

ДРУГА ЛЕТЊА ШКОЛА ИЗ АСТРОНОМИЈЕ

АНЂЕЛКА КОВАЧЕВИЋ¹, МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЋ²,
ЛУКА Ч. ПОПОВИЋ²

¹*Катедра за астрономију, Математички факултет, Студентски трг 16,
11000 Београд, Србија*

E-mail: andjelka@matf.bg.ac.rs

²*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11060 Београд, Србија*

E-mail: mdimitrijevic@aob.bg.ac.rs, lpopovic@aob.bg.ac.rs

Резиме: Представљен је комплетан пројекат Друге летње школе из астрономије, одржане у Београду од 29.09. до 01.10.2008. године.

1. УВОД

Порекло Универзитета у Београду везује се за 1808. годину када је у Србији први пут основана Велика школа. Данас у свом саставу има 31 факултет и 11 института. Током два века постојања, Универзитет је имао огроман допринос нашем културном, научном, образовном, политичком и економском животу.

Већ од 1886. године астрономија се активно изучава на Катедри за астрономију и метеорологију. Годину дана касније почиње са радом Астрономска и метеоролошка опсерваторија. Обе институције, Астрономска Обсерваторија (АОБ) и Катедра за астрономију, дале су током јубиларне 2008. године допринос прослави два века постојања бројним активностима, међу којима је и Друга летња школа из астрономије. Развој идеје о оваквој врсти едукације у области астрономије дат је у раду Ковачевић и Димитријевић (2008).

Друга летња школа је поставила за циљ теме везане за фундаментална истраживачка поља у астрономији, које су презентовали водећи стручњаци, доводећи учеснике до самих фронтана најсавременијих истраживања.

2. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ НАУЧНО-НАСТАВНОГ САДРЖАЈА ШКОЛЕ

Највећи део квантитативних информација које имамо о Космосу долазе из спекторскопских посматрања. Фотојонизована плазма је присутна у многим асторфизичким феноменима, од Н II региона и планетраних небула, што је обележје почетног и крајњег стадијума звездане еволуције, па све до јонизованог међузвезданог и међугалактичког медијума и гаса фотојонизованог изворима високих енергија у АГЈ и квазарима.

Интерпретација њихових комплексних емисионих линија захтева познавање многобројних атомских процеса, који су изузетно осетљиви на физичка својства емисионог гаса и поље зрачења јонизујућег извора. Поред емпиријских студија посматрања, из којих се добијају неке основне информације, примена нумеричких кодова је често есенцијална за разумевање ових извора. Звезде су непрозрачне, тако да није могуће посматрати њихову унутрашњост директно, већ само индиректне методе дозвољавају да се измери унутрашња температура, притисак, заступљеност елемената итд.

Са друге стране, можемо директно посматрати у објектима попут остатака супернових, промењену заступљеност хемијских елемената, услед термонуклеарних процеса у унутрашњости звезде, што је постало доступно непосредном изучавању када је у експлозији нове или супернове одбачен омотач. Истраживања активних галактичких језгара (АГЈ), односно квазара и других типова квазистеларних објеката се експлозивно развијају више од четрдесет година. Углавном скоро све што знамо о њима потиче од студије њихових спектра, на различитим подручјима таласних дужина.

Космологија је такође изузетно напредовала током задње две декаде, користећи веома велике телескопе (било да су на Земљиној површини или у свемиру попут Хабловог свемирског телескопа) и њихов брзи дигитални систем за процесирање слика, или спектрограма (нпр. који су анализирали линије Н I $\text{L}\alpha$ [O II] 13727, [OIII] 4959, 5007 $\text{H}\alpha$). Осим тога, савремена истраживања су фокусирана на дизајн, имплементацију и архивирање веома великих посматрачких програма. Један такав пример је SDSS (Sloan Digital Sky Survey) који је направио огромне каталоге астрономских објеката.

Ове виртуелне колекције гига, тера и могуће ускоро петабајта омогућиле су нова открића кроз интеграцију и кроскорелацију добијених података.

Због свега изложеног, при конципирању програма школе и избору предавача, желели смо да полазницима буду приказане могућности спектроскопије за истраживање и разматрање астрономских проблема, са посебним акцентима на спектроскопију и моделирање звезданих атмосфера, проучавање спектра топлих звезда и звезданих омотача са емисионим линијама, истраживање АГН и приказивање великих база података о астрономским објектима и спектрима, као што је то SDSS (Sloan Digital Sky Survey).

3. ОРГАНИЗАЦИЈА И РАД ШКОЛЕ

Друга летња школа из астрономије одржана је од 29. 09. до 01. 10 .2009. год. у Београду. Покренута је на иницијативу аутора овог рада.



Слика 1: Учесници Друге летње школе из астрономије на тераси зграде Математичког факултета. Фото: др Миодраг Дачић, виши научни сарадник АОБ.

Институције-организатори летње школе су Астрономска Опсерваторија у Београду, Математички факултет у Београду и Природно математички факултет у Новом Саду, а њено одржавање је помогло и омогућило Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије. Научни организациони комитет је пројектовао наставни план и рад школе и одабрао предаваче. Ово тело је радило у следећем саставу: копредседник комитета др Милан С. Димитријевић, научни саветник Астрономске Опсерваторије у Београду, копредседник доц. др Тијана Продановић, Природно математички факултет у Новом Саду, коподпредседник др Лука Ч. Поповић, научни саветник Астрономске Опсерваторије у Београду, коподпредседник проф. др Jiří Kubát, Astronomical Observatory, Ondřejov, Czech Republic, и чланови: проф. др Жарко Мијајловић, и проф. др Дејан Урошевић, Математички факултет у Београду. Локални организациони комитет је обезбедио

логистичку подршку целом пројекту и био је у саставу: доц. др Анђелка Ковачевић Математички факултет у Београду, мр. Еди Бон научни сарадник Астрономске Опсерваторије у Београду, др. Миодраг Дачић, виши научни сарадник Астрономске Опсерваторије у Београду, мр. Наташа Гавриловић научни сарадник Астрономске Опсерваторије у Београду, доц. др Драгана Илић Математички факултет у Београду, мр. Јелена Ковачевић научни сарадник Астрономске Опсерваторије у Београду, др. Зоран Симић виши научни сарадник Астрономске Опсерваторије у Београду, мр. Бранкица Шурлан Математички институт у Београду.

Циљ ове иницијативе је трострук: прво као место за дискусију између дипломираних студената универзитета са територије бивше Југославије и истакнутих научних радника из области астрономије. Затим, развој академске сарадње и дебате међу самим студентима и као треће летња школа је допринела Европској димензији високог школства, повезујући студенте и професоре са територије Балкана.

Летњу школу је похађао укупно 21 студент, а дошли су из Србије, Републике Српске, Чешке, и Марока (детаљнија расподела учесника је дата у Табели 1).

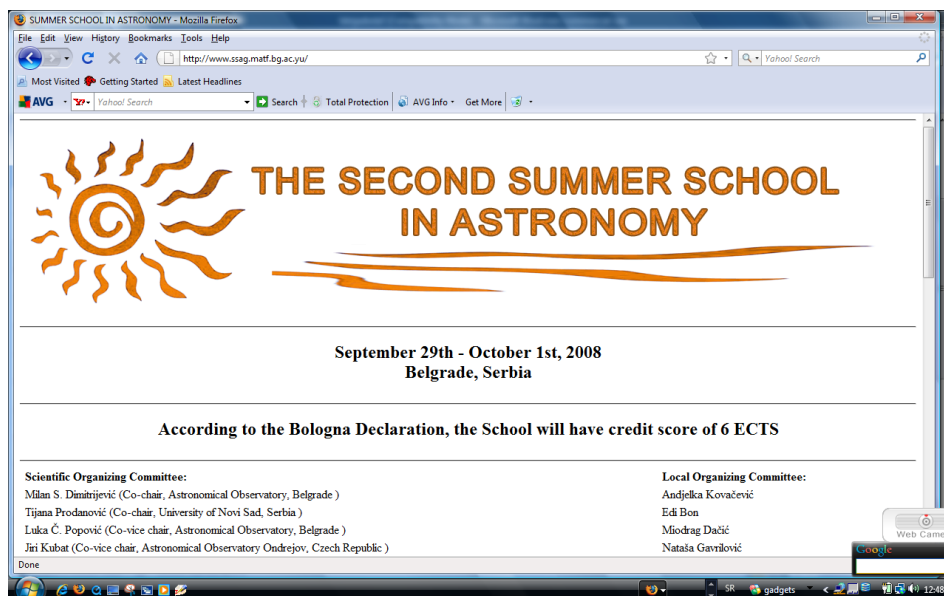
Табела 1: *Расподела учесника Друге летње школе из астрономије по институцијама.*

Научна институција	Број професионалних астронома	Број студената
Астрономска опсерваторија у Београду	7	
Математички факултет у Београду	5	6
Природно-математички факултет у Новом Саду	1	5
Математички институт САНУ	1	
Универзитет у Бања Луци		5
Карлов Универзитет у Прагу		2
Масариков Универзитет у Брну	1	2
Астрономски институт Чешке Академије наука	1	
Универзитет у Атини	3	
Универзитет у Вашингтону	1	
Универзитет у Инфрану, Мароко		1

Скуп су свечано отворили проф. др Неда Бокан проректор Универзитета у Београду и др Милан С. Димитријевић, научни саветник АОБ. Укупан број учесника са радом из наше земље је 11 а из иностранства 16.

Скуп предавача су сачињавала истакнута имена са 7 признатих светских и домаћих инситуција: др Милан С. Димитријевић, научни саветник АОБ, др Лука Ч. Поповић, научни саветник АОБ, проф. др Emmanouil Danezis, др Evaggelia Lyratzi, др. Antonis Antoniou, Department of Astrophysics, Astronomy & Mechanics, Faculty of Physics, University of Athens, Greece, проф. др Jiří Kubát, Stellar Department Academy of Sciences of the Czech Republic, проф. доц, др Jiří Krtička, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky Přírodovědecká fakulta MU Brno, проф. др Жељко Ивезић (Željko Ivezić), University of Washington, Department of Astronomy, USA. Велики допринос школи дали су и млади истраживачи са Астрономске опсерваторије, који су одржали практичне вежбе студентима: мр Еди Бон, мр Јелена Ковачевић и мр Наташа Гавриловић.

Сви детаљи о програму предавања и организацији школе налазе се у дигитализованом облику као ДВД презентација коју су уредили др Милан Димитријевић и др Анђелка Ковачевић, а за штампу припремили др Милан Димитријевић и Тања Милованов (Димитријевић, Ковачевић, 2009).

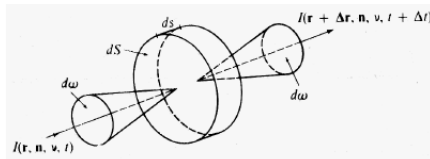


Слика 2: Почетна страна званичне интернет презентације Друге летње школе.

Школа је трајала три дана. Методологија рада састојала се из предавања за којима су следиле студентске радионице у којима су они групно и/или појединачно радили на теоријским и практичним задацима уз помоћ предавача.

Први радни дан био је посвећен феноменима у Звезданим атмосферама и ветровима. Специфично је разматран проблем моделовања звезданих атмосфера врућих звезда. Основно питање је ако бисмо имали спектар звезде да ли можемо добити из њега њене физичке параметре. Међутим, директно решавање је веома тешко и зато се приступа инверзном проблему, да се за дате звездане параметре изведе модел звезде и наравно поређење са посматрањима. Описани су параметри зрачења (специфични и средњи интензитет, флуks, тензор притиска), његове интеракције са материјом, једначина преноса зрачења, равна и сферна геометрија модела атмосфере. Разматрана је дифузиона апроксимација и интерпретација у домену вероватноће. Детаљно је разрађен појам термодинамичке равнотеже (локалне, статистичке), затим моделовање конвекције и на крају су описани програмски кодови за моделовање звезданих атмосфера.

Radiative transfer equation



$$[I(\vec{r} + \Delta\vec{r}, \vec{n}, \nu, t + \Delta t) - I(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t)] dS d\omega d\nu dt = [\eta(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t) - \chi(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t)I(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t)] ds dS d\omega d\nu dt$$

$$I(\vec{r} + \Delta\vec{r}, \vec{n}, \nu, t + \Delta t) - I(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t) = \left[\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \right] I(\vec{r}, \vec{n}, \nu, t) ds$$

II Summer School in Astronomy, Beograd, 29.09.2008 – p. 11

Слика 3: Слајд са предавања др Јуржи Кубата (Jiří Kubát) о моделовању звезданих атмосфера.

Организована је на крају дана научна радионица у којој се дискутовало о конкретним проблемима везаним за поменуте феномене.

У другом дану, студенти су се упознали веома детаљно са специфичним и комплексним профилима линија у спектрима врућих звезда са емисионим линијама и квазара. Наиме, у случају таквих звезда појављују се спектралне линије које не одговарају ни једној познатој апсорпционој линији код звезда истоветног спектралног типа (то су дискретне апсорпционе компоненте - ДАК, Bates & Halliwell, 1986). Међутим, касније је показано у радовима Данезиса и сарадника (Danezis et al., 2003), да то нису непознате

апсорпционе линије, већ спектралне линије истог јона и исте таласне дужине као и непомерена спектрална линија али померене у односу на њу за одговарајуће $\Delta\lambda$, пошто потичу из другачијег региона који ротира и веома брзо се креће. Дато је објашњење одакле проистичу ДАК (Danezis et al. 2006): ако ти региони ротирају веома брзо и споро се крећу радијално, добијене линије имаће велике ширине и мале помаке и као резултат, оне се преклапају међу собом, као и са непомереном спектралном линијом и зато се зову сателитске апсорпционе компоненте - САК. Ови феномени су могући и у спектрима Активних галактичких језгара. Danezis et al. 2003, су предложили модел којим се може објаснити комплексна структура густих региона врућих емисионих звезда и неких АГЈ, где се појављују САК или ДАК. Дата је аналитичка форма модела и дискутоване и демонстриране особине поментуог модела.

The Sobolev line force I.

- CMF radiative transfer equation

$$\begin{aligned} \mu \frac{\partial}{\partial r} I(r, \mu, \nu) + \frac{1 - \mu^2}{r} \frac{\partial}{\partial \mu} I(r, \mu, \nu) - \\ \frac{\nu v(r)}{cr} \left(1 - \mu^2 + \frac{\mu^2 r}{v(r)} \frac{dv(r)}{dr} \right) \frac{\partial}{\partial \nu} I(r, \mu, \nu) = \\ = \eta(r, \nu) - \chi(r, \nu) I(r, \mu, \nu) \end{aligned}$$

- comoving frame (CMF) equation
- $v(r)$ is the fluid velocity
- $\chi(r, \nu)$ and $\eta(r, \nu)$ do depend on μ

Слика 4: *Слајд са предавања др Јуржи Кртичке (Jiří Krtička) о звезданим ветровима.*

Др Милан С. Димитријевић дао је свеобухватну слику о ширењима спектралних линија у астрофизичким плазмама са посебним освртом на Штарково ширење (ширење изазвано интеракцијом са наелектрисаним честицама која доводи до Штарковог ефекта, односно цепања и померања атомских енергетских нивоа сразмерно јачини електричног поља. Уколико овај ефекат линеарно зависи од јачине електричног поља (код водоника и

водонику сличних јона) познат је као линеарани Штарков ефекат, односно квадратични, ако је зависност квадратна (што је случај код атома и јона који нису водонику слични). Са развојем компјутерске технологије и ванатмосферске спектроскопије показала се потреба за подацима за параметре Штарковог ширења огромног броја спектралних линија, који могу да се организују и у базе (нпр. Феникс код за моделовање звезданих атмосфера укључује стално растућу базу атомских података за више од 500 милиона прелаза, где ће се, када су доступни, укључивати и подаци о Штарковом ширењу).

Штарково ширење је значајно у истраживањима астрофизичких, лабораторијских, ласерски произведених плазми, као и за истраживање инерцијалне фузије и у плазменим технологијама. Ово ширење може бити важно у астрофизици за моделовање у огромном опсегу температура и електронских густина (у односу на услове у лабораторијској плазми), од неутронских звезда (ефективна температура у атмосфери од 10^6 до 10^7 К), преко белих патуљака, врелих звезда, па све до екстремних услова за радио рекомбинационе линије, које потичу из међузвезданих облака H I ($T=50$ К) и H II ($T=10000$ К), код којих је $N_e = 1-1000 \text{ cm}^{-3}$.

Using the GR model

We can calculate some important parameters of the density region that construct the DACs-SACs like:

Direct calculations

- Apparent rotational velocities of absorbing or emitting density layers (V_{rot})
- Apparent radial velocities of absorbing or emitting density layers (V_{rad})
- The Gaussian typical deviation of the ion random motions (σ)
- The optical depth in the center of the absorption or emission components (ξ_c)

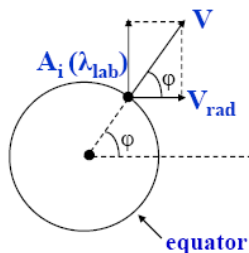
Indirect calculations


- The random velocities of the ions (V_{random})
- The FWHM
- The absorbed or emitted energy (E_a, E_e)
- The column density (CD)

Слика 5: Слајд са предавања проф. др Емануела Данезиса (Emanouil Danezis) о ГР Моделу, којим се помоћу растављања комплексног профила линије на Гаусовске компоненте и анализе утицаја ротације области из којих линије потичу, могу одредити важни параметри области згушњења из којих САК и ДАК потичу.

The new calculation of the distribution functions L

*Let us consider a spherical shell and a point A_i in its equator.
If the laboratory wavelength of a
spectral line that arises from
 A_i is λ_{lab} , the observed wavelength will be $\lambda_{\theta} = \lambda_{lab} + \Delta\lambda_{rad}$*



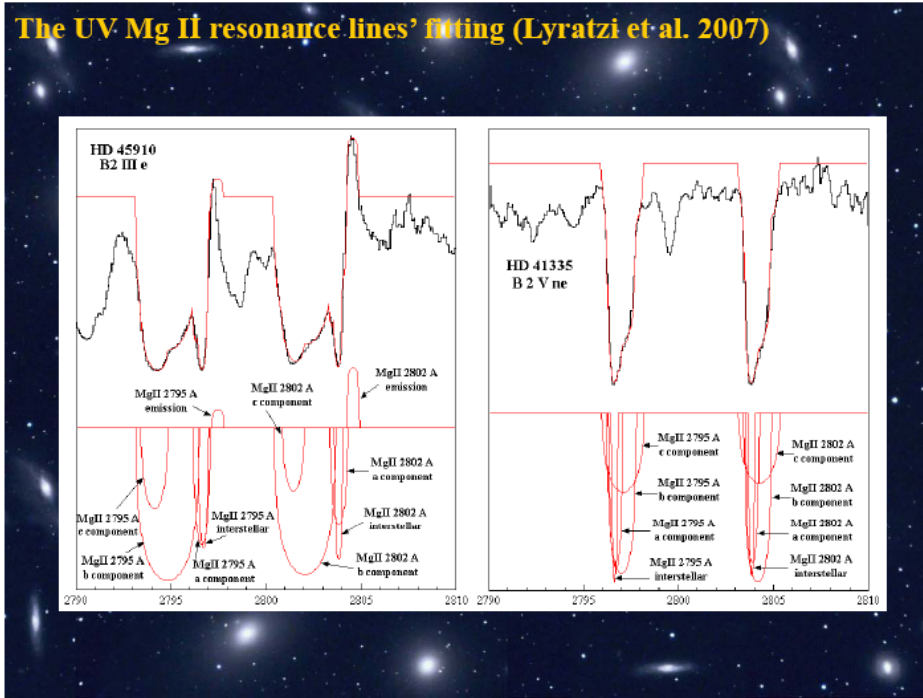

Danezis, E., Lyratzi, E., Nikolaidis, D., Antoniou, A.,
Popović, L. Č. & Dimitrijević, M. S., 2007 PASJ, 59, 4

Слика 6: *Слајд са предавања др Антониса Антониуа (Antonis Antoniou) о новом приступу у моделирању САК и ДАК.*

Веома интерсеантна је била Отворена лабораторија у којој су студенти били упознати са компјутерским програмом који фитује спектралне линије врућих емисионих звезда и квазара, коришћењем ГР програма.

У међузвезданим молекуларним облацима, типична електронска температура је око 30 К или мања, и типична електронска густина је 2-15 електрона по cm^3 . У таквим условима, слободни електрони могу бити захваћени (рекомбиновани) јоном у чијој су близини, на неку веома удаљену орбиту са главним квантним бројем (n) од неколико стотина и који се потом каскадно деекситује на енергетске нивое $n-1$, $n-2$,...зрачећи у радио домену. Такви удаљени електрони су слабо везани са језгром и због тога на њих могу знатно утицати и веома слаба електрична микропоља, па последично, Штарково ширење може бити значајно. Оно може имати утицај и у соларном спектру јер ширина спектралне линије расте са повећањем главног квантног броја горњег нивоа. Штарково ширење у астрофизици је значајно за: дијагностику звезданих плазми, одређивање заступљености елемената, моделовање звезданих спектра, истраживања хемијске стратификације, боље калибрисање спектралне класификације, разматрање нуклеарних процеса у звезданим унутрашњостима, преноса зрачења и одређивање непрозрачности звезданих атмосфера.

The UV Mg II resonance lines' fitting (Lyrtzi et al. 2007)



Слика 7: Слайд са предавања др Евангелије Луратзи (Evaggelia Lyrtzi) о коришћењу ГР модела

DMVL manual

Software requirements: Windows 95 or higher.

Installation: In order to install the DMVL software, copy the DMVL folder directly to C:\

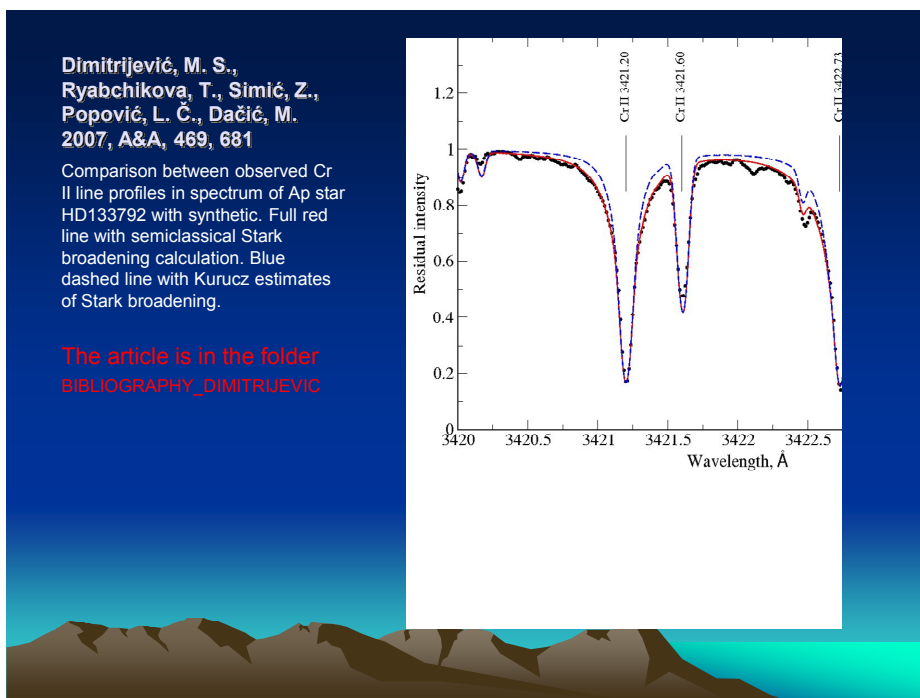
1. Preparation of Data with *sdiapp* software

With *sdiapp* software we can prepare the data of spectra that we want to study with DMVL software. The spectrum should be in ascii format as a .txt file. The preparation of data requires:

- Red shift correction (in case of galactic spectra)
- Normalization of spectrum
- Cutting off the spectral range that we will study

Double click on *sdiapp.exe* (C:\DMVL\ANIMALS) in order to open *sdiapp* application. The window of Figure 1.1 opens.

Слика 8: Детаљ из упутства за употребу ГР програма, који је коришћен у отвореној лабораторији.



Слика 9: *Слајд са предавања др Милана С. Димитријевића о Штарковом ширењу.*

Године 1926, Henry Russel је објавио у *Astrophysical Journal* рад са анализом Fe II спектра. Одредио је 61 енергетски ниво на основу 214 Fe II спектралних линија, и закључио да су све линије од астрофизичког значаја сада класификоване. Међутим, деведесетих година прошлог века било је познато 675 енергетских нивоа али још увек 50% појединачних спектралних карактеристика астрофизичких спектра високе резолуције било је без објашњења њиховог порекла, што указује на комплексност астрофизичких спектра и потребу за великим бројем података, које често није једноставно добити.

Дат је опис семикласичног пертурбационог теоријског метода за одређивање Штарковог ширења профила линија који је алтернатива квантно механичком прилазу са употребом јаке спреге, нарочито у случају комплексних спектра, тешких елемената или за прелазе између виших енергетских нивоа, када је метод јаке спреге практично неприменљив у строгом облику. Са друге стране, такође приказани, једноставнији Модификовани Семиемпиријски метод (MSE – Dimitrijević and Konjević 1981, Dimitrijević and Kršljanin 1986) може бити користан за звездану спектроскопију која зависи од веома екстензивне листе елемената и прелаза, за моделовање плазме, пошто захтева мање података и за велики број линија има релативно добру средњу тачност.

STARK-B

- <http://stark-b.obspm.fr/>
- This is a database of calculated widths and shifts of isolated lines of atoms and ions due to electron and ion collisions.

This database is devoted to modellisation and spectroscopic diagnostics of stellar atmospheres and envelopes. In addition, it is also devoted to laboratory plasmas, laser equipments and technological plasmas. So, the domain of temperatures and densities covered by the tables is wide and depends on the ionization degree of the considered ion. The temperature can vary from several thousands for neutral atoms to several hundred thousands of Kelvin for highly charged ions. The electron or ion density can vary from 10^{12} (case of stellar atmospheres) to several 10^{19} cm^{-3} (some white dwarfs and some laboratory plasmas).

Слика 10: *Слајд са предавања др Милана С. Димитријевића о STARK-B бази података.*

Резултате за параметре Штарковог ширења, које су добили у току тридесетогодишње сарадње, Димитријевић и Силви Сахал-Брешо са Париске опсерваторије, сада организују у базу података STARK-B. За добијање података уношених у базу, основа је програмски код који даје процену електронског и јонског ширења изолованих спектралних линија неутралних атома и јона, коришћењем семикласичног приступа Sahal-Bréchet (1969ab, 1974), који је побољшан (видети Dimitrijević и Sahal-Bréchet (1984)).

Исцрпан преглед о истраживањима спектралних линија вангалактичких објеката дао је др Лука Ч. Поповић. Профили линија могу обезбедити информације о геометрији, брзини гаса итд. различитих вангалактичких објеката. У Универзуму разликују се апсорпционе (звездани спектри, апсорпциона материја, квазари итд) и емисионе линије (емисионе маглине, вруће звезде, супернове, активна галактичка језгра). У уводу су објашњени појмови прелаза у атомима и јонима, процеси зрачења на различитим таласним дужинама и одговарајући облици спектралних линија и континуума. Описане су рекомбинационе линије са посебним нагласком на водоникове код Луман серије у ултраљубичастом делу спектра, које су најјаче изражене линије у већини спектра квазара. Такође је објашњена хиперфина структура H α линија. Описани су параметри линија, помак и

ширина, као и природан и колизиони процес њиховог ширења. Код Доплеровог ширења линија две компоненте су значајне: термално ширење и турбуленција. Термално ширење је контролисано расподелом термалних брзина и обликом профила линија.



Слика 11: *Слајд са предавања др Милана С. Димитријевића, са подацима о историји конференција о спектралним линијама.*

Турбуленције се јављају због хаотичног кретања на скалама мањим од слободног пута фотона. Све то утиче да је профил линије Гаусовска функција. Конволуцијом Гаусовског и Лоренцовог профила добија се Фохтова (Voigt) функција, што је права репрезентација профила линије. Што се тиче ротационог ширења линије (које је последица Доплеровог ширења уских површина на привидном диску звезде) оно не утиче на еквивалентну ширину линије.

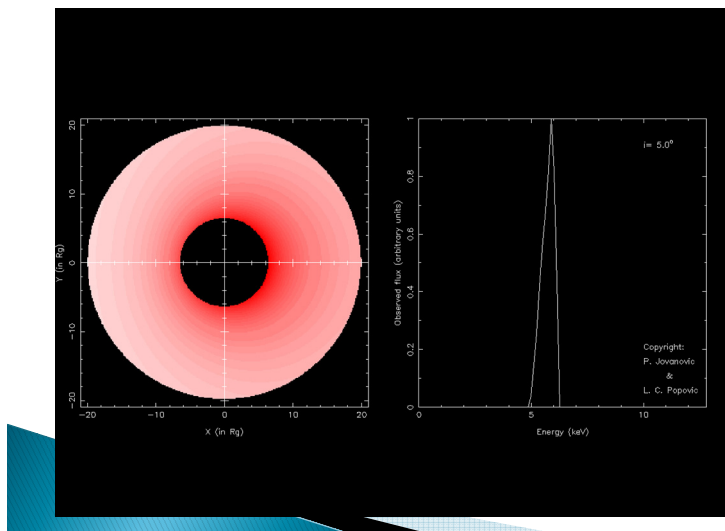
Потом, објашњена је детаљно појава апсорпционих линија код квазара. Наиме, светлост са удаљених квазара интерагује са гасовитим компонентама између и унутар галаксија готово кроз целу историју Космоса (унутар опсега црвеног помака од 0 до 5). Та светлост региструје сваку такву интеракцију у облику апсорпционих линија. Имајући у виду опсег црвеног помака у коме се ово дешава, могуће је детаљно изучавати космичку еволуцију, укључујући еволуцију у интензитету ултраљубичастог позадинског зрачења и космичке хемијске еволуције.

Квасари показују неколико типова апсорпционих линија, рефлектујући на тај начин различиту структуру међугалактичког простора. Те линије су познате као "Lyman-alpha forest" које настају због присуства малих облака ван галаксија, "damped Lyman-alpha" које настају због густих облака у дисковима галаксија и "strong and weak Mg II absorption" које настају због интеракције у халоу галаксија.

Затим је детаљно описан феномен Активних галаксија (квасари, Сејферт 1, Сејферт 2, блазари, итд). Сматра се да 10% од укупног броја галаксија припада овом типу. Оне су 10^4 пута веће луминозности од обичних галаксија, са малом запремином (10^3 парсека), зраче у опсегу од гама до радио таласа, имају јаке и понекад веома широке емисионе линије. Активна галактичка језгра су готово увек заклоњена честицама прашине. Према важећем моделу АГЈ, прашина у торусу или око диска заклања неке линије у правцу оптичког, ултраљубичастог и X континуума, који производи супермасивна црна рупа, као и широке емисионе линије.

Код оваквих објеката, АГЈ немају широке емисионе линије и зову се АГЈ тип 2. Унификациони модел имплицира да и тип 1 и тип 2 имају исту генералну структуру - централни део је супермасивна црна рупа коју окружује акрециони диск, али да заклањање централног региона зависи од оријентације торуса који га окружује. Постоји неколико типова линија, код квазара, видљивих у ултравиолетном делу спектра: широке (Лајман алфа), уске апсорпционе (на мањим таласним дужинама крила линија CIV) и широке апсорпционе (на крилу веће таласне дужине код линија CIV) и слично у оптичком делу спектра код $H\alpha$ и $H\beta$. Оно што је интересно, да плазма која окружује масивну црну рупу утиче на АГЈ: тако што омогућује појаву X зрачења и Fe K α линија. Широка емисиона Fe K α линија која има асиметричан профил (уски плави пик и широко црвено крило) је посматрана у бројним АГЈ типа 1. У неким случајевима ширина ове линије одговара трећини брзине светлости, имплицирајући да емитер ротира релативистичком брзином. Зато је она највероватније настала у веома компактном региону у близини црне рупе АГЈ и може дати неке информације о условима под којима се налази плазма као и о просторно временској геометрији у близини црне рупе. Имајући у виду да је та плазма у јаком гравитационом пољу и има високу температуру, поставља се питање каква је геометрија АГЈ. Ова линија настаје када је плазма под утицајем јаког X зрачења тако да је једна од две K љуске ($n=1$, n је главни квантни број) електронна у атому (или јону) гвожђа одбачена а потом долази до фотоелектричне апсорпције X зрака.

Numerical simulations of an accretion disk in Schwarzschild metric for different inclination angles i (left) and the corresponding profiles of the Fe $K\alpha$ line (right)



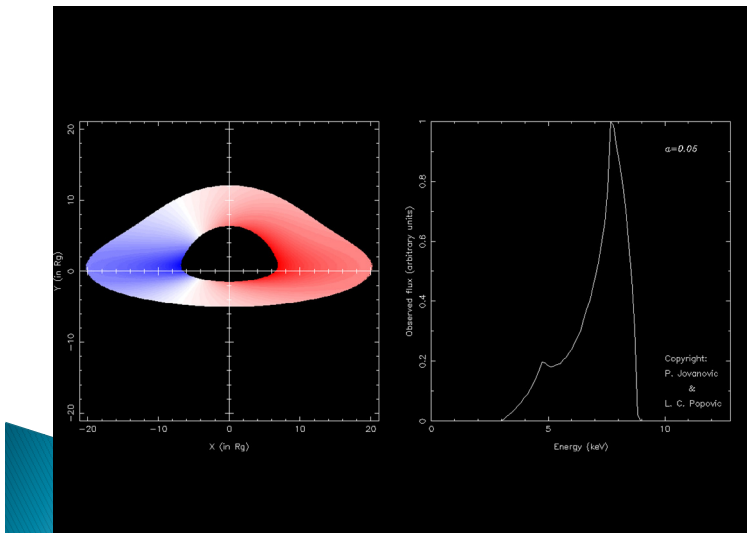
Jovanović &
Popović, 2008,
Fortschr. Phys.
56, 456

Слика 12: *Слајд са предавања др Луке Ч. Поповића.*

Уопштено говорећи, у случају супермасивне црне рупе у АГЈ, маса и спин су одговорни за неколико ефеката који могу бити детектовани код Fe $K\alpha$ линија (Јовановић и Поповић 2008). Угаони моменат или спин централне супермасивне црне рупе је својство метрике простор времена. Јовановић и Поповић (2008) су показали како то утиче на посматране профиле линија предпостављајући да се Fe $K\alpha$ емисиони регион протеже између следећих вредности унутрашњег и спољашњег радијуса: $R_{in} = R_{ms}$ и $R_{out} = 20 R_g$. Анализирали су два случаја инклинације акреционог диска (35° и 75°) у Шварцшилдовој и Керовеј метрици. Овде је приказан други случај када је диск под великим углом. Профили линија су шири него у првом случају, управо због већег нагиба. У случају Керове метрике, црвени пик линије је више угњежден у своје плаво крило (као и у првом случају) и то потврђује да се овај ефекат појављује управо због угаоног момента. Значи, угаони момент централне црне рупе значајно утиче на облик линије што подржава предпоставку да Fe $K\alpha$ настаје у акреционом диску близу ње (Ballantyne & Fabian, 2005). Типичан спектар у X домену састоји се из следећих компоненти: континуум од 0.1 до 100 KeV, који има компоненту са равнијим спектром и компоненту са спектром у облику степеног закона, и промене су од неколико делова часа до неколико дана. Fe $K\alpha$ линија је први пут потврђена посматрањем Сејферт 1 галаксије MCG-6-30-15 (Tanaka et al.,

1995). За њу је карактеристично да се, ако настаје у релативистички ротирајућем диску АГЈ, шири због кинематичких ефеката и њен облик се мења због Доплеровог ефекта и гравитационог црвеног помака. На крају је дат закључак уз низ примера да је свега трећина Сејферт 1 галаксија са релативистичким Fe K α , неке од ових линија могу бити емитоване из млаза (jet), као у случају објекта 3C120, где апсорпција у њеном плавом крилу индукује постојање млаза у том региону.

Numerical simulations of a highly inclined accretion disk ($i=75^\circ$) for different values of angular momentum parameter a (left) and the corresponding profiles of the Fe K α line (right), see [Jovanovic & Popovic 2008, Fortschr. Phys. 56, 456](#)



Слика 13: *Слајд са предавања др Луке Ч. Поповића.*

У протеклих неколико година астрономски подаци су се организовали у јавним терабајтним базама података, док се у наредном периоду од нове генерације посматрачких програма очекују петабајтне структуре. Основни циљ предавања проф. Жељка Ивезића био је да фамилијаризује слушаоце са садашњим посматрачким програмима, а посебно са SDSS, као и да их мотивише на сопствена истраживања.

Огромни телескопи попут Keck, Very Large Telescope, Gemini (10м) су посебно значајни за детекцију слабих објеката (могу детектовати објекте који су 100 милиона пута слабији од оних, који се могу детектовати људским оком). Сви посматрачки програми обухватили су преко милијарду објеката.

Оптички посматрачки програми као што су они Паломарске опсерваторије (први 1950 до 1957. и други 1985 до 1999) били су

фотографски, у два опсега, са астрометријском тачношћу од 0.5 лучних секунди, и фотометријском од 0.2-0.4 mag, а произвели су каталог USNO-B који има 10^9 објеката.

The Impact of SDSS

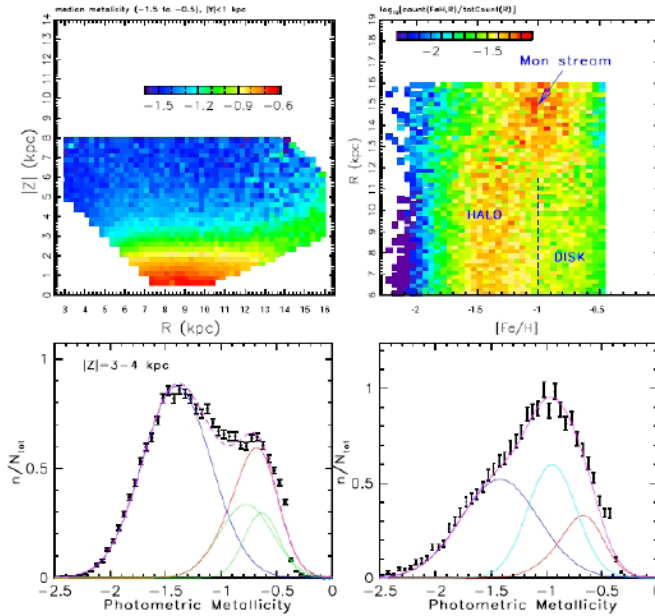
Extraordinary range of science themes and huge scientific legacy

- In less than a decade >2,000 SDSS papers with >50,000 citations; <1000 USD per paper!
- In 2003, 2004, and 2006 the most productive astronomical observatory (in 2005 second after WMAP), as measured by the citation rate
- A new paradigm for astronomy: a large collaboration (>100 people) reminiscent of high-energy physics

Cool! What does SDSS measure and where do I get these data?

Слика 14: *Слајд са предавања проф. др Жељка Ивезића.*

Међутим, велики пробој је начињен дигиталним посматрачким програмом SDSS, који је био у 5 опсега, $m < 22.5$, астрометријске тачности мање од 0.1 лучне секунде, фотометријске тачности 0.02 mag, а покрио је 1/4 неба, и више од 10^8 објеката (не у Галактичкој равни). Овај пројекат начинио је слике преко 100 милиона звезда и исто толико галаксија и одредио је спектре за 1 милион галаксија, 100000 квазара и 100000 звезда. Укупна количина података је преко 20 терабајта (више него што је у библиотеци америчког конгреса). Овај пројекат утицао је на развој астрономије: за мање од декаду направљено је више од 2000 радова са више од 50000 цитата. Постоји неколико интерфејса за добијање података из SDSS (www.sdss.org): Catalog Archive Server (CAS) (претраживач SDSS каталога слика и спектара), Spectro Query Server (претражује спектре по положају или по спектралним или фотометријским параметрима), Imaging Query Server (претраживач каталога слика, функционише слично предходном), Imaging cross-ID (унакрсни претраживач каталога слика других посматрачких програма) и SQL претраживање, итд.



More Substructure

- Monoceros stream was discovered using stellar counts
- It is also identified as a substructure in metallicity space... LEFT
- And kinematics, too: it rotates faster than LSR by ~ 50 km/s
- More details: Ivezić et al. 2008 (ApJ 684, 287)

Substructure can also be identified using metallicity and kinematics maps!

Слика 15: *Слајд са предавања проф. др Жељка Ивезића.*

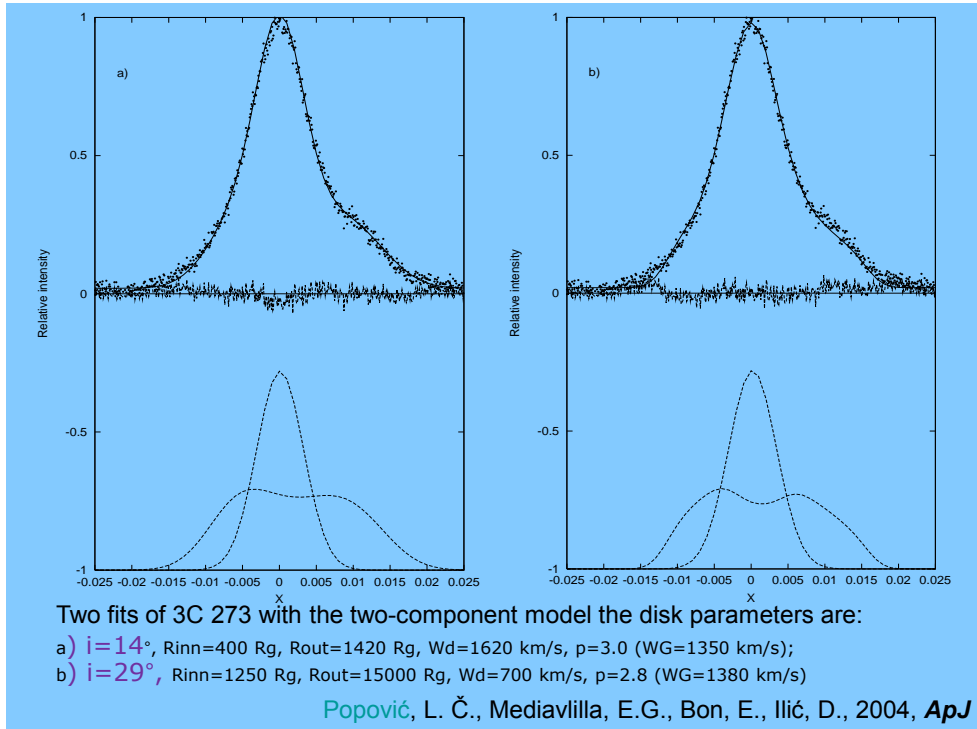
Надаље су приказани неки од научних резултата добијених на основу података SDSS посматрачког програма. У оквиру нашег Сунчевог система, овај програм је обезбедио статистички значајан узорак посматрања малих тела (преко 100 000 малих тела је посматрано), снимљене су слике у пет боја. SDSS је каталогизовао око 100000 малих тела која раније нису била детектована. Добијена је побољшана расподела астероида из главног астероидног појаса по величини, јер су вршена мерења на објектима чији је дијаметар мањи од 1 км (што раније није било могуће) и откривена је промена у нагибу ове дистрибуције за вредност дијаметра од 5 км. Такође је добијена процена вероватноће судара од 1 у милион година са астероидима чији је дијаметар већи од 1 км. Осим тога, откривена је јака корелација између боје и позиције, за стеновите објекте S типа у унутрашњем делу појаса и карбонатне астероиде C типа у његовом спољашњем делу, као и да динамичке фамилије имају различите боје. Унутар одређене хемијске класе астероида, различите нијансе боје одређују њихову старост, тако да се SDSS боје могу користити за датирање ових објеката.

У спољашњем делу Сунчевог система SDSS је открио 2 тела Нептунових Тројанаца, око 50 објеката у Кајперовом појасу, међу којима је најинтересантнији објекат 2006SQ372 који има велику полуосу од готово 800 AJ. Симулације су показале да је овај објекат био избачен релативно скоро из Оортовог облака према унутрашњем делу Сунчевог система.

Спектри звезда покрили су опсег таласних дужина од 3800 Å до 9200 Å, са резолуцијом од 1800 и $S/N > 4$ по пикселу. SDSS је детектовао 95% од свих до сада познатих С патуљака, и први познати Т патуљак (Adelman et al. 2007). Звездани спектри добијени овим програмом су довољног квалитета да дају тачну процену звезданих параметара као што су ефективна температура, гравитација, металичност и хемијска структура. Овако процељени параметри су показали добру корелацију са мерењима добијених на основу слика.

SDSS је радио и дисекцију структуре наше Галаксије, одређујући специјалну расподелу звезда, расподелу металичности и звездану кинематику. Оно што је квалификовало SDSS за овакву студију је: тачна фотометрија (обезбеђује процену растојања и $[Fe/H]$), огроман број посматраних звезда (мале случајне грешке при одређивању бројчаних густине), огромна површина посматраног неба, 10 000 квадратних степени, и лимит магнитуда од $m < 20.5$ (што даје добро запреминско покривање). Као што је познато, конструкција модела халоа и диска Млечног пута захтева $\rho(z | R = R_{sun})$ фит суме двоструких експоненцијалних и степеног закона профила. Али различити модели могу да произведу исти фит. Зато је неопходна огромна површина неба да би се направио коректан модел и SDSS задовољава тај услов. Начињена је тродимензиона мапа звездане бројчане густине (око 50 милиона звезда је посматрано). Анализа је била заснована на фотометријским растојањима и зато је била независна од модела. Потврђен је двокомпонентни експоненцијални диск модел али је за хало лоше одређен модел степеног закона због постојећих подструктура у њему и ипак недовољног покривања неба. Локализована је значајна густина објеката у правцу Вирго. Више детаља о овоме може се видети у Jurić et al. 2008. Мапирање металичности у нашој Галаксији показало је исте компоненте (јасну поделу на диск и хало) као што су добијене на основу бројчане густине. Кинематичке карактеристике су корелиране са металичношћу: звезде богате (диск) металима ротирају, сиромашније (хало) звезде су на случајним веома ексцентричним путањама. Традиционални двокомпонентни модел диска предвиђа корелацију између металичности и ротационе брзине али на основу мерења SDSS то није потврђено. Кинематичке мапе и оне које приказују металичност омогућиле су детектовање Моноцерос подструктуре (Ivezić et al. 2008). Ефекат гравитационог сочива (галаксија која својом масом утиче на дисторзију облика галаксија у позадини због гравитационог савијања светла) је мали ефекат реда 1% али се може детектовати на статистички значајном скупу галаксија. На основу овог ефекта се може проценити маса галаксија у позадини као функција растојања од центра галаксије сочива. Очекивање је да је за изотермалну сферу савијање приближно r^{-1} . На основу SDSS мерења, утврђено је да је савијање $\propto r^{-0.8 \pm 0.2}$ због чега је добијена процена масе $\propto L^{-1.0 \pm 0.2}$.

Еди Бон је дао детаљан увид у модел широколинијског региона код АГЈ и разматрао начине поједностављења овог модела, како редуковати број неопходних параметара и одредити њихове домене.



Слика 16: Слајд са предавања Еди Бона.

Оно што се може рећи да је однос флукса (Bon et al. 2006) релативистичког акреционог диска и сферног региона око њега приближно 1 за већину анализираних АГЈ.

Наташа Гавриловић дала је изванредан увид у астрономске базе података са специфичним нагласком на ХиперЛеду, базу података која садржи више од 4 милиона објеката, међу којима је више од 2 милиона галаксија и око 100000 квазара (<http://leda.univ-lyon1.fr/>). Такође, приказан је рад на анализи звезданих популација. Међу првим циљевима ове анализе је фитовање звезданих популација и континуума у АГЈ, како би се они на правилан начин могли екстраховати и анализирати АГЈ емисионе линије. Приказан је модел који је конструисан $M(x) = P(x)([T(x) \otimes G(x)] + C(x))$, где је $T(x)$ модел звезданог спектра, $G(x)$ Гаусовска функција у правцу визуре повећања брзина, док је $C(x)$ модел континуума АГЈ. Такође су приказани први резултати овог модела на неким примерима.

Two-component model

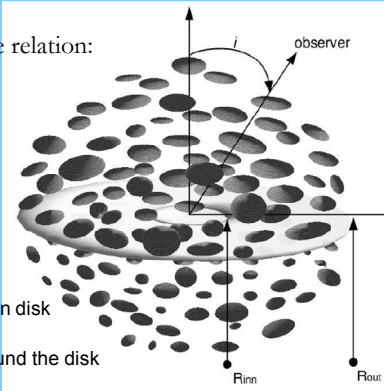
- The **disk** is contributing to the wings of the lines,
- a **spherical medium** around the disk to the core of the lines.

The whole line profile can be described by the relation:

$$I(\lambda) = I_{AD}(\lambda) + I_G(\lambda)$$

Where:

- $I_{AD}(\lambda)$ the emissions of the relativistic accretion disk
- $I_G(\lambda)$ the emissions of the spherical region around the disk



Popović et al, 2003, 2004, Bon et al 2006

Слика 17: Слајд са предавања Еди Бона.

Stellar Population Analysis

Fit procedure

Following Barth et al. (2002), we build a model, $M(x)$, that is the convolution of a stellar template spectrum, $T(x)$, and a line-of-sight velocity broadening function approximated as a Gaussian function, $G(x)$:

$$M(x) = P(x)([T(x) \otimes G(x)] + C(x))$$

- $C(x)$ is a model for the AGN continuum, here assumed to be a single power law, where the normalization, the amplitude and the slope are allowed to vary in the fit. This component could comprise other additive components, such as the Fe II emission from the BLR of the AGN that forms a "pseudocontinuum" throughout the optical spectrum (e.g., Francis et al. 1991)
- $P(x)$, is required to account for variations in continuum shape between the template and the galaxy (see, e.g., Kelson et al. 2000), which, in our case, can result from a combination of internal reddening in the host galaxy (Galactic extinction is already accounted for), differing stellar populations, and residual calibration errors. The polynomial represents a linear combination of Legendre polynomials.

Astronomical Databases and Stellar Population in Active Galactic Nuclei – p. 12/19

Слика 18: Слајд са предавања Наташе Гаврлиовић.

Stellar Population analysis in AGN

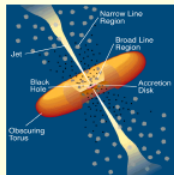
Table represents the best fit results. The variables in the table are: v -mean stellar velocity, σ - velocity dispersion, z -metallicity, a_coef -linear parameter of the power law function, b_expo -spectral index, f -restored fraction of AGN and χ^2 -the goodness of the fit.

v (km/s)	7.4166 ± 0.1642
σ (km/s)	100.7974 ± 0.1886
age (Myr)	5529.6152 ± 84.0009
z (dex)	-0.0227 ± 0.0050
f (%)	24.2717
a_coef	$2.15e-7$
b_expo	1.7232
χ^2	0.6786

Слика 19: Слајд са предавања Наташе Гаврлиовић.

Јелена Ковачевић изложила је анализу уских линија у спектрима АГЈ, почевши од уклањања космолошког помака, ефекта црвеног помака и континуума, до одређивања физичких и кинематичких карактеристика усколинијског региона. Из анализе 31 спектра АГЈ преузетих из СДСС базе добијено је да су брзине од 0 до 200км/с (Ковачевић et al. 2007).

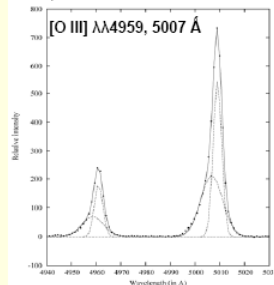
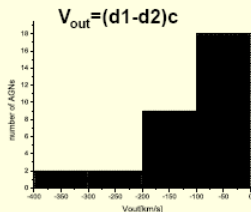
Narrow lines: analysis of kinematical properties of NLR



-31 AGN spectra from SDSS;

$$V_{out} = (d1 - d2)c$$

- V_{out} is in the range from 0 km/s to -200 km/s. (Kovačević et al. 2007)



Слика 20: Слајд са предавања Јелене Ковачевић.

Током сва три радна дана излагани су постери научних радова, а последњег дана школе организовано је такмичење студенских радова, са пропозицијом да свака презентација траје 5 минута. У жирију су учествовали: др Evaggelia Lyratzi, проф. др Emmanouil Danezis, University of Athens, др Милан Димитријевић, научни саветник Астрономске опсерваторије Београд (председник жирија), др Лука Поповић, научни саветник Астрономске опсерваторије Београд и др Павел Котрча (Astronomical Institute v.v.i. Academy of Sciences, Ondrejov, Czech Republic). Жири је једногласно одлучио да је најбољи студентски рад Ивана Милића и Санде Дејанић који су радили под руководством др Pavel Kotrča (Astronomical Institute v.v.i. Academy of Sciences, Ondrejov, Czech Republic), на другом месту је био рад студента Jana Elnera, Charles University in Prague, Чешка република, док је на трећем месту био рад студенткиње Eve Arazimove, Charles University in Prague, Чешка република. Др Милан С. Димитријевић, прогласио је победнике такмичења и доделио им симболичне новчане награде и књиге, као и дипломе свим полазницима школе. Приређен је коктел за све учеснике школе. На основу одлуке Научно наставног већа Математичког факултета учесницима је додељено 6 ЕСП бодова што је и јасно назначено на дипломи (видети сл. 21). Од 23 полазника школе 78% је имало рад (њихова имена су наведена у Табели 2). Сва остала имена полазника школе наведена су на ДВД презентацији (Димитријевић, Ковачевић, 2009).

Табела 2: *Полазници Летње школе који су имали рад*

Име полазника школе	Институција
Eva Arazimova	Charles University in Prague
Jan Elner	Charles University in Prague
Matus Kocka	Masaryk University in Brno
Jiří Krtička	Masaryk University in Brno
Jiří Kubat	Astronomical institute of Academy of Science of Czech Republic
Jana Polednikova	Masaryk University in Brno
Hassan Bourhrous	University in Ifrane
Милан Глигорић	Универзитет у Бања Луци
Далибор Обрадовић	Универзитет у Бања Луци
Немања Ракић	Универзитет у Бања Луци
Ђорђе Смиљић	Универзитет у Бања Луци
Дајана Врањеш	Универзитет у Бања Луци
Марија Борисов	Математички факултет у Београду
Санда Дејанић	Математички факултет у Београду
Иван Милић	Математички факултет у Београду
Олга Недељков	Математички факултет у Београду
Сања Томић	Математички факултет у Београду
Маријана Цветковић	Математички факултет у Београду

Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Serbia



**THE SECOND SUMMER SCHOOL
IN ASTRONOMY**

Belgrade, 29.09 - 01.10.2008

CERTIFICATE

with credit score of 6 ECTS

XXXXXXXX

for attending courses in

Stellar atmospheres and winds

RNDr Jiří Kubát _____

Dr Jiří Krtička _____

The peculiar and complex line profiles in the spectra of hot emission stars and quasars

Prof. Dr Emmanouil Danezis _____

Prof. Dr Milan S. Dimitrijević _____

Dr Evaggelia Lyrazi _____

Dr Antonios Antoniou _____

Active Galactic Nuclei

Prof. Dr Luka Č. Popović _____

Doing astronomy with Sloan Digital Sky Survey

Prof. Dr Željko Ivezić _____

Prof. Dr Milan S. Dimitrijević
Chair of the School

Prof. Dr Miodrag Mateljević
Dean of Faculty of Mathematics

Слика 21: Сертификат о похађању летње школе са наведеним именима професора, именом директора школе др Милана С. Димитријевића и декана Математичког факултета проф. др Миодрага Матељевића.

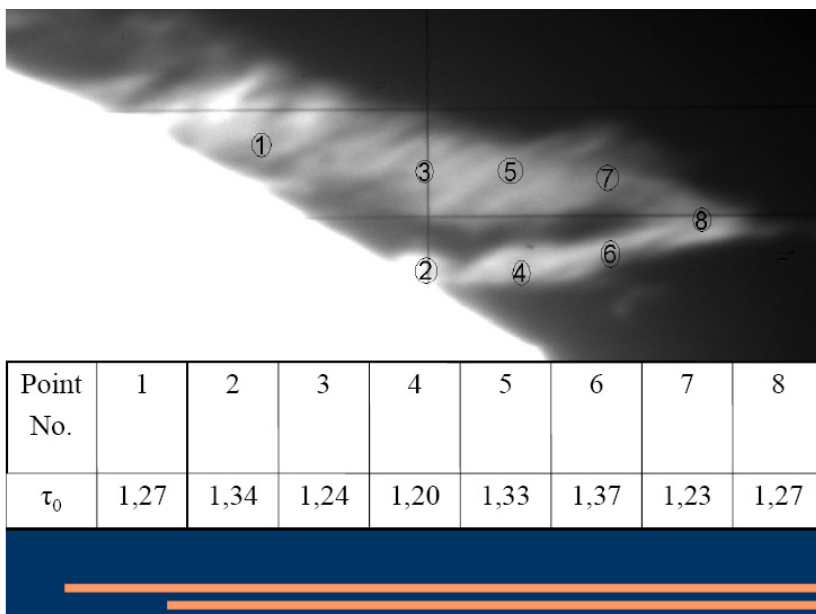
У свом раду Иван Милић и Санда Дејанић дали су процену оптичке дебљине у сунчевим протуберанцама. Наиме, они су фитовали На емисиону линију протуберанце функцијом која зависи од неколико параметара и при томе су користили итеративан метод. Анализирали су 52 протуберанце и добили 188 профила линија, а оптичка дебљина је била у интервалу од 0.97 до 1.57.

Method

- Profile of H α emission line of a prominence, with some approximations can be represented with function:

$$I_{\lambda} = S \left(1 - e^{\tau_0 \cdot e^{-\frac{(\lambda - \lambda_{\max})^2}{\Delta\lambda^2}}} \right)$$

Слика 22: Слајд из најбоље студентске презентације аутора Ивана Милића, Санде Дејанић и Павела Котрча: опис функције која је коришћена за фитовање H α линија код сунчевих протуберанци.



Слика 23: Слајд из најбоље студентске презентације аутора Ивана Милића, Санде Дејанић и Павела Котрча: процењене вредности параметра из фитоване функције у одабраним тачкама.

Свечана вечера поводом затварања школе приређена је у етно ресторану “Дача”, на којој су осим организатора и предавача учествовали и спонзори летње школе господин Hans J. Langer (Ханс Ј. Лангер) и господин Чеда Мраз.



Слика 24: *Детаљ са свечане вечере: поздравни говор др Милана С. Димитријевића директора Летње школе (стоји), слева на десно седе: проф. др Жељко Ивезић, господин Ханс Лангер и господин Чедомир Мраз. Фото: др Миодраг Дачић, виши научни сарадник АОБ.*

4. ЗАКЉУЧАК

На основу предходно изложеног, може се рећи да је Друга Летња школа из астрономије покрила теме које спадају међу најмодерније у савременој астрономији, које су изложене веома детаљно. Такође, сматрамо да у наредним летњим школама теме треба да остану генералне али учесницима је интересантно да практични део буде још више заступљен.

На овом месту истакли бисмо посебан допринос у реализацији целог пројекта који су дали спонзори: RAUCH, Београдска пекарска индустрија, Соса Cola, ECOFINANCE, Тон Плус, Анекс, господин Ханс Ј. Лангер и господин Чедомир Мраз, пројекти чији су руководиоци: др. Милан С. Димитријевић, др Лука Ч. Поповић, проф. др Жарко Мијајловић и проф. др Неда Бокан и Задруга студената Универзитета у Београду.

На крају бисмо истакли допринос др Миодрага Дачића, вишег научног сарадник АОБ, који је фотографски пропратио овај догађај, а слике се налазе на ДВДу који садржи и програм, апстракте предавања, презентације професора и полазника школе и остали материјал везан за овај догађај (Dimitrijević & Kovačević, 2009).

Захвалница

Овај рад је урађен у оквиру пројекта 146001 *Утицај сударних процеса на спектре астрофизичке плазме*, пројекта 146002 *Астрофизичка спектроскопија вангалактичких објеката* 146022 и пројекта *Историја и епистемологија природних наука*, код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.

Литература

- Adelman-McCarthy, J. K., Agüeros, M. A., Allam, S. S., Anderson, K. J.: 2007, "The Fifth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey", *Astrophysical Journal Supplement Series*, **172**, 634-644.
- Bates, B., Halliwell, D. R.: 1986, "Discrete absorption components in spectra of mass-losing stars - an analytical model for the trajectories of gas parcels and streams", *MNRAS*, **223**, 673-681.
- Bon, E., Popović, L. Č., Ilić, D., Mediavilla, E.: 2006, "Stratification in the broad line region of AGN: The two-component model", *New Astronomy Reviews*, **50**, 716-719.
- Danezis, E., Nikolaidis, D., Lyrtzi, E., Stathopoulou, M., Theodossiou, E., Kosionidis, A., Drakopoulos, C., Christou, G., Koutsouris, P.: 2003, "A new model for the structure of the DACs regions in the Oe and Be stellar atmospheres", *Astrophysics and Space Science*, **284**, 1119-1142.
- Danezis, E., Popović, L. Č., Lyrtzi, E., Dimitrijević, M. S.: 2006, "The peculiar absorption and emission phenomena from stars to quasars", in *The Physics of Ionized Gases, 23rd Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases*, Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, eds. Lj. Hadžievski, B. P. Marinković, N. S. Simonović, *American Institute of Physics Conference Proceedings*, **876**, 373-384.
- Dimitrijević, M. S., Kovačević, A. B.: 2009, "The Second Summer School in Astronomy: Program, Presentations and Photos", DVD, Eds. M. S. Dimitrijević and Andjelka Kovačević, ISBN 978-86-80019-30-7.
- Dimitrijević, M.S., Sahal-Bréchet, S.: 1984, "Stark broadening of neutral helium lines", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **31**, 301-313.
- Dimitrijević, M. S., Konjević, N.: 1981, "Modified semiempirical formula for the electron-impact width of ionized atom lines: theory and applications", Reprint from: *Spectral Line Shapes*, Editor: B. Wende © 1981 Walter de Gruyter & Co., Berlin, New York, Printed in Germany, 211-239.
- Dimitrijević, M. S., Kršljanin, V.: 1986, "Electron-impact shifts of ion lines: modified semiempirical approach", *Astron. Astrophys.*, **165**, 269-274.
- Ivezić, Ž., Sesar, B., Jurić, M., Bond, N.: 2008, "The Milky Way Tomography with SDSS. II. Stellar Metallicity", *Astrophysical Journal*, **684**, 287-325.

- Jurić, M., Ivezić, Ž., Brooks, A., Lupton, R. H.: 2008, "The Milky Way Tomography with SDSS. I. Stellar Number Density Distribution", *Astrophysical Journal*, **673**, 864-914.
- Jovanović, P., Popović, L. Č.: 2008, "Observational Effects of Strong Gravity in Vicinity of Supermassive Black Holes", *Fortsch. Phys.*, **56**, 456-461.
- Ковачевић, А. Б., Димитријевић, М. С.: 2008, "Прва летња школа из астрономије и геофизике", Зборник радова конференције "Развој астрономије код Срба V", Београд, 18-22. април, *Публикације Астрономског друштва „Руђер Бошковић“*, св. **8**, 847-858.
- Kovačević, J., Vachev, R., Popović, L. Č., Zamanov, R., Marziani, P.: 2008, "Asymmetry of the C IV λ 1549 Å and [O III] $\lambda\lambda$ 4959, 5007 Å Lines in a Sample of RQ and RL AGN", VI Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics (VI SCSLSA). *AIP Conference Proceedings*, **938**, 104-108.
- Popović, L. Č., Mediavilla, E. G., Kubičela, A., Jovanović, P.: 2002, "Balmer lines emission region in NGC 3516: Kinematical and physical properties", *Astron. Astrophys.*, **390**, 473-480.
- Sahal-Bréchet, S.: 1986a, "Impact Theory of the Broadening and Shift of Spectral Lines due to Electrons and Ions in a Plasma", *Astron. Astrophys.*, **1**, 91-123.
- Sahal-Bréchet, S.: 1986b, "Impact Theory of the Broadening and Shift of Spectral Lines due to Electrons and Ions in a Plasma", *Astron. Astrophys.*, **2**, 322-354.
- Tanaka, Y., Nandra, K., Fabian, A. C., Inoue, H., Otani, C., Dotani, T., Hayashida, K., Iwasawa, K., Kii, T., Kunieda, H., Makino, F., Matsuoka, M.: 1995, "Gravitationally redshifted emission implying an accretion disk and massive black hole in the active galaxy MCG-6-30-15", *Nature*, **375**, 659-661.

THE SECOND SUMMER SCHOOL IN ASTRONOMY

Here we presented a complete project of The Second Summer School in Astronomy, which was held in Belgrade 29-01.10.2008.