





## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Dissertasiya təkamülün müxtəlif mərhələlərində olan massiv sıx qoşa sistemlərin (MSQS) spektral və fotometrik tədqiqinə həsr edilmişdir. MSQS-in yalnız spiral qalaktikalarda məskunlaşdığını və MSQS-lərin təkamül xüsusiyyətlərinin anlaşılmasında bu qalaktikaların əhəmiyyətli rol oynadığını nəzərə alaraq həm də qalaktikalarda spiral quruluşun əmələ gəlmə mexanizmi tədqiq edilmişdir.

Məlumdur ki, təkamülün sonunda MSQS-lərin daha massiv komponentləri ifratyeni kimi partlayır və bu partlayış nəticəsində spiral qalaktikadakı ulduzlararası mühit ağır kimyəvi elementlərlə zənginləşir. Bu partlayış nəticəsində həm də ulduzlararası mühitə böyük miqdarda mexaniki enerji ötürülür. Ulduzlararası mühitin ağır kimyəvi elementlərlə zənginləşməsi və bu mühitə böyük miqdarda mexaniki enerjinin ötürülməsi spiral qalaktikaların təkamülündə həlledici rol oynayır. Digər tərəfdən, MSQS-lər yüksək parlaqlığa malik obyektlər olduqlarına görə, onlar bizdən çox uzaq məsafələrdə yerləşən spiral qalaktikalar haqqında yeganə məlumat mənbəyidir.

Ötən əsrdə astronomlar II tip ifratyeni partlayışlarının yalnız spiral qalaktikalarda baş vermə səbəbini başa düşmüşdülər. MSQS-lərin təkamül nəzəriyyəsi inkişaf etdikdən sonra bu məsələyə aydınlıq gətirildi. Aydın oldu ki, II tip ifratyeni partlayışlarının yalnız spiral qalaktikalarda baş verməsini səbəbi bu qalaktikalarda MSQS-lərin olması ilə birbaşa əlaqədardır. Belə ki, MSQS-lər təkamülün sonunda II tip ifratyeni kimi partlayır. Qeyd edək ki, II tip ifratyeni partlayışları qalaktikaların spiral qollarında müşahidə olunur. Bu tip ifratyeni partlayışları elliptik qalaktikalarda rast gəlinmir.

MSQS-lərin tədqiqi sahəsində xeyli mühüm nəticələr alınsa da, həllini gözləyən problemlər də vardır. Yeni müşahidə faktlarının aşkarlanması, MSQS-lərin təkamül nəzəriyyəsinin nəticələrin yoxlanılması və bu nəzəriyyənin dəqiqləşdirilməsi üçün yeni müşahidə faktlarına ehtiyac vardır.

Müasir təsəvvürlərə görə kütləsi  $\sim 10 M_{\odot}$ -dən çox olan ulduz massiv (böyük kütləli) ulduz hesab olunur. Kütlənin bu qiyməti

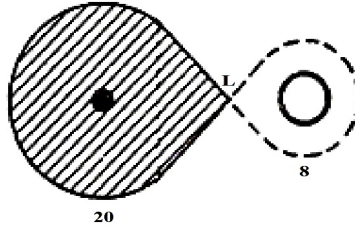
onunla əlaqədardır ki, kütləsi  $\sim 10 M_{\odot}$ -dən çox olan ulduzlar təkamülün sonunda ifrat yeni kimi partlayırlar. Massiv ulduz qoşa sistemə daxil olduqda daha maraqlı fiziki hadisələr baş verir. Müasir təsəvvürlərə görə bizim Qalaktikadakı ulduzların yarısından çoxu qoşa və misilli sistemlərə daxildir. Qoşa ulduz sistemi sıx qoşa olduqda orada daha maraqlı fiziki proseslər müşahidə olunur. Sıx qoşa sistemlər (SQS) o qoşa ulduz sistemləridir ki, təkamülün müəyyən mərhələsində, qoşa sistemin komponentləri arasında intensiv maddə mübadiləsi baş verir<sup>1</sup>. MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə, qoşa sistemin daha massiv komponenti daha sürətlə təkamül edir, ona görə ki, ulduzun təkamül tempi onun kütləsindən kəskin şəkildə asılıdır. MSQS-in daha massiv komponenti daha sürətlə təkamül edərək özünün Roş boşluğunu doldurur və daxili Lagranj nöqtəsi vasitəsi ilə maddənin massiv komponentdən digər komponentə intensiv axını baş verir (Şəkil 1).

MSQS-lərin tədqiqinin aktuallığı müasir astrofizikanın aşağıdakı qlobal problemləri ilə əlaqədardır:

1. Müasir astrofizikanın ən ekzotik astrofiziki obyektləri, Volf-Raye (WR) ulduzları, neytron ulduzları və qara dəliklər MSQS-lərin təkamülü nəticəsində əmələ gəlir. MSQS-lərin massiv komponentləri təkamülün sonunda ifratyeni kimi partlayır və ulduzun ilkin kütləsindən asılı olaraq neytron ulduzu yaxud qara dəlik əmələ gəlir.
2. MSQS-lər təkamülün sonunda ifratyeni kimi partlayaraq qalaktikanı ağır kimyəvi elementlərlə zənginləşdirir. Müasir təsəvvürlərə görə Kainat  $\sim 13.8$  milyard il əvvəl Böyük Partlayış (BP) nəticəsində əmələ gəlmişdir. BP-in ilkin nukleosintez mərhələsində hidrogen ( $\sim 75\%$ ), helium ( $\sim 25\%$ ) və az miqdarda litium elementinin nüvələri əmələ gəlmişdir. Rekombinasiya epoxasında, BP-dan  $\sim 380\,000$  il sonra hidrogen ( $\sim 75\%$ ) və helium ( $\sim 25\%$ ) atomları meydana gəlmişdir. Yerdə qalan digər ağır kimyəvi elementlər (dəmir qrupunun elementlərinə qədər) massiv ulduzların nüvələrində baş verən nüvə reaksiyalarında

<sup>1</sup>Черепашук А. М. Тесные двойные звезды / I часть, Москва, Физматлит, – 2013, – 559 с.

sintez olmuşdur. Dəmirdən ağır kimyəvi elementlər isə yalnız MSQS-lərin təkamülün sonunda ifratyeni kimi partlaması nəticəsində əmələ gəlmişdir.



**Şəkil 1. Komponentlərinin kütlələri  $20 M_{\odot}$  və  $8 M_{\odot}$  olan MSQS.**

3. Deməli, MSQS-lər qalaktikanı ağır kimyəvi elementlərlə zənginləşdirir, ulduzlararası mühitin “metallığını” artırır. Astronomiyada, heliumdan ağır kimyəvi elementlər “metallar” adlanır. Məlumdur ki, ulduzlararası mühitin “metallığı” qalaktikada sonrakı ulduz əmələ gəlməsi prosesində mühüm rol oynayır. Qalaktikaların Kainatın əsas fundamental struktur elementləri olduğunu nəzərə alaraq deyə bilərik ki, MSQS-lər bütövlükdə Kainatın təkamül xüsusiyyətlərinin dərk etmək nöqtəyi nəzərindən mühüm obyektlərdir.
4. MSQS-lər kifayət qədər parlaq obyektlər olduqları üçün onlar bizdən çox uzaq məsafələrdə yerləşən spiral qalaktikalar haqqında yeganə məlumat mənbəyidir.

İndiyə qədər astronomlar qalaktikalarda spiral quruluşun əmələ gəlməsini izah etmək üçün bir neçə fərziyyə irəli sürsələr də hələlik qalaktikaların spiral quruluşunun əmələgəlmə mexanizmi ilə əlaqədar qənaətbəxş bir nəzəriyyə yoxdur. Məlumdur ki, Kainatdakı qalaktikaların əksəriyyəti (50%-dən çoxu) spiral qalaktikalardır. Məlumdur ki, qalaktikaların spiral quruluşu kifayət qədər stabildir. Belə ki, bu quruluşlar milyardlarla illər ərzində dağılmır. Deməli, qalaktikaların spiral quruluşlarının mənşəyinin öyrənilməsi müasir astrofizikanın aktual problemlərindən biridir. Dissertasiyada

qalaktikalarda spiral quruluşun meydana gəlməsini izah edən orijinal fərziyyə irəli sürülmüş və bu fərziyyənin lehinə olan arqumentlər göstərilmişdir. İddiaçı hesab edir ki, qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeymi” BP-ın ilk mikrosaniyələrində əmələ gəlir.

**Tədqiqatın obyektı və mövzusu.** Dissertasiyanın əsas tədqiqat obyektı təkamülün müxtəlif mərhələlərində olan MSQS-lər (HD 206267, HD 191765, HD 192163, HD 197406, HD 50896, LZ Cep,  $\beta$  Lyr) və spiral qalaktikalardır. Tədqiqatın mövzusu MSQS-lərin spektral və fotometrik tədqiqi və qalaktikalarda spiral quruluşunun əmələgəlmə mexanizminin araşdırılmasıdır.

**Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri.** Dissertasiya işinin əsas məqsədi təkamülün müxtəlif mərhələlərində olan MSQS-lərin spektral və fotometrik tədqiqi, həmçinin MSQS-lərin məskunlaşdığı spiral qalaktikaların spiral quruluşlarının əmələgəlmə mexanizmini araşdırmaqdır.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakılar yerinə yetirilmişdir:

1. Təkamülün müxtəlif mərhələlərində olan MSQS-lərin seçilməsi. Bu məqsədlə aşağıdakı MSQS-lər: HD 206267, HD 191765, HD 192163, HD 197406, HD 50896, LZ Cep,  $\beta$  Lyr.
2. Seçilmiş MSQS-lərin ŞAR-ın 2-m teleskopunda spektral və 60-sm teleskopunda fotometrik müşahidələrin aparılması.
3. Alınan spektral və fotometrik müşahidə materialının işlənməsi və təhlili üçün üsul və proqramların seçilməsi. Alınmış spektral və fotometrik müşahidə materialı uyğun olaraq DECH və MaxImDL proqram paketləri ilə işlənməlidir.
4. Galaktikaların spiral quruluşlarının mümkün mənşəyinin təhlili, BP-nin ilk mikrosaniyələrində bu strukturların əmələ gəlməsinin mümkünlüyünün araşdırılması, spiral quruluşları aşkar etmək üçün mümkün üsulların axtarılması.
5. Əldə olunan məlumatların təhlili, interpretasiyası və nəticələrin çıxarılması.

**İstifadə olunan tədqiqat üsulları.** Spektral müşahidə materialları DECH proqram paketi və fotometrik müşahidə materialları isə MaxImDL proqram paketindən istifadə olunaraq işlənməlidir. Qalaktikaların spiral quruluşunun öyrənilməsi özünə

bənzərlik (self similarity) üsulundan istifadə edilərək həyata keçirilmişdir. Spiral strukturların aşkar edilməsi üçün yeni üsul təklif edilmişdir.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.** Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

1. WR tipli, HD 191765 ulduzunun qeyri-adi fotometrik dəyişkənli. Fotometrik müşahidələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, HD 191765 ulduzunun ulduz ölçüsü  $\sim 10$  dəqiqə ərzində  $8^m.0$ -dan  $8^m.1$ -ə qədər dəyişmişdir,  $\sim 10$  dəqiqə ərzində ulduz ölçüsü  $0^m.1$  qədər artmışdır! Bu ulduz üçün belə dəyişkənlik ilk dəfə aşkar edilmişdir [19, s.33-35].
2. Bir komponenti kompakt obyekt olduğu ehtimal olunan WR tipli qoşa ulduzların (HD 191765, HD 192163, HD50896 və HD 197406) az kütləli “normal” K-M komponentləri olan qoşa rentgen mənbələrinin (C+K-M) törədiciləri olması haqqında fərziyyə. HD 192163 və HD 191765 ulduzlarının spektral və fotometrik tədqiqi, HD 50896 və HD 197406 ulduzları üçün elmi ədəbiyyat məlumatlarının təhlili nəticəsində bu ulduzların WR + (K-M) tipli qoşa sistem olması nəticəsi alınmışdır. MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə WR + K-M tipli qoşa ulduz sistemləri az kütləli K-M komponentləri olan rentgen mənbələrinin törədiciləridir [18, s.380-392], [50, s.109-110].
3. WR tipli, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 xətlərinin formalaşmasında bu ulduzu əhatə edən NGC 6888 həlqəvi dumanlığının payının olması. Bu profillərin asimmetrik olması, onların formalaşmasında digər mənbəyin payının olmasının göstəricisidir. Yüksək ayırdetməli spektrlər əsasında, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 xətlərinin asimmetriyası aşkar edilmişdir. Hesab edirik ki, bu xətlərin formalaşmasında NGC 6888 həlqəvi dumanlığın da payı vardır. [23, s.14-16], [45, s.75-76].
4. WR tipli HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının spektral təsnifi nəticəsində onların spektral tipləri arasında fərqin aşkar edilməsi. Spektral xətlərin intensivliklərinin nisbətinin loqarifmindən istifadə edərək  $\log(\text{CIV}5808/\text{HeI}5875)$  ilə  $\log(\text{HeII}5411/\text{HeI}5875)$  arasında asılılıq qurulmuşdur. Bu asılılıqdan istifadə edərək aşkar

edilmişdir ki, HD 192163 ulduzu WN6 alt tipinə daha dəqiq uyğun gəlməsinə baxmayaraq, HD 191765 ulduzu WN5 və WN6 arasındakı sərhəddə yerləşir [20, s.27-29], [43, s.141-143], [48, 308-309].

5. HD 206267 ulduzunun spektrində  $H_{\alpha}$  xəttinin bənövşəyi qanadında zəif stabil şüalanma xəttinin,  $H_{\alpha}$  xəttinin nüvəsində Diskret Absorbsiya Komponentlərinin (DAK) meydana gəlməsi və hərəkətinin aşkar edilməsi.  $H_{\alpha}$  xəttinin mərkəzində DAK-ın meydana gəlməsi və hərəkəti aşkar edilmişdir. DAK  $H_{\alpha}$  xəttinin mərkəzinin qırmızı tərəfində meydana gəlir və təxminən 1,5 saat ərzində bənövşəyi tərəfə keçir [27, s.147-149], [28, 3-5], [29, s.15-18].
6. HD 206267 ulduzunun spektrində  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətlərinin asimmetriyasının və bu asimmetriyanın zamana görə dəyişməsinin aşkar edilməsi.  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətləri üçün əks asimmetriya aşkar edilmişdir. Belə ki,  $H_{\alpha}$  xəttinin bənövşəyi qanadı asimmetrik olduqda,  $H_{\beta}$  xəttinin qırmızı qanadı asimmetrik olur və əksinə [29, 13-15], [55, s.79-80].
7.  $\beta$  Lyr ulduzunun orbital periodunun qiymətinin müşahidə mövsümünə (iyul-avqust 2016-cı il) uyğun qiymətinin 12.9414 gün olması.  $\beta$  Lyr ulduzunun baş komponenti güclü kütlə itkisinə məruz qaldığından onun orbital periodunun qiyməti bir ildə  $\sim 19$  saniyə artır. Deməli,  $\beta$  Lyr ulduzu tədqiq olunarkən ilk öncə onun orbital periodunun qiymətinin müşahidə mövsümünə uyğun qiyməti müəyyən edilməlidir [39, s.20-25], [40, 143-145], [57, s.152-153].
8.  $\beta$  Lyr ulduzunun ikinci komponentini əhatə edən diskdə orbital periodun 0.4 və 0.8 fazalarında iki isti ləkənin olduğunu göstərən əlavə müşahidə faktının aşkar edilməsi.  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 xətlərinin bənövşəyi və qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin nisbətinin orbital periodun fazasından asılılıq əyrilərində təqribən 0.4 və 0.8 fazalarında iki maksimum aşkar edilmişdir [39, s.18-23], [40, s.145-147].
9. Qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeyminin” Böyük Partlayışın (BP) ilk mikrosaniyələrində əmələ gəlməsi haqqında fərziyyə.



Əgər zərrəciklərin toqquşması kritik nöqtə yaxınlığında baş verərsə, korrelyasiya uzunluğunun sonsuzluğa yaxınlaşması nəticəsində özünə bənzərlik (self similarity) və fraktallıq əmələ gəlir. Ən dəqiq özünə bənzər fiqur isə logarifmik spiraldır. Deməli, BP-ın ilk mikrosaniyələrində, kvark qlüon plazması halından adron halına keçid zamanı kritik nöqtə yaxınlığında, spiral quruluş əmələ gəlir və bu spiral quruluş, qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeymi” olur [30, s.2-4], [36, s.75-78], [37, 15-17].

10. İkinci növ faza keçidi üçün aşkar edilmiş yeni göstərici (indikator). Kritik nöqtənin yaxınlığında əmələ gələn spiral quruluş, ikinci növ faza keçidinin indikatorudur bu spiral quruluş ikinci növ faza keçidinin proqnozlaşmasında indikator kimi istifadə oluna bilər [30, s.3-5], [36, 75-78].

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi:**

Dissertasiyanın elmi yeniliyi aşağıdakı nəticələrlə əlaqədardır:

1. WR tipli ulduz, HD 191765 ulduzunun qeyri-adi fotometrik dəyişkənliyi aşkar edilmişdir. HD 191765 ulduzunun ulduz ölçüsünün  $\sim 10$  dəqiqə ərzində  $\sim 0^m.1$  ulduz ölçüsü dəyişməsi aşkar edilmişdir!
2. Müəyyən edilmişdir ki, kompakt komponentinin olduğu güman edilən bəzi WR ulduzları az kütləli K-M komponentləri olan qoşa rentgen mənbələrinin törədiciləridir. HD 192163 və HD 191765 ulduzlarının spektral və fotometrik tədqiqi və HD 50896, HD 197406 ulduzları üçün elmi ədəbiyyatdan məlum olan informasiyanın təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu ulduzlar WR + (K-M) qoşa sistemləridir. MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə WR + (K-M) qoşa ulduz sisteminə HD 191765 ulduzunun sonunda ifratyeni kimi partlaması nəticəsində kiçik kütləli (K-M) komponentləri olan rentgen şüalanma mənbələri yaranır.
3. HD 206267 ulduzunun spektrində  $H_{\alpha}$  xəttinin bənövşəyi qanadında zəif stabil emissiya,  $H_{\alpha}$  xəttinin nüvəsində Diskret Absorbsiya Komponentlərinin (DAK) əmələ gəlməsi və hərəkəti aşkar edilmişdir. DAK  $H_{\alpha}$  xəttinin nüvəsinin qırmızı tərəfində

əmələ gəlir və təxminən 1,5 saat ərzində nüvənin bənövşəyi tərəfinə keçir.

4.  $\beta$  Lyr ulduzunun ikinci komponentini əhatə edən diskdə orbital periodun 0.4 və 0.8 fazalarında iki isti ləkənin olduğunu göstərən əlavə müşahidə faktı aşkar edilmişdir. Belə ki,  $H_{\alpha}$  və  $HeI$  6678 xətlərinin bənövşəyi və qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin nisbətinin orbital periodun fazasından asılılıq ayrılərində təqribən 0.4 və 0.8 fazalarında iki maksimum aşkar edilmişdir.
5. Qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeyminin” BP-ın ilk mikrosaniyələrində formalaşa bilməsi barədə fərziyyə irəli sürülmüş və bu fərziyyənin lehinə olan arqumentlər göstərilmişdir. Zərrəciklərin toqquşması kritik nöqtə yaxınlığında baş verərsə, korrelyasiya uzunluğunun sonsuzluğa yaxınlaşması nəticəsində sistemdə özünə bənzərlik və fraktallıq yaranır. Ən müvafiq özünə bənzər fiqurun logaritmik spiral olduğu məlumdur. Deməli əgər zərrəciklərin toqquşması kritik nöqtə yaxınlığında baş verərsə spiral quruluş yaranır və bu spiral quruluş spiral qalaktikaların “rüşeymi” olur.
6. İkinci növ faza keçid üçün yeni bir indikator (spiral quruluş) aşkar edilmişdir. Spiral quruluş ikinci növ faza keçidinin proqnozlaşdırılmasında (və ya aşkarlanmasında) göstərici kimi istifadə oluna bilər.

**İşin praktik və nəzəri əhəmiyyəti.** İşin praktik və nəzəri əhəmiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Spektral və fotometrik müşahidə materialının işlənməsi və təhlili zamanı tətbiq olunan üsullar analoji tədqiqatlar zamanı istifadə oluna bilər.
2. Spektral və fotometrik tədqiqatlar zamanı alınmış nəticələr müvafiq kataloqlar üçün məlumat mənbəyidir.
3. Əldə etdiyimiz nəticələr, MSQS-in təkamül xüsusiyyətlərinin nəzəri tədqiqatları üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Əldə olunan nəticələr MSQS-in fiziki modellərinin qurulmasında istifadə oluna bilər.
4. Qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeyminin” BP-ın ilk mikrosaniyələrində formalaşması haqqında irəli sürülən fərziyyə

qalaktikaların spiral quruluşlarının mənşəyini anlamaq istiqamətində daha geniş nəzəti və təcrübi araşdırmalar üçün ciddi və korrekt məsələ qoyulmuşdur.

5. İkinci növ faza keçidi üçün aşkar etdiyimiz indikator bu növ faza keçidlərinin aşkarlanmasında istifadə oluna bilər.

**Dissertasiya işinin etibarlılığı.** İşin etibarlılığı müşahidə məlumatlarının alınması və işlənməsi zamanı istifadə olunan üsulların dəqiqliyi və etibarlılığı ilə əlaqədardır. Belə ki, işin yerinə yetirilməsi zamanı hal-hazırda dünyanın qabaqcıl rəsədxanalarında astronomların geniş istifadə etdiyi proqram qovluqlarından (DECH, MaxImDL) istifadə edilmişdir. Əldə olunan nəticələr dəfələrlə Respublika və Beynəlxalq elmi konfranslarda məruzə edilmiş və müsbət rəy almışdır.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıda qeyd olunan Respublika və Beynəlxalq Elmi Konfranslarında, elmi seminarlarda məruzə və müzakirə edilmişdir:

1. “Fizikanın Müasir Problemləri”, I Respublika Elmi Konfransı, BDU, Azərbaycan, 6-8 dekabr 2007-ci il.
2. Fizika-riyaziyyat və texniki elmlər üzrə Beynəlxalq Konfrans. Naxçıvan, 07-08 Noyabr 2008-ci il.
3. Beynəlxalq Astronomiya ilinə həsr olunmuş astronomiya, fizika və riyaziyyat üzrə Beynəlxalq Konfrans, Naxçıvan, 16-17 noyabr 2009-cu il.
4. Bakı Dövlət Universitetinin 90 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Konfrans, 30-31 oktyabr 2009-cu il.
5. “Fizikanın Müasir Problemləri” III Respublika Elmi Konfransı, BDU, 17-18 dekabr 2009-cu il.
6. “Fizikanın aktual problemləri”, VI Respublika Elmi Konfransı, , BDU, Azərbaycan, 20 noyabr 2010-cu il.
7. “Fizikanın aktual problemləri”, VII Respublika Elmi Konfransı, , BDU, Azərbaycan, 26 noyabr 2012-ci il.
8. “Fizikanın Müasir Problemləri”, VI Respublika Elmi Konfransı, BDU, 14-15 dekabr 2012-ci il.

9. Akademik B.M.Əsgərovun 80 illiyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfrans, BDU, 6 dekabr 2013-cü il.
10. “Fizikanın Müasir Problemləri”, VII Respublika Elmi Konfransı, BDU, 14-15 dekabr 2013-cü il.
11. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri H.Əliyevin 91-ci ildönümünə həsr olunmuş II Beynəlxalq Elmi Konfrans, Azərbaycan, 18-19 aprel 2014-cü il.
12. Gənc Alimlərin Astronomiya Məktəbi, Ümumittifaq Elmi Konfransı, Ukrayna, Kiyev, 20-22 May 2015-ci il.
13. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri H.Əliyevin 92-ci ildönümünə həsr olunmuş III Beynəlxalq Elmi Konfransı, Azərbaycan, 17-18 aprel 2015-ci il.
14. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri H. Əliyevin anadan olmasının 93-cü ildönümünə həsr olunmuş IV Beynəlxalq Elmi Konfrans, Azərbaycan, 29-30 aprel 2016-cı il.
15. Gənc Alimlərin Astronomiya Məktəbi, Ümumittifaq Elmi Konfransı, , Ukrayna, Kiyev, 26-27 May 2016-cı il.
16. “Aerokosmik problemlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı”, I elmi-praktik konfransın materialları, 29 fevral-01 mart 2016-cı il.
17. “Ulduzlar fizikası: kollapsdan kollapsa doğru” Beynəlxalq Astronomiya Konfransı, Rusiya Elmlər Akademiyasının Xüsusi Astrofizika Rəsədxanası, Aşağı Arxız, Rusiya, 3-7 oktyabr 2016-cı il.
18. “Ulduz və planetlər fizikası: atmosferləri, fəallığı, maqnit sahəsi” Beynəlxalq konfrans, Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, 16-20 sentyabr 2019-cu il.
19. “Aerokosmik problemlərin həllində gənclərin yaradıcı potensialı”, I elmi-praktik konfrans, Bakı, 02-04 fevral 2021-ci il.
20. Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının "Astroseminar"-ları.
21. Moskva Dövlət Universiteti nəzdində, P.K.Sternberg adına Dövlət Astronomiya İnstitutunun elmi seminarları.
22. Rusiyanın Kazan Federal Universitetinin Astronomiya və Kosmik Geodeziya Bölməsinin elmi seminarı.
23. Kanadanın Montreal Universitetindəki elmi seminarı.
24. Avropa Nüvə Tədqiqatları Mərkəzinin (CERN) elmi seminarı.

**Dissertasiya mövzusunda nəşr olunmuş elmi işlər:** Dissertasiya mövzusunda Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən tövsiyə olunan nəşrlərdə 39 elmi məqalə, 17 tezis və bir monoqrafiya dərc edilmişdir. 8 elmi məqalə böyük impakt faktorlu xarici jurnallarda dərc edilmişdir. 17 məqalə və 5 tezis həmmüəllifsizdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat:** Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Ulduz atmosferi fizikası və maqnetizm” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

**Müəllifin şəxsi töhvəsi.** ŞAR-ın 2-m teleskopunda spektral müşahidələr və 60 sm teleskopla fotometrik müşahidələr müəllif tərəfindən aparılmışdır. Fotometrik müşahidə materialının işlənməsi də müəllif tərəfindən həyata keçirilmişdir. HD 206267 ulduzu üçün alınmış spektral müşahidə materialının işlənməsində şöbənin elmi işçisi A.F.Abdulkərimova qismən iştirak etmişdir. Yerdə qalan digər bütün ulduzların spektrlərinin işlənməsi müəllif tərəfindən yerinə yetirilmişdir. Müəllif əldə edilmiş məlumatların təhlilini və interpretasiyasını vermiş, məqalələri çapa hazırlamışdır.

**Dissertasiyanın həcmi və quruluşu.** Dissertasiya Girişdən – 82 098 işarə (titul vərəqi – 363 işarə, mündəricat – 5218 işarə) altı fəsildən (I fəsil – 96 252, II fəsil – 32 186, III fəsil – 32 585, IV fəsil – 50 921, V fəsil – 54 283, VI fəsil – 85 455), nəticələr – 5207 işarə və 285 istinad edilən ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi (cədvəllər, qrafiklər və şəkillər istisna olmaqla) – 433 780 işarədən ibarətdir.

Müəllif, Volf-Raye ulduzları və massiv sıx qoşa sistemlərin tədqiqi istiqamətində verdiyi dəyərli tövsiyələrə görə və onu bu maraqlı sahəyə yönəltdiyinə görə Rusiya EA akademiki A.M.Çerepaşuka, dissertasiyanın nəticələrinin mükirəsi zamanı verdikləri dəyərli məsləhətlərə görə Moskva Dövlət Universiteti nəzdindəki P.K. Şternberq adına Dövlət Astronomiya İnstitutunun “Ulduz Astronomiyası” şöbəsinin əməkdaşlarına dərin minnətdarlığını bildirir.

Müəllif bu işin nəticələrinin müzakirəsi zamanı verdikləri dəyərli məsləhətə görə, bu işin terinə yetirilməsi zamanı göstərdikləri

hərtərəfli köməyə görə ŞAR-ın bütün əməkdaşlarına dərin minnətdarlığını bildirir.

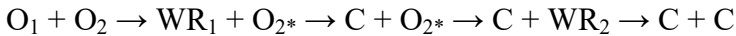
## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya giriş, altı fəsil və istinad olunan ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

**Girişdə** mövzunun aktuallığını əsaslandırılır, bu sahədə həll olunmamış problemlər göstərilir, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, əldə edilmiş nəticələrin elmi yeniliyi və praktik əhəmiyyəti və tədqiqat zamanı istifadə olunan üsullar şərh edilir, müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar göstərilir. İşin aprobeasiyası, dissertasiyanın nəticələrinin müzakirə olunduğu Respublika və Beynəlxalq konfranslar, habelə elmi seminarlar barədə məlumat verilir. Dissertasiyanın quruluşu şərh edilir, Beynəlxalq və Respublika elmi konfranslarında edilmiş məruzələrin siyahısı və dissertasiya mövzusunda nəşr olunmuş elmi məqalələrin siyahısı verilmişdir.

**Birinci fəsildə** MSQS-lərin təkamül xüsusiyyətləri, bu sistemlərdə WR ulduzlarının əmələ gəlməsi mexanizmi və WR ulduzlarının indiyə kimi aşkarlanmış əsas spektral, fotometrik və s. xüsusiyyətləri barədə məlumat verilmişdir.

MSQS-lərdə təkamülün müəyyən mərhələsində, komponentlər arasında intensiv maddə mübadiləsi baş verir. Müasir nəzəri tədqiqatların nəticələrinə görə MSQS-lərin təkamülü aşağıdakı sxem üzrə baş verir<sup>2</sup>:



İlkin mərhələdə qoşa ulduz sistemi iki O ulduzundan ibarət olur ( $O_1 + O_2$ ). Məlumdur ki, ulduzun təkamül tempi onun kütləsindən kritik şəkildə asılıdır. Ona görə də, MSQS-nin daha massiv (böyük kütləli) komponenti (məsələn,  $O_1$ ), daha tez təkamül edərək özünün  $Ro\dot{\sigma}$  boşluğunu doldurur və daxili Laqranj nöqtəsi

---

<sup>2</sup>Масевич А.Г., Тутуков А.В. Эволюция звезд: теория и наблюдения / Изд-во Москва, Наука, – 1988, – 280 с.

vasitəsilə intensiv kütlə itkisinə məruz qalır (şəkil 1). Bu proses ilkin kütlə mübadiləsi prosesi adlanır. Massiv  $O_1$  komponenti hidrogenlə zəngin olan xarici təbəqəsini itirərək WR ulduzuna çevrilir və  $WR_1 + O_{2*}$  qoşa sistemi əmələ gəlir.  $O_2$  – nin indeksindəki \* işarəsi, bu ulduzun kütləsinin ilkin maddə mübadilə prosesi zamanı  $O_1$  ulduzu hesabına artdığını göstərir. Qeyd edək ki, hal-hazırda astronomik müşahidələr vasitəsi ilə aşkarlanmış onlarla  $WR + O$  tipli qoşa ulduz sistemi məlumdur. Sonrakı təkamül prosesi nəticəsində  $WR_1$  ulduzu ifratyeni kimi partlayır və bu ulduzun başlanğıc kütləsindən asılı olaraq neytron ulduzu və ya qara dəlik əmələ gəlir. Qoşa  $WR_1 + O_{2*}$  ulduz sistemi kompakt komponentli ulduz sistemində ( $C + O_{2*}$ ) çevrilir. Kompakt komponent ( $C$ ) neytron ulduzu və ya qara dəlik ola bilər. Kompakt komponenti olan  $O$  ulduzları elmi ədəbiyyatda “qaçan” ulduzlar adlanır. Bu ad onunla əlaqədardır ki, bu ulduzlar qalaktika müstəvisindən xeyli aralıda yerləşmişlər.

Bir müddətdən sonra ( $C + O_{2*}$ ) qoşa ulduz sistemində  $O_{2*}$  komponenti özünün Roş boşluğunu doldurur və daxili Laqranj nöqtəsi vasitəsi ilə intensiv kütlə itkisinə məruz qalır. Bu proses MSQS-lərdə ikincil kütlə mübadiləsi prosesi adlanır. İkinci kütlə mübadiləsi prosesindən sonra kompakt komponentli WR ulduzu əmələ gəlir:  $C + WR_2$ . Qeyd edək ki, kompakt komponentli WR ulduzlarının mövcudluğu ilk dəfə nəzəri mülahizələr əsasında aşkar edilmişdir. Belə obyektlərin müşahidələr vasitəsi ilə axtarışı nəticəsində bizim qalaktikada bir kompakt komponentli WR ulduzu aşkar edilmişdir: Cyg X-3 ( $WN3-7+C$ ). Daha belə iki obyekt digər qalaktikalarda aşkar edilmişdir: IC10 X-1 ( $WNE+C$ ) və NGC 300 X-1 ( $WN5+C$ ).

Təkamülün son mərhələsində  $C + WR_2$  qoşa ulduz sistemində daxil olan  $WR_2$  ulduzu ifratyeni kimi partlayır. Nəzəri tədqiqatlar bu partlayış zamanı qoşa sistemin dağıldığını güman edirdilər, çünki sistemin daha massiv komponenti partlayır. Lakin nəzəri mülahizələrin əksinə olaraq, hal-hazırda müşahidələr vasitəsi ilə çox sayda qoşa pulsar aşkar edilmişdir.

WR ulduzlarının müşahidələr vasitəsi ilə indiyə kimi müəyyən edilmiş əsas xüsusiyyətləri verilmişdir. Bu ulduzların spektrləri müxtəlif ionlaşma mərhələlərinə uyğun azot, karbon,

oksigen, helium və hidrogenin şüalanma xətlərindən ibarətdir (NII-NV, CII-CIV, OIV-OVI, HeI, HeII, HI). Azot, karbon və oksigen ionlarının müəyyən xətlərinin intensivliklərinin nisbətinə görə WR ulduzları üç tipə bölünür: azot (WN), karbon (WC) və oksigen (WO). WN ulduzlarının spektrləri əsasən azot, WC ulduzlarının spektrləri əsasən karbon, WO ulduzlarının spektrləri isə oksigen və karbon xətlərindən ibarətdir. Bütün tip WR ulduzlarının spektrlərində helium və hidrogen xətləri müşahidə olunur. Lakin, hidrogen xətləri zəifdir, bu ulduzların örtüklərində hidrogen atomlarının sayı helium atomlarının sayından bir neçə dəfə azdır. Müqayisə üçün qeyd edək ki, Günəşdə hidrogenin miqdarı heliumdan təxminən 10 dəfə çoxdur.

WR ulduzlarının təxminən yarısı MSQS-lərdə rast gəlinir və bu onların kütlələrini müəyyən etməyə imkan verir. Bu ulduzların qoşa sistemlərə görə təyin olunmuş kütlələri  $10 M_{\odot}$  -  $83 M_{\odot}$  aralığında yerləşir. Lakin, Böyük Magellan Buludunda kütləsi  $265 M_{\odot}$  olan WR tipli ulduz, R136a1 aşkar edilmişdir. Bu ulduzun mövcud olması ulduzların daxili quruluş nəzəriyyəsi üçün ciddi çətinlik yaratmışdır. Çünki, bu ulduzun kütləsinin qiyməti, nəzəri cəhətdən mümkün olan ulduzun kütləsinin yuxarı həddinin ( $\sim 140 M_{\odot}$ ) qiymətindən xeyli çoxdur. Nəzəri mülahizələrə görə kütləsi  $\sim 140 M_{\odot}$  -dən çox olan dayanıqlı ulduzun mövcudluğu mümkün deyil.

Qoşa və tək ulduz sistemlərində WR ulduzlarının əmələ gəlməsi mexanizmi təməmilə fərqlidir. İki O ulduzundan ibarət olan MSQS-də təkamülün müəyyən mərhələsində qoşa ulduz sistemində daxil olan daha massiv komponent özünün Roş boşluğunu daha tez doldurur və daxili Laqranj nöqtələri vasitəsi ilə intensiv maddə itkisinə məruz qalır. Bu maddə itkisi nəticəsində həmin komponent hidrogenlə zəngin olan xarici təbəqəsini itirir və WR ulduzuna çevrilir. Kütləsi  $60 M_{\odot}$  kütləsindən çox olan tək ulduz da intensiv ulduz küləyi vasitəsi ilə hidrogenlə zəngin olan xarici təbəqəsini itirirərək WR ulduzuna çevrilir. İntensiv ulduz küləyi yalnız kütləsi  $60 M_{\odot}$  kütləsindən çox olan tək ulduzlarda müşahidə olunduğu üçün yalnız kifayət qədər böyük kütləli ulduzlar WR ulduzlarına çevrilir.



bilir. Qeyd edək ki, massiv ulduz hidrogenlə zəngin olan xarici təbəqəsini itirdikdə WR xüsusiyyətləri göstərir.

Müasir nəzəri tədqiqatların nəticələrinə görə, WR ulduzları təkamülün son mərhələsində, nüvə enerji ehtiyatlarının tükənməsi mərhələsindədir. Təkamülün sonunda WR ulduzu ifrat yeni kimi partlayır və başlanğıc kütləsindən asılı olaraq neytron ulduzu və ya qara dəlik əmələ gəlir. Beləliklə, WR ulduzları neytron ulduzlarının və qara dəliklərin potensial törədiciləridir.

Hal-hazırkı dövrə kimi WR ulduzları üçün təklif olunmuş müxtəlif spektral təsnifat sxemləri ətraflı təhlil edilmiş, müxtəlif tipə mənsub olan WR ulduzlarının spektral xüsusiyyətləri barədə məlumat verilmişdir.

**İkinci fəsildə** müxtəlif tip qalaktikaların əsas xüsusiyyətləri, qalaktikaların təsnifi üçün amerika astronomy E.Habl tərəfindən təklif olunmuş təsnifat sxemi və MSQS-lərin spiral qalaktikalarda məskunlaşması ilə əlaqədar olan müşahidə faktları sərh edilmişdir.

Naməlum “dumanlıqların” aşkar edilməsindən bu “dumanlıqların” həqiqi təbiətinin aydınlaşdırılmasına qədər olan inkişaf yolunun qısa tarixi verilmişdir. İlk dəfə 1926-cı ildə E. Hablın qalaktikalar üçün verdiyi təsnifat sxeminə görə düzgün quruluşa malik olan qalaktikalar eliptik, spiral və linzavari qalaktikalara bölünür. Düzgün quruluşu olmayan qalaktikalar isə irrequlyar qalaktikalar adlandırılmışdır.

Habl təsnifatına görə spiral qalaktikalar normal spirallara (S) və “buğumlu” spirallara (SB) bölünür. S tipli spiral qalaktikalarda spiral qollar birbaşa qalaktikanın nüvəsindən, SB tipli spiral qalaktikalarda isə spiral qollar mərkəzində qalaktikanın nüvəsi yerləşən uzunsov “buğumun” uclarından çıxır. Sa qalaktikalardan Sc qalaktikalarına keçdikcə, daha çox bükülmüş spiral qollardan daha açıq spiral qollara keçid olur.

Eliptik qalaktikalar E0-dan E7-ə qədər 8 alt tipə bölünür. Ədədlər qalaktikanın elliptiklik dərəcəsinin göstəricisidir. Bu qalaktikaların fotosəkillərinə baxdıqda heç bir quruluş müşahidə olunmur, parlaqlıq mərkəzdən kənara doğru tədricən azalır, nüvə seçilməyən müntəzəm paylanma müşahidə olunur.

Linzavari qalaktikalar S0 kimi işarə olunur. Foto təsvirlərdə bu qalaktikalar, spiral qolları olmayan, mərkəzində nüvəsi olan lövhə şəklində müşahidə olunur.

Düzgün quruluşu olmayan (irrequlyar) qalaktikalar Irr kimi işarə olunur. Bu qalaktikalarda nüvə çox zəifdir və bəzi hallarda isə ümumiyyətlə yoxdur. Bu qalaktikaların parlaqlığı çox aşağıdır. Belə qalaktikaların tipik nümayəndələri bizim galaktikanın peykləri olan Kiçik Magellan Buludu və Böyük Magellan Bulududur.

MSQS-lərin spiral qalaktikalarda məskunlaşması ilə əlaqədar olan bəzi müşahidə faktları şərh edilmişdir. Bu müşahidə faktlarının MSQS-lərin və eləcə də spiral qalaktikaların təkamül xüsusiyyətlərinin anlaşılmasında mühüm rolu olmuşdur. Bu müşahidə faktlarından biri II tip ifratyeni partlayışlarının yalnız spiral qalaktikalarda baş verməsidir. Uzun müddət astronomlar başa düşmürdü ki, niyə görə ikinci tip ifratyeni partlayışları yalnız spiral qalaktikalarda rast gəlinir.

İfratyenilər iki tipə bölünür: I və II tip. I tip yeni ifratyenilərin parlaqlıq əyriləri bir-birinə çox oxşayır. Bu tip ifratyenilərdə 2-3 gün müddətində parlaqlığın kəskin artması, təqribən 25-40 gün müddətində parlaqlığın xeyli azalması, sonra isə uzun müddət ərzində parlaqlığın xətti azalması baş verir. Ia və Ib/c tipli ifratyenilərin maksimal mütləq ulduz ölçüsü uyğun olaraq orta hesabla  $-19^m.5$  və  $-18^m.0$  olur.

II tip ifratyenilərin parlaqlıq əyriləri təməmilə müxtəlifdir. Bu tipə mənsub olan bəzi ifratyenilərin parlaqlıq əyriləri, I tip ifratyenilərin parlaqlıq əyrilərinə bənzəyir, xətti mərhələnin başlamasından əvvəl parlaqlığın daha yavaş azalması müstəsna olmaqla. Lakin I tip ifratyenilərdən fərqli olaraq II tip ifratyenilər parlaqlığın maksimal vəziyyətində təqribən 100 günə qədər qalır, sonra isə parlaqlıq kəskin şəkildə azalır və xətti sonluğa yaxınlaşır. Maksimal parlaqlıqda II tip ifratyenilərin mütləq ulduz ölçüləri çox geniş diapazonda,  $-20^m$  ilə  $-13^m$  arasında dəyişir. Qeyd etdiyimiz kimi II tip ifratyenilər yalnız spiral qalaktikalarda rast gəlinir, eliptik qalaktikalarda müşahidə olunmur.

Müasir təsəvvürlərə görə, I və II tip ifratyeni partlayışlarının mexanizmləri təməmilə fərqlidir. I tip ifratyeni termonüvə partlayışı

nəticəsində, II tip ifratyeni isə massiv ulduzun təkamülünün sonunda cazibə kollapsı nəticəsində baş verir.

Deməli II tip ifratyeni partlayışı massiv ulduzların təkamülü ilə əlaqəlidir, massiv ulduzlar təkamülünü II tip ifratyeni kimi pertlayaraq tamamlayır. Bununla əlaqədar olaraq massiv ulduzların qısa təkamül yolu şərh edilmişdir.

Massiv ulduzun nüvəsində hidrogenin heliuma çevrilməsi nəticəsində ayrılan enerji ulduzun öz cazibə qüvvəsinin təsiri ilə kollaps etməsinin qarşısını alır və ulduz hidrostatik tarazlıq halını saxlaya bilir. Lakin ulduzun nüvəsində hidrogen tükənəndə ulduzun cazibə qüvvəsi nüvəni sıxılmağa məcbur edir. Bu sıxılma nəticəsində nüvənin temperaturu yüksəlir və heliumun iştirakı ilə gedən termonüvə reaksiyasının getməsi üçün şərait yaranır. Nüvədə helium tükəndikdən sonra, növbəti sıxılma nəticəsində ulduzun nüvəsində karbonun iştirakı ilə termonüvə reaksiyası başlayır. Sonrakı mərhələlərdə ulduzun nüvəsində növbəti kimyəvi elementin termonüvə sintezi sona çatdıqda, ulduzun sıxılmasını dayandıra bilən növbəti sintez mərhələsinin başlaması üçün təzyiq və temperatur kifayət qədər olana qədər ulduzun nüvəsi sıxılır. Aydın ki, termonüvə reaksiyası zamanı ayrılan enerjinin miqdarı atom nüvəsindəki nuklonların rabitə enerjisindən asılıdır. Massiv ulduzun nüvəsində daha ağır nüvələr əmələ gəldikdə, termonüvə reaksiyası zamanı getdikcə daha az enerji ayrılır. Termonüvə reaksiyası ulduzun nüvəsində Ni-56 əmələ gələnə qədər davam edir, sonra isə Ni-56 bir neçə ay ərzində radioaktiv olaraq kobalt-56, sonra Fe-56-ya çevrilir. Məlumdur ki, kimyəvi elementlər arasında Fe və Ni elementəri üçün bir nuklona düşən rabitə enerjisi ən böyükdür. Ona görə də bu elementlər əmələ gəldikdə artıq ulduzda termonüvə reaksiyası nəticəsində enerjinin ayrılması prosesi dayanır. Massiv ulduzun mərkəzində yaranan dəmir nüvə böyük cazibə qüvvəsinin təsiri altında olur. Ulduzun nüvəsində temperaturu artırmaq üçün enerji mənbəyi olmadığından cazibə qüvvəsinin təsiri yalnız elektronların itələmə qüvvəsi ilə məhdudlaşır. Massiv ulduzun mərkəzində əmələ gələn dəmir nüvənin kütləsi Çandrasekar sərhədini ( $\sim 1.4 M_{\odot}$ ) aşdıqda, elektronların itələyici qüvvəsi artıq ulduzun cazibəsi nəticəsində baş verən sıxılmanın qarşısını ala bilmir və kataströfik

kollaps (sıxılma) baş verir. Katastrofik sıxılma nəticəsində nüvənin temperaturu kəskin artır, bu zaman yaranan yüksək enerjili qamma şüalarının təsiri ilə dəmir nüvələri parçalanmaya məruz qalır, helium nüvələri və sərbəst neytronlar əmələ gəlir. Nüvənin sıxlığı artdıqca, neytronlaşma reaksiyasının baş verməsi üçün əlverişli şərait yaranır, tərs beta çevrilməsi baş verir, elektronlar və protonlar reaksiyaya girərək neytron və neytrinoların əmələ gəlməsinə səbəb olur. Neytrinoların ulduzu tərk etməsi daha çox enerji itkisinə səbəb olur, ulduzun millisaniyələr ərzində tarazlığını itirməyini sürətləndirir. Sıxlıq atom nüvəsinin sıxlığına çatdıqda, sıxılma artıq neytronların itələyici qüvvələri tərəfindən dayandırılır. Bu proseslər nəticəsində massiv ulduzun ilkin kütləsindən asılı olaraq neytron ulduzu və ya qara dəlik əmələ gəlir. Bu hadisə massiv ulduzlarda baş verən II tip ifratyeni partlayışıdır.

Beləliklə, II tip ifratyeni partlayışı MSQS – lərin təkamülü ilə əlaqədardır və II tip ifratyenilərin yalnız spiral qalaktikalarda rast gəlməsi birbaşa bu qalaktikalarda MSQS –in məskunlaşması ilə əlaqədardır.

**Üçüncü fəsilə** tədqiqat zamanı istifadə olunan cihazlar, alınmış spektral və fotometrik müşahidələ materialının işlənməsində tətbiq olunan üsullar şərh edilmişdir. Dissertasiyada istifadə olunan spektral material ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusuna birləşdirilmiş aşağıdakı eşelle spektrometrlərindən istifadə olunaraq alınmışdır:

- ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometri;
- ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun lifli ShAFES (Shamakhy Fiber Echelle Spectrograph) eşelle spektroqrafı.

Eşelle spektrometri və lifli eşelle spektroqrafı ShAFES-lə alınan eşelle spektrlərinin alınmasında uyğun olaraq DECH və Owl 3.01 proqram paketindən istifadə edilmişdir. Alınmış eşelle spektrlərin işlənməsi DECH20T proqram paketi vasitəsi ilə yerinə yetirilmişdir.

ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun echelle spektrometri barədə məlumat verilmişdir. Bu eşelle spektrometri Universal Diffraksiyalı Astrospektroqraf (UAGS, Universal Astro

Grid Spectrograph) əsasında hazırlanmışdır. Qeyd edək ki, UAGS astrospetroqrafi əvvəllər əsasən göy cisimlərinin aşağı və orta dispersiyalı spektrlərini əldə etmək üçün istifadə olunurdu. Echelle spektrometrinin qurulmasında əsas məqsəd, eşelle qəfəsindən istifadə etməklə UAGS astrospetroqrafının spektral ayırdetməsini artırmaq olmuşdur.

ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometrində işıq qəbuledicisi kimi maye azotla soyudulan 530x580 piksel CCD matrisdən istifadə olunmuşdur. Bu eşelle spektrometrlə tədqiq olunan ulduzların  $\lambda\lambda$  4000-7000 ÅÅ spektral diapazonunda,  $R = 14000$  spektral ayırdetmə ilə eşelle spektrləri alınmışdır. Alınmış eşelle spektrlərdə siqnal-küy nisbəti  $S/N \sim 100$  olmuşdur.

Qeyd edək ki, ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometrinin ölçüləri və çəkisi müasir tələblərə tam cavab verir və təməmilə stabil rejimdə işləyir. Bu eşelle spektrometri ilə alınmış spektrlərdən istifadə edərək spektral xətlərin fiziki parametrlərini kifayət qədər yüksək dəqiqliklə təyin etmək mümkündür. İndiyə kimi bu eşelle spektrometrin köməyi ilə on minlərlə eşelle spektrləri alınmış və bu müşahidə materialının təhlili əsasında ŞAR-da onlarla dissertasiya müdafiə edilmişdir.

ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun lifli eşelle spektroqrafında işıq qəbuledicisi kimi, maye azotla soyudulan, 4000 × 4000 piksel CCD matrisdən istifadə olunmuşdur. Bu eşelle spektroqrafının köməyi ilə tədqiq olunan ulduzların  $\lambda\lambda$  3800-8500 Å Å dalğa uzunluğu diapazonunda,  $R = 56000$  spektral ayırdetmə ilə eşelle spektrləri alınmışdır. Alınmış eşelle spektrlərdə siqnal-küy nisbəti  $S/N \sim 300$  olmuşdur.

ŞAR-ın 2-m teleskopun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometri ilə müşahidələrin aparılması və əldə olunmuş eşelle spektrlərin işlənməsi üsulları şərh edilmişdir.

Eşelle spektrlərin işlənilməsi zamanı mühüm addımlarından biri dispersiya əyrisinin qurulmasıdır. Spektral xətlərin şüa sürətlərinin ölçülməsinin dəqiqliyi dispersiya əyrisinin qurulmasının dəqiqliyindən çox asılıdır. Dispersiya əyrisini qurmaq üçün, tədqiq

olunan ulduzların eşelle spektrlərinin alındığı tarixdə gündüz səmasının çəkilmiş spektrindən istifadə olunur.

Lifli ShAFES eşelle spektroqrafi ilə spektral müşahidələrin aparılması və əldə edilmiş eşel spektrlərin işlənməsi şərh edilmişdir. Qeyd edək ki, lifli ShAFES eşelle spektroqrafi ilə ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometri ilə alınmış eşelle spektrlər eyni proqram paketindən (DECH) istifadə olunaraq işlənməmişdir.

Tədqiq olunan ulduzların fotometrik müşahidələri ŞAR-ın 60-sm teleskopunda Apogee Alta U-47 CCD ilə təchiz edilmiş fotometrlə aparılmışdır. Fotometrik təsvirlərin alınması və işlənməsi zamanı MaxImDL proqram paketindən istifadə olunmuşdur. Bu proqramdan istifadə edərək fotometrik təsvirlərin işlənməsinin əsas mərhələləri şərh edilmişdir.

Müşahidədən əvvəl teleskopu işə salmadan CCD-nin necə işlədiyi yoxlanılır. Flat təsvirləri axşam alaqaranlığında, ulduzların görünmədiyi vaxt çəkilir. Bunun üçün teleskop şimal-qərb istiqamətinə yönəldilir. Bu çəkiliş zamanı göydə bulud olmamalıdır. Fotometrik təsvirləri işləmək üçün ilk öncə onları kolibrovka etmək lazımdır. Bundan ötrü alınmış Sbias, Sdark və Sflat təsvirlərindən istifadə olunur. Tədqiq olunan ulduzun təsvirləri kolibrovka olduqdan sonra artıq işləyə bilər. İlk öncə düzgün apertura (Aperture) seçilməlidir. Daxili həlqənin radiusu elə seçilməlidir ki, tədqiq olunan ulduzun təsviri oranı doldursun. Sonra isə xarici çevrənin radiusu seçilir. Qeyd edək ki, göyün fonu xarici çevrədən götürülür. MaxImDL proqramından istifadə olunaraq ulduzun təsvirindən fon çıxılır. Sonrakı mərhələdə MaxImDL proqramının işçi pəncərəsində tədqiq olunan ulduzun kalibrə olunmuş təsvirləri açılıraqla Photometry alt proqramında olan Analyze menyusundan istifadə etməklə tədqiq olunan ulduzun fotometriyası həyata keçirilir.

**Dördüncü fəsilə** MSQS-lərin (HD 206267, LZ Cep və  $\beta$  Lyr) spektral tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

HD 206267 (O6.5V + O9V,  $V = 5.6$ ) ulduzu orbital periodu 3.709784 gün olan spektral qoşa sistemdir. 1972-ci ildə bu ulduzun yaxınlığında Sep X-4 (GS 2138 + 56) rentgen şüalanma mənbəyinin aşkar edilməsi bu ulduza olan marağı xeyli artırdı. Lakin, bu

ulduzun  $\lambda\lambda$  3750-6680 ÅÅ dalğa uzunluğu diapazonunda aparılan spektral tədqiqatlar nəticəsində onun rentgen şüalanması məbəyi ola bilməsini göstərən heç bir əlamət (məsələn güclü şüalanma xətləri) aşkar edilməmişdir<sup>3</sup>.

HD 206267 ulduzunun bir sıra maraqlı xüsusiyyətləri vardır. Bu xüsusiyyətlərdən biri odur ki, bu ulduz trapesiya tipli misilli ulduz sistemi olan Trap 857 ulduz sisteminin üzvüdür. Trapesiya tipli ulduz sistemləri dağınıq ulduz topalarına bənzəyir, lakin trapesiya tipli ulduz sistemlərində az miqdarda ulduz olur. Qeyd edək ki, Trap 857 trapesiya sistemi cavan (yaşı təqribən 3 milyon il olan) Trumpler 37 dağınıq ulduz topasına, bu ulduz topası isə Cep OB2 assosiasiyasına daxildir.

HD 206267 ulduzunun digər fərqli cəhəti ondan ibarətdir ki, bu ulduzun kütlə itkisi tempi çox yüksəkdir. İlkin spektral tiplərə mənsub olan O ulduzları üçün küləyin sürəti ~ 1000 ilə 3000 km/s aralığında dəyişir. Məsələn O6-O7 spektral siniflərinə mənsub olan ulduzlar üçün küləyin sürəti 1425 ilə 2420 km/s aralığında dəyişir. Lakin HD 206267 ulduzu üçün küləyin sürəti 3225 km/s –dir. Bu qiymət 181 tədqiq olunan O spektral sinfinə mənsub olan ulduzlar üçün maksimal qiymətdir.

HD 206267 ulduzunun spektral müşahidələri 2011-2014-cü illərdə, ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunda aparılmışdır. Eşelle spektrlərin alınması və işlənməsi zamanı DECH proqram paketlərindən istifadə olunmuşdur. HD 206267 ulduzunun 50 eşelle spektri alınmışdır. Spektral müşahidələr maye azotla soyudulan 530x580 piksel CCD matrisli eşelle spektrometri ilə aparılmışdır. Spektral diapazon  $\lambda\lambda$  4700-6700 ÅÅ, spektral ayırdetmə  $R = 14000$ , siqnal-küy nisbəti  $S/N \sim 100$  olmuşdur. HD 206267 ulduzunun alınmış eşelle spektrlərini təhlil edərək aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1.  $H_{\alpha}$  xəttinin bənövşəyi qanadında stabil zəif emissiya aşkar edilmişdir [26, s.75-80], [27, s.148-150] [52, s.69-70].
2.  $H_{\alpha}$  xəttinin nüvəsində Diskret Absorbsiya Komponentləri (DAK) aşkar edilmişdir. DAK əvvəlcə  $H_{\alpha}$  xəttinin nüvəsinin qırmızı

<sup>3</sup>Галкина Т. С. Известия КрАО, 1981, 63, с.86-92

- tərəfində müşahidə olunur və təxminən 1.5 saat sonra nüvənin bənövşəyi hissəsinə keçir [27, s.148-150].
3. HD 206267 ulduzunun CepX-4 rentgen mənbəyi olduğunu göstərən hər hansı spektral xüsusiyyət (məsələn, güclü emissiya) aşkar edilməmişdir [27, s.147-149].
  4.  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətlərinin asimetriyası və bu asimetriyanın zamana görə (təxminən bir saat) dəyişməsi aşkar edilmişdir. Hər iki xəttin asimetriyası əsasən profilin qalıq intensivliyinin 0.90-dan yuxarı hissəsində (xəttin qanadlarında) müşahidə olunur. Qalıq intensivliyinin 0.90-dan kiçik qiymətlərində (xəttin nüvəsində) hər iki xəttin profili təxminən simmetrikdir.  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətləri üçün əks asimetriya aşkar edilmişdir.  $H_{\alpha}$  xəttinin bənövşəyi qanadı asimetrik olduqda,  $H_{\beta}$  xətti qırmızı qanadı asimetrik olur və əksinə [29, s.16-18].
  5. DAK-lər müşahidə olunmadığı hallarda, qalıq intensivliyinin müxtəlif səviyyələrində  $H_{\beta}$  xəttinin eni demək olar ki, zamana görə dəyişmir, lakin  $H_{\alpha}$  xəttinin eni əhəmiyyətli dəyişikliklər göstərir [29, s.17-19].
  6. DAK xətləri müşahidə olunduğu hallarda, hər iki xəttin ( $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$ ) müxtəlif səviyyələrdəki eni əhəmiyyətli dərəcədə dəyişkənliyə uğrayır və bu dəyişmələr arasında sinxronluq (qalıq intensivliyi 0.80 səviyyəsini nəzərə almasaq) müşahidə olunur [29, s.11-14].
  7.  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətlərinin enlərinin ən böyük dəyişikliyi qalıq intensivliyinin 0.90-0.95 səviyyələrində, xəttin qanadlarında, müşahidə olunur [29, c.11-15].
  8. HD 206267 ulduzunun baş komponentinin şüa sürətinin müxtəlif xətlər üçün dəyişmə intervalı müəyyən edilmişdir. Baş komponentin şüa sürəti  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  xətləri üçün +80 km/s-dən -110 km/s-ə kimi, HeII 5411 xətti üçün +60 km/s-dən -100 km/s-ə kimi dəyişir. Göründüyü kimi baş komponentin şüa sürətlərinin amplitud qiyməti  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  və HeII 5411 xətlərinə görə çox fərqlənir [29, s.13-15].
  9. Aşkar edilmişdir ki,  $H_{\alpha}$  xəttinin şüa sürəti və bu xəttin ekvivalent eni antifazada dəyişir.  $H_{\beta}$  və HeI 5875 xətlərinin ekvivalent enləri orbital periodun fazasından asılı deyil və HeII 5411 xəttinin



ekvivalent eni və şüa sürəti orbital periodun fazasından asılı olaraq sinxron dəyişir [29, s.12-13].

LZ Cep (O9 III + ON9.7V,  $V = 5.54$ ) ulduzu orbital periodu 3.070507 gün olan tutulan sıx qoşa ulduz sistemidir. LZ Cep ulduzu HD 206267 ulduzuna nisbətən daha sonrakı təkamül mərhələsindədir. Bu ulduz artıq demək olar ki, ilkin kütlə mübadiləsi prosesinin son mərhələsində, HD 206267 ulduzu isə baş komponentin ətrafında örtüyün formalaşması mərhələsindədir. LZ Cep ulduzunun baş komponentində artıq azot ardıcılığına mənsub olan WR tipli ulduzun əlamətləri görünür.

LZ Cep ulduzunun parlaqlıq əyrisi  $\Delta m < 0.1$  amplitudlu ellipsiodal dəyişkənlik göstərir. Parlaqlıq əyrisindən istifadə olunaraq orbit müstəvisinin baxış şüasına meylinin  $i = 48^{\circ}$  olduğu müəyyən edilmişdir. Parlaqlıq əyrisinin ellipsiodal olması qoşa sistemə daxil olan ulduzlardan heç olmasa birinin deformasiyaya uğradığının göstəricisidir. LZ Cep ulduzu üçün iki modelə baxılmışdır: kontakt sistem və yarı ayrılmış qoşa sistem. Müəyyən edilmişdir ki, Roş boşluğunu dolduran az kütləli ulduzdan ibarət olan yarı ayrılmış qoşa ulduz sistemi müşahidə nəticələrinə daha uyğun gəlir.

LZ Cep ulduzunun spektral müşahidələri də ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunun eşelle spektrometri ilə aparılmış və əldə edilmiş eşelle spektrlərin parametrləri HD 206267 ulduzu üçün əldə edilmiş eşelle spektrlərin parametrləri ilə eynidir. Alınmış eşelle spektrlərin işlənməsi DECH20T proqram paketi ilə yerinə yetirilmiş və bu ulduzunun spektral tədqiqi nəticəsində aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

1. Orbital periodun  $\phi = 0.00$  fazası yaxınlığında (qoşa sistemin az kütləli komponenti bizə maksimal sürətlə yaxınlaşdıqda) LZ Cep ulduzunun spektrində  $H_{\alpha}$  xəttinin profilinin güclü dəyişkənliyə məruz qaldığı aşkar edilmişdir. Bu xəttin nüvəsi qırmızı və xeyli təhrif olunmuş bənövşəyi hissədən ibarətdir [35, s.145-150].
2. LZ Cep ulduzunun bir gecə ərzində alınmış 23 eşelle spektrlərindən istifadə edilərək,  $H_{\alpha}$  xəttinin parametrlərinin dəyişkənliyi, orbital periodun  $\phi = 0.00$  fazası yaxınlığında araşdırılmışdır.  $H_{\alpha}$  xəttinin ekvivalent eninin qısa müddətli

dəyişkənliyi aşkar edilmişdir.  $H_{\alpha}$  xəttinin yarım eni səviyyəsində təyin olunan şüa sürətinin xaotik dəyişməsinə baxmayaraq, nüvənin qırmızı komponentinə görə təyin olunan şüa sürəti orbital hərəkəti daha dəqiq əks etdirir [35, s.144-147].

3. LZ Cep ulduzunun baş komponentinin  $H_{\alpha}$  və  $H_{\beta}$  xətlərinə görə qurulan şüa sürəti əyrisində fazanın  $\phi = 0.25$  qiyməti yaxınlığında (aşağı kütləli komponent bizimlə baş komponent arasında olduqda) sıçrayış aşkar olunmuşdur [35, s.145-150].
4. LZ Cep ulduzunun spektrində orbital fazanın bəzi qiymətlərində HeI 5875 xəttinin profili qoşalaşır. Fazanın təxminən  $\phi = 0.00$  qiymətində, ikinci komponent HeI 5875 xəttinin bənövşəyi tərəfində və fazanın təxminən  $\phi = 0.50$  qiymətində, ikinci komponent qırmızı tərəfdə müşahidə olunur. Fazanın digər qiymətlərində bu xəttin profili ikinci komponentin olması ilə əlaqədar güclü şəkildə təhrif olunmuşdur [35, s.143-144].
5. LZ Cep ulduzunun spektrində  $H_{\beta}$  xəttinin profili qoşalaşmasa da fazanın bəzi qiymətlərində ikinci komponent müşahidə olunur. Belə ki, fazanın təxminən  $\phi = 0.00$  qiymətində  $H_{\beta}$  xəttinin komponenti bu xəttinin bənövşəyi tərəfində, fazanın təxminən  $\phi = 0.50$  qiymətində isə bu xəttin ikinci komponenti qırmızı tərəfdə müşahidə olunur. Fazanın digər qiymətlərində  $H_{\beta}$  xəttinin profili ikincil komponentin olması ilə əlaqədar güclü şəkildə təhrif olunur [35, s.148-150].

$\beta$  Lyr (B8III+ A5III,  $V_{\max} = 3^m.4$ , B - V =  $0^m.0$ ) ulduzu orbital periodu 12.9414 gün olan, tutulan sıx qoşa sistemdir. Bu ulduz Roş sərhəddini dolduran baş komponentdən (B8 III) və sıx diskə əhatə olunmuş ikinci görünməyən komponentdən ibarətdir.  $\beta$  Lyr ulduzunun maraqlı xüsusiyyətlərindən biri odur ki, baş komponentin kütləsi ( $\sim 2.9 M_{\odot}$ ) ikinci komponentin kütləsindən ( $\sim 13M_{\odot}$ ) xeyli azdır. Baş və ikinci komponentlərin temperaturu müvafiq olaraq  $13\,300^0$  K və  $23\,000^0$  K-dir. Orbit müstəvisinin baxış istiqamətinə meyli  $90^0$ -dən bir az azdır ( $\sim 81^0$ ) və orbiti demək olar ki, dairəvidir.

Optik və spektropolyarimetrik müşahidələr vasitəsi ilə  $\beta$  Lyr ulduzunda orbit müstəvisinə perpendikulyar olan bipolyar cetlərin olduğu müəyyən edilmişdir.  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 emissiya xətləri əsasən bu cetlərdə formalaşır.  $\beta$  Lyr ulduzunun baş komponenti intensiv kütlə itkisinə məruz qaldığı üçün bu qoşa sistemin orbital periodunun qiyməti bir ildə  $\sim 19$  saniyə artır.  $\beta$  Lyr ulduzu komponentləri arasında intensiv maddə mübadiləsi baş verdiyindən bu ulduzda HD 206267 və LZ Cep ulduzlarından fərqli olaraq daha güclü spektral dəyişikliklər müşahidə olunur.

$\beta$  Lyr ulduzunun maraqlı xüsusiyyətlərindən biri odur ki, bu ulduz sistemində baş komponentin kütləsi ( $\sim 2.9 M_{\odot}$ ) ikinci komponentin kütləsindən ( $\sim 13M_{\odot}$ ) azdır. Baş və ikinci komponentin kütlələri aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

$$M_1 \sin i = (2.88 \pm 0.10) M_{\odot}$$

$$M_2 \sin i = (12.94 \pm 0.05) M_{\odot}$$

Burada  $M_1$  və  $M_2$  uyğun olaraq baş və ikinci komponentin kütlələridir.  $i$  - orbit müstəvisinin müşahidəçinin baxış şüasına meylidir. Kütlə itkisinin konservativ olduğunu və orbital periodun qiymətinin artdığını nəzərə alaraq bu ulduz üçün kütlə itkisi tempinin ildə  $20 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$  olduğu müəyyən edilmişdir<sup>4</sup>.

Baş komponentin kütləsinin az olması onunla izah olunur ki, bu komponent Roş boşluğunu dolduraraq daxili Laqranj nöqtəsindən intensiv maddə itkisinə məruz qalmışdır. Adətən biz qoşa ulduz sisteminin böyük kütləli ulduzunu baş komponent o biri az kütləli komponentini isə ikinci komponent adlandırırıq. Lakin  $\beta$  Lyr ulduz sistemində əksini müşahidə edirik, baş komponentin kütləsi ikinci komponentin kütləsindən azdır.

Müasir təsəvvürlərə görə  $\beta$  Lyr ulduzunun baş komponentinin kütləsi təkamülün əvvəlində ikinci komponentin kütləsindən böyük olmuşdur. Məlumdur ki, ulduzların təkamül tempi onların kütlələrindən kəskin şəkildə asılıdır. Ona görə də qoşa ulduz sisteminin baş komponenti daha tez özünün Roş sərhəddini doldurur və daxili

<sup>4</sup>Harmanec, P., Scholz, G. Astronomy and Astrophysics, 1993, 279, p.131-147.

Laqranj nöqtəsi vasitəsi ilə intensiv maddə itkisinə məruz qalır. Zaman keçdikcə baş komponentin kütləsi azalır, ikinci komponentin kütləsi isə azalır. Bu prosesin nəticəsində “Alqol paradoksu” adlanan hadisə baş verir: qoşa sistemin az kütləli ulduzu təkamülün daha sonrakı mərhələsinə uyğun gəlir.

$\beta$  Lyr ulduzunun spektral müşahidələri 2019-cu ilin iyul-avqust aylarında ŞAR-ın 2-m teleskopunun Kasseqren fokusunda aparılmış və bu ulduzun 40 eşelle spektri alınmışdır. Spektral müşahidələr maye azotla soyudulan, 4000x4000 piksel CCD ilə təchiz edilmiş ShAFES lifli eşelle spektroqrafi ilə aparılmışdır. Spektral diapazon  $\lambda\lambda$  3800–8500 ÅÅ, spektral ayırdetmə 56000, signal-küy nisbəti (S/N)  $\sim$  300 olmuşdur. Alınmış spektrlərin işlənməsi DECH20T proqram paketi ilə həyata keçirilmişdir. Spektral xətlərin ekvivalent enlərinin və şüa sürətlərinin ölçülməsi zamanı orta kvadrat xəta uyğun olaraq 5% və 300 m/s olmuşdur.  $\beta$  Lyr ulduzunun eşelle spektrlərinin işlənməsindən aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. SiII 6347, MgII 4481 və FeII 4233 xətlərinin ölçülmüş şüa sürətlərinin dəyişməsi baş komponentin orbital hərəkətini daha dəqiq əks etdirir. Bu xətlərin enlərinin az olması onların şüa sürətinin qiymətini daha dəqiq müəyyən etməyə imkan vermişdir [39, s.20-25], [40, s.145-149].
2.  $\beta$  Lyr ulduzunun orbital periodunun qiymətinin bizim müşahidə mövsümünə uyğun qiymətinin 12.9414 gün olduğu müəyyən edilmişdir.  $\beta$  Lyr ulduzunun baş komponenti (B6-8 II) intensiv kütlə itkisinə məruz qaldığı üçün bu qoşa ulduz sisteminin sistemin orbital periodunun qiyməti hər il  $\sim$ 19 saniyə artır. Ona görə də bu ulduzu tədqiq edərkən ilk öncə orbital periodun bizim müşahidə mövsümünə uyğun qiymətini müəyyən etmək vacibdir [39, s.17-20].
3.  $\beta$  Lyr ulduzunun spektrində  $H_{\alpha}$  xətti ensiz bənövşəyi (V), enli qırmızı (R) komponentlərdən və onların arasındakı udulmadan ibarətdir. Orbital periodun bütün fazalarında,  $H_{\alpha}$  xəttində S-dalğa adlanan emissiya xətti müşahidə olunur. Qeyd edək ki, S-dalğa

emissiya xətti kataklizmik dəyişənlər üçün xarakterikdir [40, s.145-147].

4.  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 xətlərinin şüa sürətinin, mərkəzi intensivliyinin, ekvivalent eninin və yarım eninin orbital periodun fazasından asılılıqları qurulmuşdur. Bütün bu asılılıqlar digər tədqiqatçılar tərəfindən qurulmuş asılılıqlara kifayət qədər uyğundur [40, s.143-145].
5.  $\beta$  Lyr ulduzunun ikinci komponentini əhatə edən diskdə orbital periodun  $\sim 0.4$  və  $\sim 0.8$  fazalarında iki isti ləkənin olduğunu göstərən əlavə müşahidə faktı aşkar edilmişdir. Bu ləkələrdə temperatur ətraf mühitə nisbətən uyğun olaraq 10% və 20 % çoxdur.  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 xətlərinin bənövşəyi və qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin nisbətinin orbital periodun fazasından asılılıq əyrilərində təqribən 0.4 və 0.8 fazalarında iki maksimum aşkar edilmişdir. Məlumdur ki,  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 şüalanma xətləri əsasən bipolyar cetlərdə formalaşır. Cetlər isə baş komponentdən axan addənin diskə toqquşduğu ərazidə orbit müsvəsinə perpendikulyar istiqamətdə yönəlib.  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 xətləri üçün qurulan əyriləri müqayisə etdikdə görünür ki,  $H_{\alpha}$  xətti üçün maksimum daha kəskin alınır. Bu çox gülmün ki, onunla əlaqədardır ki,  $H_{\alpha}$  xəttinin HeI 6678 xəttinə nisbətən daha çox hissəsi cetlərdə formalaşır. Bu xətlərin formalaşmasında ulduzətrafi örtük və baş ulduzdan axan maddə də rol oynayır [39, s.145-148].
6. S-dalğa emissiyasının şüa sürətinin orbital periodun fazasından asılılıq əyrisi baş komponentin şüa sürəti əyrisi ilə təxminən sinxron, lakin daha kiçik bir amplitudla dəyişməsi aşkar edilmişdir [40, s.145-148].

Bu nəticələr  $\beta$  Lyr ulduzunda gedən proseslərin fiziki mahiyyətinin anlaşılması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir və bu ulduzun fiziki modeli qurulması zamanı nəzərə alınmalıdır.

**Beşinci fəsil**də ehtimal olunan kompakt komponenti olan WR ulduzlarının (WR+C) tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Ötən əsrin səksəninci illərində, halqəvi dumanlıqlarla əhatə olunmuş və qalaktika müstəvidən uzaq məsafələrdə yerləşən 16 “tək” WR

ulduzunun spektral və fotometrik dəyişkənliyi aşkar edildi. Bu obyektlər ehtimal olunan kompakt komponentləri olan WR ulduzları adlandırıldı. Kompakt komponent dedikdə neytron ulduzu və ya qara dəlik nəzərdə tutulur. Bu “tək” WR ulduzları üçün aşkar edilmiş spektral və fotometrik periodik dəyişkənlik bu ulduzların qoşa olası ilə izah edilirdi. Lakin, sonrakı araşdırmalar qeyd olunan 16 ulduzun WR + C sistemləri ola bilməsini şübhə altına aldı. Belə ki, bu ulduzların üçün müşahidə olunan spektral və fotometrik periodik dəyişkənliyin ciddi periyodik deyil, kvaziperiodik olduğu müəyyən edildi. Digər tərəfdən, bu ulduzların rentgen diapazonunda aparılan müşahidələri onların rentgen şüalanmasının xeyli aşağı olduğunu göstərdi ( $L_x \leq 10^{33}$  erq/s). Əslində isə əgər bu ulduzlar həqiqətən kompakt komponentli WR ulduzları olsaydı, onların rentgen şüalanması  $\sim 10^{33}$  erq/s olmalı idi. Bu araşdırmalardan sonra göstərilən 16 ulduzun fiziki təbiəti qeyri-müəyyən qaldı.

Qeyd olunan 16 ulduzun fiziki mahiyyətini izah etmək üçün ilk cəhd akademik A.M.Çerepaşuk tərəfindən edildi. Akademik A.M.Cherepaşuka görə, həmin ulduzlar bir komponenti kiçik kütləli “normal” K-M ulduzları olan sıx qoşa ulduz sistemləridir. Bu fərziyyə ona əsaslanır ki, astronomik müşahidələrdən K-M spektral sinfinə mənsub kiçik kütləli optik ulduzdan və kompakt komponentdən (neytron ulduzu və ya qara dəlikdən) ibarət olan çoxlu sayda rentgen mənbələri aşkar edilmişdir (Low Mass X-ray Binaries – LMXB). Bu obyektlərin orbital periodlarının qiymətləri  $P \sim 0.2 - 33.5$  gün intervalında, orbitin eksentrisitetinin qiyməti isə  $e = 0$  olur. Optik komponentlərin spektral tipi B, A, K, M olur. Bu komponentlərin işıqlılıq sinfi cırtıdan, subnəhəng və nəhəng ulduzlarına uyğun gəlir. Rentgen alışımlarının müddəti təqribən bir ay çəkir. Rentgen alışıması zamanı onların rentgen parlaqlığı  $10^2-10^6$  dəfə artır və  $L_x \sim 10^{37}-10^{38}$  erq/s qiymətinə çatır. Sakit haldakı rentgen parlaqlığı isə  $L_x \sim 10^{31}-10^{33}$  erq/s olur. Sakit halda qalma müddəti bir neçə il ola bilər. Bu qoşa ulduz sistemlərində pelyativistik komponent neytron ulduzu və yaxud qara dəlikdir.

MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə, kiçik kütləli qoşa rentgen mənbələrinin törədiciləri bir komponenti kiçik kütləli K-M ulduzu digər komponenti isə WR ulduzu olan WR + (K-M)

qoşa ulduz sistemləridir. WR + (K-M) qoşa ulduz sistemləri ilkin kütlə mübadiləsi mərhələsindən sonra əmələ gəlir. Təkamülün sonrakı mərhələsində WR + (K-M) qoşa ulduz sisteminə daxil olan WR ulduzunun ifratyeni kimi partlaması nəticəsində kiçik kütləli K-M komponenti olan qoşa rentgen mənbələri C + (K-M) yaranır.

Akademik A.M.Çerepaşukun fərziyyəsinin doğruluğunu yoxlamaq üçün ilk öncə həmin 16 ulduzun periodik dəyişkənliyinin uzun müddət ərzində saxlanılıb saxlanılmaması aydınlaşdırılmalıdır. Qeyd olunan ulduzların dördü üçün bu sualı aydınlaşdırmaq istiqamətində tədqiqat aparılmışdır: HD 191765, HD 192163, HD50896 və HD197406.

HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının spektral müşahidələri 2005-2010-cu illərdə ŞAR-ın 2-m teleskopun Kasseqren fokusunda aparılmışdır. Eşelle spektrlərin alınması və işlənməsi zamanı DECH proqram paketindən istifadə olunmuşdur. Spektral müşahidələr maye azotla soyudulan 530x580 piksel CCD matrisli eşelle spektrometri ilə aparılmışdır. Spektral diapazon  $\lambda\lambda$  4700-6700 ÅÅ, spektral ayırdetmə  $R = 14000$ , siqnal-küy nisbəti  $S/N \sim 100$  olmuşdur. HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının uyğun olaraq 34 və 46 eşelle spektrləri alınmışdır.

HD 191765 ulduzunun fotometrik müşahidələri 2010-cu ilin iyul-sentyabr aylarında ŞAR-ın 60 sm-lik teleskopunda aparılmışdır. Fotometrik müşahidələr Apogee Alta U-27 1024x1024 piksel CCD matrislə təchiz edilmiş fotometrə aparılmışdır. Müşahidələr beynəlxalq fotometrik sistemin V süzɡəcində aparılmışdır. Bu süzɡəcin seçilməsi onunla əlaqədardır ki, V süzɡəcində emissiya xətlərinin payı təxminən 7%-dir. Deməli, V süzɡəcindəki dəyişkənlik əsasən kəsilməz spektrin dəyişkənliyi ilə əlaqədardır. Fotometrik müşahidələrin aparılması və alınmış müşahidə materialının işlənməsi MaxImDL proqramı vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir. HD 191765 ulduzunun həm bir gecə ərzində, həm də gecədən gecəyə fotometrik dəyişkənliyi aşkar edilmişdir. Ölçmələrin kontrol ulduzuna görə təyin olunan orta kvadratik xətası  $0^m.0006$  ilə  $0^m.0009$  aralığında olmuşdur.

HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının spektrlərində (HeII + H $\alpha$ ) 6560 emissiya zolağının profillərinin dəyişkənliyi aşkar

edilmişdir. Məlumdur ki,  $H_{\alpha}$  xətti WR ulduzunun genişlənən örtüyünün xarici hissələrində formalaşır. Kiçik kütləli K-M komponentinin orbital hərəkəti örtüyün  $H_{\alpha}$  xətti formalaşan hissəsinin dəyişkənliyinə səbəb olmalıdır. ( $HeII + H_{\alpha}$ ) 6560 emissiya zolağının profilinin dəyişkənliyi, WR ulduzunun komponentinin olmasının göstəricisidir. Akademik A.M.Çerepaşukun hipotezinə görə bu komponent kiçik kütləli K-M ulduzudur.

HD 191765 ulduzunun spektrində ( $HeII + H_{\alpha}$ ) 6560 emissiya zolağının tədqiq etdiyimiz 17 profilindən yalnız biri az və ya çox dərəcədə simmetrik profildir, bütün yerdə qalan hallarda bir-birindən tamamilə fərqli qeyri simmetrik profillər müşahidə olunur. Sinyal-küy nisbəti bütün eşelle spektrlər üçün eynidir və  $S/N \sim 100$ -ə bərabərdir.

HD 192163 ulduzunun spektrində ( $HeII + H_{\alpha}$ ) 6560 emissiya zolağının müxtəlif tarixlərdə alınmış profillərinin müqayisə etməklə bu zolağın bənövşəyi qanadında ( $\lambda$  6496 Å -  $\lambda$  6532 Å arası) dəyişkənliyin olduğu müəyyən edilmişdir. ( $HeII + H_{\alpha}$ ) 6560 emissiya zolağının bənövşəyi qanadında (əsasən  $\sim \lambda$  6510 Å dalğa uzunluğunda) hündürlüyü ehtimal olunan xətdən (0,9%) üç dəfədən çox olan ensiz emissiya xətləri aşkar edilmişdir.

Mümkün olan periodik dəyişkənliyi aşkar etmək məqsədi ilə, HD 192163 ulduzunun spektrində ( $HeII + H_{\alpha}$ ) 6560 emissiya zolağının şüa sürətinin ölçülmüş qiymətlərinin spektral təhlili aparılmışdır. Scargle üsulundan<sup>4</sup> və “clean” alqoritmindən istifadə etməklə periodik dəyişkənliyin qiyməti üçün 5.128 gün qiyməti alınmışdır.

Mümkün olan periodik dəyişkənliyi aşkar etmək məqsədi ilə, HD 191765 ulduzunun fotometrik müşahidələrinin spektral təhlili aparılmışdır. Scargle üsulundan<sup>4</sup> və “clean” alqoritmindən istifadə etməklə periodik dəyişkənliyin qiyməti üçün 1.887 gün alınmışdır. Biz hesab edirik ki, bu period bir komponenti az kütləli “normal” K-M ulduzu olan HD 191765 ulduzunun orbital periodudur.

HD 192163 və HD 191765 ulduzlarının spektral və

<sup>4</sup>Scargle J.D., Astrophysical Journal, 1982, 263, p.835-853.



fotometrik tədqiqi nəticəsində bu ulduzların periodik dəyişkənliyinin uzun müddət ərzində saxlanıldığı təsdiq edilmişdir. Elmi ədəbiyyatda HD 50896 və HD 197406 ulduzları haqqında olan məlumatlarının təhlilindən onların da dövrü dəyişkənliyin uzun illər ərzində saxlanıldığı müəyyən olunmuşdur. Deməli, göstərilən dörd ulduz üçün periodik dəyişkənlik uzun illər ərzində saxlanılır. HD 191765 ( $P = 1^d.887$ ), HD 192163 ( $P = 5^d.218$ ), HD50896 ( $P = 3^d.766$ ) və HD197406 ( $P = 4^d.31364$ ) ulduzlarının orbital periodlarının qiymətləri kiçik kütləli K-M komponentləri olan rentgen mənbələrinin periodları üçün müəyyən edilmiş intervala düşür. HD 50896 və HD 197406 ulduzların kiçik kütləli komponentlərin kütlələri müvafiq olaraq  $\sim 1 M_{\odot}$  və  $4 M_{\odot}$  təşkil edir. Bu kütlələrin qiymətləri kiçik kütləli rentgen şüalanma mənbələrinin kiçik kütləli komponentlərinin kütlələri ilə eynidir.

Beləliklə, göstərilən 4 ulduz üçün periodik dəyişkənlik uzun müddət üçün saxlanılır və onlar bir komponenti kiçik kütləli “normal” K-M ulduzu olan qoşa WR + (K-M) ulduz sistemləridir. MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə bu qoşa ulduz sistemləri kiçik kütləli K-M komponenti olan rentgen mənbələrinin törədiciləridir.

WR tipli HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 ulduzlararası xətlərin formalaşmasında bu ulduzu əhadə edən NGC 6888 həlqəvi dumanlığının payının olub olmaması tədqiq edilmişdir. NaI 5890 və NaI 5896 xətləri ulduzlararası mühitdə formalaşır və əsasən simmetrik xətlərdir. Bu xətlərinin asimmetriyası həmin xətlərin formalaşmasında digər amilin olmasının göstəricisidir. Yüksək ayırdetməli spektrlər əsasında, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 xətlərinin asimmetriyası aşkar edilmişdir. Deməli bu xətlərin formalaşmasında digər amil də vardır. Hesab edirik ki, bu xətlərin formalaşmasında HD 192163 ulduzunu əhatə edən NGC 6888 həlqəvi dumanlığın da payı vardır. Digər WR tipli ulduz 191765 və HD 189847 standart ulduzun spektrlərində bu xətlərin asimmetriyası aşkar edilməmişdir. Qeyd edək ki, HD 192163, HD 191765 və HD 189847 standart ulduzunun spektrləri eyni şəraitdə alınmış və işlənmişdir. Bu müşahidə faktı, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 udma xətlərinin aşkar

olunmuş asimetriyasının reallığını göstərən olan müşahidə faktıdır [26, s.75-80].

WR tipli HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının örtüklərinin ionlaşma quruluşu öyrənilmiş və bu ulduzların spektral təsnifatı yerinə yetirilmişdir. HD 191765 və HD 192163 ulduzlarının spektral təsnifi nəticəsində onların spektral tipləri arasında fərq olduğu müəyyən edilmişdir. Xətlərin intensivliklərinin nisbətinin loqarifmindən istifadə edərək  $\log(\text{CIV}5808/\text{HeI}5875)$  ilə  $\log(\text{HeII}5411/\text{HeI}5875)$  arasında asılılıq qurulmuşdur. Hal-hazırda bu asılılıq, azot ardıcılığına mənsub WR ulduzlarının spektral təsnifi üçün istifadə olunur. Bu asılılıqda hər iki ulduzun eyni WN6 alt tipinə uyğun əraziyə düşməsinə baxmayaraq, onlar arasında fərq aşkar edilmişdir. Belə ki, HD 192163 ulduzu WN6 alt tipinə daha dəqiq uyğun gəlməsinə baxmayaraq, HD 191765 ulduzu WN5 və WN6 arasındakı sərhəddə yerləşir. Qeyd edək ki, HD 192163 ulduzunun atmosferində hidrogen olduğu halda HD 191765 ulduzu hidrogenlə zəngin olan xarici təbəqəsini təmamilə itirmişdir. Bu ulduzlar arasındakı aşkar edilən fərq bununla və həm də onların başlangıç kütləsinin fərqli olması ilə əlaqədardır.

**Altıncı fəsilə** spiral qalaktikaların xüsusiyyətləri və qalaktikaların spiral quruluşunun mənşəyi haqqında iddiaçı tərəfindən irəli sürülmüş orijinal fərziyyə şərh edilir.

Amerika astronomu E. Hubl tərəfindən irəli sürülən təsnifat sxeminə görə, spiral qolların inkişaf dərəcəsinə və ölçülərinə görə spiral qalaktikalar üç alt tipə bölünür: Sa, Sb və Sc. Sa, Sb, Sc ardıcılığı boyunca nüvənin ölçüləri azalır və spiral qollar güclənir və daha açıq olur.

Hesab edirik ki, spiral və eliptik qalaktikalar arasındakı əsas fərq onların fırlanma sürətlərinin (bucaq momentinin) fərqli olmasıdır. Kifayət qədər böyük fırlanma sürəti olan qalaktikalarda spiral quruluşun inkişafı və saxlanması üçün əlverişli şərait olmuşdur, lakin kiçik fırlanma sürəti olan qalaktikalar eliptik qalaktika kimi, fırlanma sürəti ən az olan qalaktikalar isə irrequlyar qalaktika kimi formalaşmışlar.

Kainatdakı qalaktikaların əksəriyyəti (~ 50 %-dən çoxu) spiral qalaktikalardır. Məlumdur ki, qalaktikaların spiral quruluşu

kifayət qədər stabildir, belə ki, bu quruluş milyardlarla il ərzində saxlanılır. İndiyə qədər astronomlar qalaktikaların spiral quruluşlarının mənşəyini izah etmək üçün bir neçə fərziyyə irəli sürsələr də, hal-hazırda bu sahədə qənaətbəxş bir nəzəriyyə yoxdur. Biz hesab edirik ki, qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeymi” Böyük Partlayışın (BP) ilk mikrosaniyələrində formalaşır.

Müasir təsəvvürlərə görə, Kainat təqribən 13.8 milyard il əvvəl BP nəticəsində yaranmış, o vaxtdan indiyə kimi genişlənir və soyuyur. BP nəzəriyyəsi Kainatın təkamülünün ilkin mərhələlərinin fiziki xüsusiyyətini kifayət qədər dəqiq təsvir edən kosmoloji modeldir.

Müasir təsəvvürlərə görə, BP aşağıdakı epoxalara bölünür: Plank epoxası, Böyük Birləşmə epoxası, inflyasiya epoxası, elektro zəif epoxası, kvark epoxası, hadronlar epoxası, leptonlar epoxası, ilkin nükleosentez epoxası, foton epoxası, rekombinasiya epoxası, Qaranlıq Əsrlər epoxası, qalaktikaların və ulduzların meydana gəlmə epoxası. Bu epoxaların xüsusiyyətləri qısa şəkildə şərh edilmişdir.

Hal-hazırda, müasir zərrəcik sürətləndiricilərində Kainatın BP-dan sonra, ilk mikrosaniyələrinə uyğun fiziki şəraiti yaratmaq mümkün olmuşdur. Böyük Adron Kollayderində (BAK), BP-dan sonra  $10^{-12}$  saniyəyə uyğun fiziki şəraiti yaratmaq mümkün olmuşdur. Bu şərait təxminən BP-in inflyasiya epoxasından sonrakı şəraitdir. Müasir təsəvvürlərə görə bu vaxt Kainat kvark-qlüon plazmasından ibarət olmuşdur. Əvvəllər belə hesab edirdilər ki, bu kvark-qlüon plazması qaz xüsusiyyətlidir, lakin BAK-də aparılan təcrübələr onun maye xüsusiyyətli olduğunu aşkar etmişdir. Deməli, həmin kvark-qlüon plazmasına van der Vals ayrılarını tətbiq etmək mümkündür.

Çoxsaylı təcrübələr kritik nöqtə yaxınlığında mayenin vəziyyətinin son dərəcə qeyri-stabil olduğunu göstərir. Fiziki olaraq, bu o deməkdir ki, kritik nöqtədə yaxınlığında korrelyasiya uzunluğu sonsuzluğa yaxınlaşır. Beləliklə, sistemin fraktallığının artması və özünə bənzərlik (self similarity) meydana gəlir. Hesab edirik ki, zərrəciklərin toqquşması kritik nöqtə yaxınlığında baş verərsə, korrelyasiya uzunluğu sonsuzluğa yaxınlaşdığından özünə bənzərlik və fraktallıq hadisəsi əmələ gəlir. Hər hansı bir obyekt o vaxt özünə

bənzər adlanır ki, bu obyekt öz hissəsi ilə üst-üstə düşsün. Məlumdur ki, özünə bənzərə ən uyğun obyekt loqarifmik spiraldır.

Loqarifmik spirali aşkar etmək üçün üsul verilmişdir. Hesab edirik ki, spiral strukturu radius vektorun loqarifminin azimut bucağından asılılığını qurmaqla aşkar etmək olar. Məlumdur ki, loqarifmik spiralın polyar koordinatlarda tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$r(\phi) = r_0 e^{k\phi}$$

burada,  $\phi$  - spiral üzərindəki nöqtələrin polyar bucağı,  $r$  - bu nöqtələrin radius vektoru,  $r_0$  - spiralın dolaqlarının radiusunu təyin edən əmsal,  $k$  - dolaqlar arasındakı məsafəni təyin edən əmsal.

Əgər loqarifmik spiralın tənliyini loqarifmləsək xətti tənlik alarıq:

$$\ln(r(\phi)) = \ln(r_0) + k \times \phi$$

Güründüyü kimi bu çevrilmədən sonra loqarifmik spiral xətti asılılığa çevrilir və bu xətti asılılığı təcrübədən aşkarlamaq daha asandır.

Loqarifmik spiral bir sıra maraqlı xüsusiyyətlərə malikdir. Bu xüsusiyyətlər içərisində bizim məsələ üçün mühüm olan aşağıdakı xüsusiyyətlərdir:

- Loqarifmik spiralın həlqələrinin ölçüsümü böyütdükdə onun formaası dəyişmir;
- Müxtəlif çevrilmələrdən sonra loqarifmik spiral öz formasını bərpa edə bilər;
- loqarifmik spirala ixtiyari nöqtədə çəkilən toxunan radius vektorla eyni bucaq əmələ gətirir;
- loqarifmik spiralın müxtəlif nöqtələrinə uyğun olan polyar bucaqlar bu nöqtələrin radius vektorunun loqarifmi ilə mütənasibdir.

Loqarifmik spiralın özünəbənzərlik xüsusiyyəti bu əlamətlərlə əlaqədardır.

Beləliklə, aşağıdakı nəticələrə gəlirik:

- kvart-qluon plazması halından adron halına keçid zamanı BP-ın ilk mikrosaniyələrində kritik nöqtə yaxınlığında korrelyasiya uzunluğunun sonsuzluğa yaxınlaşması nəticəsində spiral quruluş əmələ gəlir [36, s.75-80];
- bu spiral quruluş qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeymi” olur [37, s.15-17];
- kritik nöqtə yaxınlığında əmələ gələn spiral quruluş, ikinci növ faza keçidinin əlamətlərindən biri kimi istifadə edilə bilər, spiral quruluş ikinci növ faza keçidlərinin proqnozlaşdırılmasında (və ya aşkarlanmasında) indikator kimi istifadə edilə bilər [36, s.77-80].

Kainatdakı qalaktikaların əksəriyyətinin spiral qalaktikalar olmasına baxmayaraq, eliptik və irrequlyar qalaktikalar da mövcuddur. Hesab edirik ki, qalaktikaların müxtəlif tiplərə bölünməsində onların fırlanma sürətləri (bucaq momenti) mühüm rol oynayır. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, kritik nöqtənin yaxınlığında, korrelyasiya uzunluğunun sonsuzluğa yaxınlaşması nəticəsində spiral quruluş əmələ gəlir. Bu zaman həm də sonsuz sayda spiral quruluşlar əmələ gəlir və bu spirallar bir-birindən fırlanma sürətinin (bucaq momentinin) müxtəlifliyi ilə fərqlənəcək. Həmin spiral quruluşları üç qrupa bölmək olar:

- ən çox fırlanma sürətinə malik olan spiral quruluşlar;
- orta fırlanma sürətinə malik olan spiral quruluşlar;
- ən kiçik fırlanma sürətinə malik olan spiral quruluşlar.

Hesab edirik ki, spiral qalaktikalar ən çox fırlanma sürətinə malik olan spiral quruluşlardan formalaşır. Eliptik və irrequlyar qalaktikalar isə uyğun olaraq orta və ən kiçik fırlanma sürətinə malik olan spiral quruluşlardan formalaşır. Ona görə də deyə bilərik ki, yalnız spiral qalaktikaların deyil, bütün qalaktikaların “rüşeymi” BP-ın ilk mikrosaniyələrində formalaşır. Bizim fərziyyədən mühüm bir nəticə də çıxır: əvvəlcə qalaktikalar sonra isə onların əsas komponentləri, ulduzlar əmələ gəlmişlər.

Bu yaxınlarda bu fərziyyənin doğruluğunu göstərən müşahidə faktı aşkar edilmişdir. 2012-ci ildə yaxşı formalaşmış spiral qolları olan ən qədim spiral qalaktika Q2343-BX442 aşkar edildi. Bu qalaktika üçün qırmızı sürüşmə  $z = 2.1765$ -dir. Bu isə təxminən 10.7 milyard işıq ili məsafəsinə uyğun gəlir. Bu o

deməkdir ki, həmin qalaktika BP-dan  $\sim 3$  milyard il sonra artıq mövcud olmuşdur. Astronomlar belə bir qalaktikanın mövcudluğunun təəccüblü olduğunu düşünürlər, çünki müasir təəvvürlərə görə bu cür spiral qalaktika Kainatın erkən dövrlərində olmamalı idi.

Lakin, bizim fərziyyəyə görə, Kainatın təkamülünün ilk dövrlərində belə bir qalaktikanın mövcud olması təmamilə normaldır. Bu müşahidə faktı həm də əvvəlcə qalaktikaların, daha sonra isə onun əsas komponentlərinin - ulduzların əmələ gəldiyini göstərən faktır.

Sonda Əsas Nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və ixtisarlarmın siyahısı verilmişdir.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. WR tipli HD 191765 ulduzunun qeyri-adi fotometrik dəyişkənliyi aşkar edilmişdir. Bu ulduzun fotometrik müşahidələrindən məlum olmuşdur ki, onun ulduz ölçüsü 10 dəqiqə müddətində  $8^m.0$ -dən  $8^m.1$ -ə qədər artmışdır! Bu ulduz üçün ilk dəfə belə xarakterli parlaqlıq dəyişkənliyi ilk dəfə aşkar edilmişdir [19, s.33-35].
2. Bir komponenti kompakt obyekt olduğu ehtimal olunan WR tipli qoşa (WR+C) ulduzların (HD 191765, HD 192163, HD50896 və HD197406) kiçik kütləli “normal” K-M komponentləri olan qoşa rentgen mənbələrinin (K-M+C) törədiciləri olması haqqında fərziyyə. HD 192163 və HD 191765 ulduzlarının spektral və fotometrik tədqiqi, HD 50896 və HD 197406 ulduzları üçün elmi ədəbiyyat məlumatlarının təhlili nəticəsində aşkar edilmişdir ki, bu ulduzlar WR + (K-M) tipli qoşa sistemlərdir. MSQS-lərin müasir təkamül nəzəriyyəsinə görə WR + (K-M) qoşa ulduz sistemləri az kütləli (K-M) komponentləri olan rentgen mənbələrinin törədiciləridir [18, s.380-392], [50, s.109110].
3. WR tipli, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 xətlərinin formalaşmasında bu ulduzu əhatə edən NGC 6888 həlqəvi dumanlığının payının olması aşkar edilmişdir. Bu xətlərin profillərinin asimmetrik olması onların formalaşmasında digər mənbəyin payının olmasının göstəricisidir. Yüksək ayırdetməli

spektrlər əsasında, HD 192163 ulduzunun spektrində NaI 5890 və NaI 5896 xətlərinin asimmetriyası aşkar edilmişdir. Hesab edirik ki, bu xətlərin formalaşmasında HD 192163 ulduzunu əhatə edən NGC 6888 həlqəvi dumanlığın da payı vardır. [23, s.14-16], [45, 75-76].

4. HD 191765 və HD 192163 WR ulduzlarının spektral təsnifi nəticəsində onların spektral tipləri arasında fərq aşkar edilmişdir. Xətlərin intensivliklərinin nisbətinin loqarifmindən istifadə edərək  $\log(\text{CIV}5808/\text{HeI}5875)$  ilə  $\log(\text{HeII}5411/\text{HeI}5875)$  arasında asılılıq qurulmuşdur. Aşkar edilmişdir ki, HD 192163 ulduzunun WN6 alt tipinə daha dəqiq uyğun gəlməsinə baxmayaraq, HD 191765 ulduzu WN5 və WN6 arasındakı sərhəddə yerləşir [43, s.142-143], [48, 308-309].
5. İlk dəfə HD 206267 ulduzunun spektrində  $H_\alpha$  xəttinin bənövşəyi qanadında zəif stabil şüalanma xəttinin olması,  $H_\alpha$  xəttinin nüvəsində Diskret Absorbsiya Komponentlərinin (DAK) meydana gəlməsi və hərəkəti aşkar edilmişdir.  $H_\alpha$  xəttinin nüvəsində DAK-ın meydana gəlməsi və hərəkəti aşkar edilmişdir. DAK  $H_\alpha$  xəttinin nüvəsinin qırmızı tərəfində meydana gəlir və təxminən 1,5 saat ərzində nüvənin bənövşəyi tərəfinə keçir [43, s.142-143], [48, s.308-309].
6. Müxtəlif spektral xətlər üçün HD 206267 ulduzunun baş komponentinin şüa sürətlərinin dəyişmə intervalının müəyyən edilməsi. Müəyyən edilmişdir ki, baş komponentin şüa sürətinin qiymətləri  $H_\alpha$  və  $H_\beta$  xətləri üçün +80 km/s-dən -110 km/s-ə kimi, HeII 5411 xətti üçün +60 km/s-dən -100 km/s-ə kimi dəyişir [32, s.50-56].
7. HD 206267 ulduzunun spektrində  $H_\alpha$  və  $H_\beta$  xətlərinin asimmetriyasının və bu asimmetriyanın zamana görə dəyişməsi aşkar edilmişdir.  $H_\alpha$  və  $H_\beta$  xətləri üçün əks asimmetriya aşkar edilmişdir. Belə ki,  $H_\alpha$  xəttinin bənövşəyi qanadı asimmetrik olduqda,  $H_\beta$  xəttinin qırmızı qanadı asimmetrik olur və əksinə [29, s.13-15], [55, s.79-80].
8.  $\beta$  Lyr ulduzunun orbital periodunun qiymətinin bizim müşahidə mövsümünə (iyul-avqust 2016-cı il) uyğun qiymətinin 12.9414

gün olması. Məlumdur ki,  $\beta$  Lyr ulduzunun baş komponenti güclü kütlə itkisinə məruz qaldığından onun orbital periodunun qiyməti bir ildə  $\sim 19$  saniyə artır. Deməli,  $\beta$  Lyr ulduzu tədqiq olunarkən ilk öncə onun orbital periodunun qiymətinin müşahidə mövsümünə uyğun qiyməti müəyyən edilməlidir [39, s.18-23].

9.  $\beta$  Lyr ulduzunun ikinci komponentini əhatə edən diskdə orbital periodun 0.4 və 0.8 fazalarında iki isti ləkənin olduğunu göstərən əlavə müşahidə faktı aşkar edilmişdir. Belə ki,  $H_{\alpha}$  və HeI 6678 xətlərinin bənövşəyi və qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin nisbətinin orbital periodun fazasından asılılıq ayrılıqlarında təqribən 0.4 və 0.8 fazalarında iki maksimum aşkar edilmişdir [39, s.18-23], [40, s.145-147].
10. Qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeyminin” Böyük Partlayışın (BP) ilk mikrosaniyələrində əmələ gəlməsi haqqında fərziyyə və bu fərziyyənin lehinə olan dəlillər. Hesab edirik ki, əgər hissəciklərin toqquşması kritik nöqtə yaxınlığında baş verərsə, korrelyasiya uzunluğunun sonsuzluğa yaxınlaşması nəticəsində özünə bənzərlik və fraktallıq əmələ gəlir. Ən dəqiq özünə bənzər fiqur isə logarifmik spiraldır. Deməli, BP-ın ilk mikrosaniyələrində, kvark qlüon plazması halından adron halına keçid zamanı kritik nöqtə yaxınlığında, spiral quruluş əmələ gəlir. Bu spiral quruluş, qalaktikaların spiral quruluşunun “rüşeymi” olur [30, s.2-4], [36, s.75-78].
11. Kritik nöqtənin yaxınlığında meydana gələn spiral quruluş, ikinci növ faza keçidinin əlaməti kimi istifadə oluna bilər, spiral quruluş ikinci növ faza keçidinin proqnozlaşdırılmasında göstərici (indikator) kimi istifadə oluna bilər [30, s.2-4], [36, s.75-78].

### **Dissertasiyanın mövzusu üzrə çap edilmiş işlərin siyahısı**

1. Рустамов Д.Н., Черепашук А.М. Спектральные и фотометрические исследования звезд типа Вольфа-Райе HD16523 и WR145=AS422 // *Астрономический журнал*, – Москва: – 1989, Т. 66, – с. 67-75.
2. Rustamov J.N., Cherepachshuk A.M. WR stars with the OVI $\lambda$ 3811, 3834 emission doublet 1. The Catalog of the WR-



- OVI Stars and spectroscopic studies of the WR-OVI stars HD16523, HD17638 and HD192103 // *Astrophysics and Space Science*, – Belgium: – 1990, V.167, – p.281-296.
3. Рустамов Д.Н. Быстрая спектральная переменность WR-OVI звезд HD16523, HD17638 // *Циркуляр ШАО*, – Баку: – 1998, №92, – с.3-9.
  4. Рустамов Д.Н. Vavilov-Cherenkov radiation as a reason of the rapid spectral and photometric variability of the Wolf-Rayet stars // *Циркуляр ШАО*, – Баку: – 1999, №96, – с.18-19.
  5. Rustamov J.N. The new subtype for the spectral classification of some Wolf-Rayet stars // *FİZİKİKA*, – Баку: – 2002, Ж 8, №2, – p.56-59.
  6. Рустамов Д.Н., Зейналов С.Г. On the importance of the transition Of-WR stars for the understanding of Wolf-Rayet stars evolution. // *FİZİKİKA*, – Баку: – 2002, Ж 8, №4, – p.16-17.
  7. Рустамов Д.Н. The modern evolutionary status of the binary Wolf-Rayet type stars // *FİZİKİKA*, – Баку: – 2003, Ж 9, №1, – p.22-26.
  8. Рустамов Д.Н. Об эволюции звезд типа Вольфа-Райе // *Циркуляр ШАО*, – Баку: – 2004, № 108, – с.46-47.
  9. Рустамов Д.Н., Гаджиев М.С. Фотометрическое исследование звезды Вольфа-Райе WR140=HD193793 // *Циркуляр ШАО*, – Баку: – 2005, №110, – с.57-61.
  10. Рустамов Д.Н., Гаджиев М.С. Фотометрическое исследование трех звезд Вольфа-Райе находящихся в созвездии Лебедя // *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası*, – Баку: – 2007, XXVII, №2, – с.177-183.
  11. Рустамов Д.Н., Гаджиев М.С. Фотометрическое исследование звезд типа Вольфа-Райе WR136=HD192641 и WR137=HD193077 // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку: – 2006, 1, № 3-4, – с.29-33.
  12. Рустамов Д.Н. Исследование эмиссионной полосы  $\text{HeII}+\text{H}_\alpha$  в спектре звезды типа Вольфа-Райе WR136=HD192163 // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку: – 2007, №1-2, – с.29-34.

13. Рустамов Д.Н., Гаджиев М.С. Спектральное и фотометрическое исследование звезды типа Вольфа-Райе HD192163 // – Bakı: Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, – 2008, XXVII, №2, – s.157-162.
14. Рустамов Д.Н., 0.31 дневная пульсация звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // Bakı Dövlət Universitetinin Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat elmləri seriyası, – Bakı: – 2008, №2, – s.192-196.
15. Рустамов Д.Н. Спектральный мониторинг эмиссионной полосы  $\text{HeII} + \text{H}\alpha$  в спектре звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 в 2005-2008 г.г. // Астрономический журнал Азербайджана, – Баку: – 2008, 3, №3-4, – с.29-33.
16. Рустамов Д.Н. Долговременная переменность звезды типа Вольфа Райе HD 192163 // Кинематика и физика небесных тел, – Киев: – 2009, № 6, – с.336-338.
17. Рустамов Д.Н. Исследование спектральной переменности звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // Письма в Астрономический журнал, – Москва:– 2010, 36, №5, – с.372-379.
18. Рустамов Д.Н., Черепашук А.М. Звезда WR HD192163 как возможный эволюционный предшественник маломассивной рентгеновской двойной системы // Астрономический журнал, – Москва: – 2011, Т 88, №4, – с. 380-392.
19. Рустамов Д.Н., Абдуллаев Б.И. Фотометрические исследования звезды типа Вольфа-Райе HD 191765 = WR134 // Астрономический журнал Азербайджана, – Баку: – 2011, 6, №2, – с. 31-34.
20. Рустамов Д.Н., Мамедова И.М. Спектральная классификация звезд типа Вольфа-Райе HD 191765 = WR134 и HD 192163 = WR 136 // Астрономический журнал Азербайджана, – Баку: – 2011, 6, №2, – с. 26-30.
21. Рустамов Д.Н., Черепашук А.М. Спектральные и фотометрические исследования звезды типа Вольфа-Райе WR 134 = HD 191765 // Астрономический журнал, – Москва: –

- 2012, Т 89, №10, – с. 843-856.
22. Рустамов Д.Н. Ионизационная структура оболочек и спектральная классификация звезд типа Вольфа-Райе WR 134 и WR 136 // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку: – 2012, 7, №2, – с. 9-12.
  23. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Межзвездные линии NaI 5890(D<sub>2</sub>) и NaI 5896 (D<sub>1</sub>) в спектре звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку: – 2012, 7, №3, – с. 13-19.
  24. Рустамов Д.Н. Спектральный мониторинг эмиссионной полосы HeII+H<sub>α</sub> в спектре пекулярной звезды типа Вольфа-Райе HD 191765 в 2006-2010 г.г. // *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası*, – Bakı: – 2013, XXXIII, №2, – s. 190-200.
  25. Рустамов Д.Н. Спектральные исследования сверхгигантов, звезд типа Вольфа- Райе, и Новых звезд в Шамахинской Астрофизической Обсерватории за 60 лет // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку: – 2013, 8, №2, – с. 27-43.
  26. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Асимметрия межзвездных линий NaIλ 589.0 и 589.6 нм в спектре звезды HD 192163 типа Вольфа-Райе // *Кинематика и физика небесных тел*, – Киев: – 2015, Т 31, №2, – с.73-80.
  27. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Линия H<sub>α</sub> в спектре спектрально-двойной звезды HD 206267 // *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası*, – Bakı: – 2016, XXXVI, №2, – s.146-152.
  28. Rustamov J.N. H<sub>α</sub> and H<sub>β</sub> lines in the spectrum of spectral binary star of HD 206267 // *Astrophysics and Space Science* – 2016, V 2. I 1, – p.1-10.
  29. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Спектроскопические исследования звезды HD 206267 // *Астрономический журнал Азербайджана*, – Баку:– 2016, 11, № 3, – с.10-19.

30. Rustamov J.N., Rustamov A.J., On the Spiral Structures in Heavy-Ion Collisions. // <http://arxiv.org/abs/1602.01812>, – 2016, – p.1-5.
31. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Спектральная переменность спектрально-двойной звезды HD 206267 // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, – Bakı: – 2017, XXXVII, №2, – s.158-167.
32. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Исследование линий  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  в спектре звезды HD 206267 // Кинематика и физика небесных тел, – Киев: – 2017, Т 33, №5, – с. 49-58.
33. Rustamov J.N. Discrete absorption components in the  $H_{\alpha}$  line core in the spectrum of spectral binary star of HD 206267 // Astronomical Society of the Pacific, – USA: – 2017, V.510, – p.178-180.
34. Rustamov J.N. On the nature of Wolf-Rayet phenomenon // Astronomical Journal of Azerbaijan, – Baku: – 2017, V. 12, No 3, – p.15-54.
35. Рустамов Д.Н. Спектральные исследования звезд LZ Cep и 19 Cep // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, – Bakı: – 2018, XXVIII, № 2, – s.141-150.
36. Rustamov J.N., Rustamov A. J. On the phase transitions in nuclear collisions and the early Universe // Journal of Baku Engineering University, Physics, – Baku: – 2018, Vol. 2, No. 1, – p. 74-81.
37. Rustamov J.N., Rustamov A. J. On the spiral structures in heavy-ion collisions // Astronomical Journal of Azerbaijan, – Baku: – 2018, Vol. 13, No. 2, – p.12-19.
38. Rustamov J.N., Spectral investigations of the supergiant, Wolf-Rayet type stars and Novae in the Shamakhy Astrophysical Observatory during 60 years // Astronomical Journal of Azerbaijan, – Baku: – 2019, Vol. 14, No. 2, – p.93-115.
39. Rustamov J.N., Abdulkarimova A.F. The preliminary results of spectral investigations of enigmatic star  $\beta$  Lyr // Astronomical Journal of Azerbaijan, – Baku: – 2020, Vol. 15, No. 2, – p.15-54.

40. Рустамов Д.Н. Спектральное исследование затменно-двойной звезды  $\beta$  Lyr // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, Fizika-Riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, – Baku: – 2021, XLI, № 2, – s.140-149.
41. Рустамов Д.Н. Спектральное исследование звезды типа Вольфа-Райе HD192163 // «Современные проблемы Физики», I Республиканская конференция, – Баку: – 6-8 декабря, – 2007, – с.70-72.
42. Рустамов Д.Н. Пульсация звезды Вольфа-Райе HD192163, выявленная из спектральных наблюдений // Тезисы Международной конференции по физ.мат. и тех наукам, – Нахичевань: – 07-08 ноября – 2008, – с. 145-146.
43. Рустамов Д.Н. Спектральная классификация звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // Материалы международной конференции, по астрономии, физике и математике, посвященная, Международному Астрономическому году, – Нахичевань: – 16-17 ноября – 2009, – с. 142-143.
44. Рустамов Д.Н. Долговременная переменность звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 выявленная по спектральным наблюдениям в 2005-2008 гг. // Материалы международной конференции посвященный 90 летию Бакинского Государственного Университета, – Баку: – 30-31 октября, – 2009, – с.119-121.
45. Рустамов Д.Н. Исследование межзвездных линий поглощения NaI5890 и NaI5896 в спектре звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // «Современные проблемы Физики», III Республиканская Конференция, – Баку: – 17-18 декабря, – 2009, – с.75-76.
46. Рустамов Д.Н., Маммадова И.М. Кратковременная спектральная переменность звезды типа Вольфа-Райе HD192163 // Материалы VI Республиканской Конференции «Актуальные проблемы Физики», –Баку: – 20-21 ноября , – 2010, – с. 20-20.
47. Рустамов Д.Н., Маммадова И.М., Абдулкеримова А.Ф. Спектральная классификация звезд типа Вольфа-Райе WR 134 и WR 136 и их эволюционные особенности // Материалы

- VII Республиканской Конференции «Актуальные проблемы Физики», – Баку: – 26 ноября – 2012, – с. 22-24.
48. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Спектральная классификация и ионизационная стратификация оболочек звезд типа Вольфа-Райе WR134 и WR136 // Материалы VI Республиканской Конференции «Современные проблемы Физики», – Баку: – 14-15 декабря, – 2012, – с.307-310.
49. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Переменность межзвездных линий NaI 5890 и NaI 5896 в спектре звезды типа Вольфа-Райе HD 192163 // Материалы Международной Конференции «Актуальные проблемы физики», посвященный 80-летию акад. Б.М.Аскерова, – Баку: – 6 декабря, – 2013, – с. 31-32.
50. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Поиск возможных предшественников маломассивных рентгеновских двойных систем // Материалы VII Республиканской Научной Конференции «Современные проблемы Физики», – Баку: – 14-15 декабря, – 2013, – с. 109-110.
51. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Стратификация ионов в оболочках звезд типа Вольфа-Райе HD 191765 и HD 192163 // Материалы II Международной Научной Конференции молодых исследователей, посвященной 91-й годовщине общенационального лидера азербайджанского народа Г.Алиева, – Баку: – 18-19 апреля, – 2014, – с. 27-28.
52. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Линия  $H_{\alpha}$  в спектре звезды HD 206267 // Международная научная конференция, Астрономическая школа молодых ученых, – Украина, Киев: – 20-22 мая, – 2015, – с.69-70.
53. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Обнаружение дискретных абсорбционных компонентов в ядре линии  $H_{\alpha}$ , в спектре звезды HD 206267 // Материалы III Международной научной конференции молодых исследователей, посвященной 92-й годовщине общенационального лидера азербайджанского народа Г.Алиева, – Баку: – 17-18 апреля, – 2015, – с.57-58.

54. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Звезды типа Вольфа-Райе, HD 192163, HD 191765, HD 50896, и HD 197406 как возможные предшественники рентгеновских двойных систем // Материалы IV Международной научной конференции молодых исследователей, посвященной 93-й годовщине общенационального лидера азербайджанского народа Г.Алиева, – Баку: – 29-30 апреля, – 2016, – с.106-107.
55. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Некоторые спектральные особенности спектрально-двойной звезды HD 206267 // Международная научная конференция, Астрономическая школа молодых ученых, – Украина, Киев: – 26-27 мая, – 2016, – с.79-80.
56. Рустамов Д.Н., Абдулкеримова А.Ф. Сравнительное исследование линий  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  в спектре спектрально-двойной звезды HD 206267 // Материалы I научно-практической международной конференции «Творческий потенциал молодежи в решении авиакосмических проблем», – Баку: – 29 февраля – 01 марта, – 2016, – с.114-114.
57. Рустамов Д.Н., Юсифзаде Т.И. Линии водорода в спектре звезды  $\beta$  Lyr // Материалы VI научно-практической международной конференции «Творческий потенциал молодежи в решении авиакосмических проблем», – Баку: – 01- 03 февраля, – 2021, – с.152-154.
58. Рустамов Д.Н. Основные наблюдательные особенности звезд типа Вольфа-Райе / Монография. Издательство «Элм», – Баку: – 2015, – 254 с.





Dissertasiyanın müdafiəsi “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021-ci il  
tarixində saat \_\_\_\_\_ da

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının N.Tusi adına Şamaxı  
Astrofizika Rəsədxanasının nəzdində fəaliyyət göstərən BED 3.05  
Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, AZ1143, H.Cavid prospekti 117

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının N.Tusi  
adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının Elmi kitabxanasında tanış  
olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli  
Elmlər Akademiyasının N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika  
Rəsədxanasının rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021-ci il tarixində  
zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 01.11.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 78 138

Tiraj: 30