tsvetanov, Johns Hopkins University, who provided helpful discussions and comments.

The images were partly processed on a DECpc 450 D<sub>2</sub>LP, granted by the European Southern Observatory in the framework of it's Central & Eastern Europe Programme, project number A-03-031.

Our research was supported by the Bulgarian National Scientific Foundation grant under contracts No. F-482/1995 and No. F-484/1995 with the Bulgarian Ministry of Education and Sciences.

This research has made use of the NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.

### References

- Binette, L., Wang, J., Villar-Martin, M., Martin, P.G. and Gladis Magris, C.: 1993, *Astrophys. J.*, **414**, 535.
- Boer, B., Schulz, H.: 1993, *Astron. Astrophys.*, **277**, 397.
- de Vaucouleurs, G., et al.: 1991, 3rd Reference Catalogue of Bright Galaxies, New York: Springer-Verlag (RC3).
- Devereux, N.A.: 1987, *Astrophys. J.*, **323**, 91.
- Draine, B.T. and Lee, H.M.: 1984, *Astrophys. J.*, **285**, 89.
- Dultzin-Hacyan, D.: 1997, *Rev. Mex. Astron. and Astrof.* SC 6.
- Dultzin-Hacyan, D.: 1995, *Rev. Mex. Astron. and Astrof.* SC 3, 31 - 37.
- Elmegreen, D.M. and Elmegreen, B.G.: 1996, to be published in the *Astronomical Journal*, June 1996.
- Gallagher, J.S. and Wirth, A.: 1980, *Astrophys. J.*, **241**, 567.
- Genzel, R. et al.: 1995, *Astrophys. J.*, **444**, 129.
- Giuricin, G., Mardirossian, F. and Mezzetti, M.: 1995, *Astrophys. J.*, **446**, 550.
- Granato, G.L., Danese, L. and Francheschini, A.: 1996, *Astrophys. J.*, **460**, L11.
- Haniff, C.A., Wilson, A.S. and Ward, M.J.: 1988, *Astrophys. J.*, **334**, 104.
- Huchra, J.P., Wyatt, W.F. and Davis: 1982, *Astron. J.*, **87**, 1628.
- Heckman, T.: 1990, IAU Colloquium 124, Paired and Interacting Galaxies, eds. J.W. Sulentic, W.C. Keel and C.M. Telesco (NASA Conf. Publication 3098), p.359.
- Heckman, T.: 1991, in Proc. Conf. Massive Stars in Starbursts, eds. N.R. Leitherer, T.M. Walborn, C.A. Heckman, C.A. Norman (Cambridge: Cambridge University Press), 289.
- Jockers, K.: 1992, *Astronomische Gesellschaft Abstr. Ser. No.7*, P108, 184.
- Krugel, E., Chini, R., Kreysa, E. and Sherwood, W.A.: 1988, *Astron. Aph.*, **190**, 47.
- Lonsdale, C.J., Lonsdale, C.J. and Smith, H.E.: 1992, *Astrophys. J.*, **391**, 629 (LLS92).
- Mulchaey, J.S., Wilson, A.S., Tsvetanov, Z.: 1996, *ApJS*, **102**, 309 (MWT96).
- Perez-Fournon, L. and Wilson, A.S.: 1990, *Astrophys. J.*, **356**, 456.
- Pogge, R.W.: 1989, *Astrophys. J.*, **345**, 730.
- Spitzer, L.Jr.: 1978, Physical Processes in the Interstellar Medium, Princeton University Observatory.
- Storci-Bergmann, T., Rodriguez-Ardila, A., Schmidt, H.R., Wilson, A.S. and Baldwin, J.P.: 1996, *Astrophys. J.*, **472**, 83.
- Taniguchi, Y., Sato, Y., Kawara, K., Murayama, T. and Mouri, H.: 1997, *Astron. Astrophys.*, **318**, L1.
- Tsvetanov, Z. and Walsh, J.R.: 1992, *Astrophys. J.*, **386**, 485.
- Telesco, C.M., Beclin, E.E., Wynn-Williams, C.G. and Harper, H.D.A.: 1984, *Astrophys. J.*, **282**, 427.
- Telesco, C.M., Dressel, L.L. and Wolstencroft, R.D.: 1993, *Astrophys. J.*, **414**, 120.
- van Driel, W. and Buta, R.J.: 1991, *Astron. Astrophys.*, **245**, 7.
- Wada, K. and Habe, A.: 1992, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **258**, 82.
- Wada, K. and Habe, A.: 1995, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **277**, 433.
- Whittle, M.: 1992, *ApJS*, **79**, 49.