

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
N.TUSİ ADINA ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASI**

Əlyazma hüququnda

ÜLKƏR RAFİQ QIZI QƏDİROVA

F VƏ G SPEKTRAL SİNİFLİ ULDUZ ATMOSFERLƏRİ

İxtisas: 2108.01 –astrofizika, ulduz astronomiyası

**Astronomiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim olunmuş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2016

İş N.Tusi adına Azərbaycan MEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

fiz.-riy. elm. doktoru, prof.
C.M. Quluzadə
fiz.-riy. elm.nam., dos.
Z.A. Səmədov

Rəsmi opponentlər:

fiz.-riy. elm.doktoru, prof.
N.Z. İsmayılov

fiz.-riy. elm.nam.
Z.F. Əliyeva

Aparıcı təşkilat:

AMEA Fizika İnstitutu “Kosmik şüa mənbələri fizikası” laboratoriyası

Dissertasiya “_____” _____2016 cı il, ___-də
Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının nəzdində olan FD.01.241 Dissertasiya Şurasının iclasında müdafiə olunacaqdır.

Ünvan: AZ -1143, Bakı, Yasamal, Hüseyn Cavid, 115

Dissertasiya ilə AMEA ŞAR-ın Elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “_____” _____2016 cı ildə göndərilmişdir.

FD.01.241 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi

f.-r.e.n., dos., Həsənova Ə.R.

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Ulduzların kimyəvi tərkibinə görə onların hansı nəsilə aid olması, məskunlaşma tipi və hansı təkamül mərhələsində olmaları haqqında fikir söyləmək olar.

İfratnəhəng ulduzlar cavan ulduzlardır. İfratnəhəng ulduzların nüvələrində sintez olunan ağır elementlər onların atmosferlərinə ötürülmüş və nəticədə bu ulduzların atmosferlərində elementlərin miqdarını dəyişmişdir. Bu baxımdan ifratnəhəng ulduzların atmosferlərində elementlərin miqdarının təyini astrofizikanın aktual məsələlərindən biridir.

Ulduzların effektiv temperaturu və onların səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili ulduz atmosferi modelləri üçün bazis parametrlərdir. Bu parametrləri bilməklə ulduzların bir sıra təkamül parametrlərini - kütlələrini, radiuslarını və işıqlıqlarını hesablamaq olar. Odur ki, ulduzların effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcilinə təyini astrofizikanın aktual məsələlərindəndir.

Ulduz atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürətinin təyini model üsulu ilə ulduzların kimyəvi tərkibini təyin etmək üçün vacibdir.

İşin məqsədi. Dissertasiya işində əsas məqsəd F və G spektral sinif ulduzların fundamental və təkamül parametrlərini təyin etmək, onların atmosferlərində mikroturbulentliyi və kimyəvi tərkibi tədqiq etməkdir.

Dissertasiya işində qarşıya qoyulan əsas məsələlər:

1. AMEA ŞAR-nın 2 metrlik teleskopunda seçilmiş F və G spektral sinifli proqram ulduzlarının spektrlərini almaq və işləmək,
2. Model üsulu və parallaksın tətbiqi üsulu ilə bu ulduzların fundamental parametrlərini təyin etmək,
3. Model üsulu ilə tədqiq olunan F və G spektral sinifli ulduzların atmosferlərində mikroturbulent hərəkətlərin sürətini təyin etmək,
4. Model üsulu ilə seçilmiş F və G spektral sinifli proqram ulduzlarının atmosferlərinin kimyəvi tərkibini təyin etmək,
5. HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində multipetlərin sürüşməsi üsulundan istifadə edərək həyəcanlaşma temperaturunu təyin etmək.

Elmi yeniliklər. Dissertasiya işində elmi yeniliklər aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Ulduz atmosferlərinin model hesablamaları üçün bazis parametrlər (T_{eff} , $\log g$) daha müasir üsullarla təyin edilmiş və bu parametrlərin

qiymətləri dəqiqləşdirilmişdir. Bu parametrlər əsasında seçilmiş F və G spektral sinifli proqram ulduzlarının təkamül parametrləri - kütlələri, radiusları və işıqlıqları hesablanmışdır. Aşkar edilmişdir ki, HD216756 ulduzu ulduz kataloqlarında göstəriləni kimi II işıqlıq sinfinə deyil, IV və ya V işıqlıq sinfinə aiddir.

2. HD164136(F2II), HD216756(F5II), HD206731(G8II), HD203574 (G5III), HD217944 (G5IV) ulduzlarının atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürəti ilk dəfə olaraq təyin edilmişdir.

3. İlk dəfə, tədqiq olunan ulduzların atmosferlərində C, N, Mg, Na, Si, S, Ca, Sc, V, Ti, Cr, Mn, Y, Ba, La, Ce, Pr, Eu və Nd miqdarı təyin edilmişdir. HD161796(F3Ib) ulduzunun kimyəvi tərkibinin tədqiqi göstərir ki, post-AGB ulduzlarının statusuna uyğun olaraq bu ulduzda dəmirin miqdarı Günəş və I tip məskunlaşmış normal ifratnəhəng ulduzlarla müqayisədə az, karbonun və kükürdün dəmirə nisbətən miqdarı isə I tip məskunlaşmış normal ifratnəhəng ulduzlara nəzərən çoxdur, bu isə onu göstərir ki, HD161796(F3Ib) Qalaktika müstəvisində deyil, Qalaktika diskinin qalın hissəsində və yaxud Qaloda yaranmışdır.

4. HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində ilk dəfə olaraq həyəcanlaşma temperaturunun və mikroturbulent hərəkət sürətinin termlərin cütlüyündən asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, aşağı səviyyələri tək olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturu aşağı səviyyələri cüt olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturundan xeyli böyükdür. Hesab olunur ki, bu effekt aşağı səviyyələri tək term olan xətlərin atmosferin daha dərin qatlarında əmələ gəlməsi ilə bağlıdır. Bundan əlavə alınmışdır ki, tək-cüt keçidlərə görə təyin olunmuş turbulent hərəkət sürətləri, cüt-tək keçidlərə görə təyin olunmuş turbulent hərəkət sürətindən azdır. Bu ona uyğun gəlir ki, bu ulduzun atmosferində turbulent hərəkət sürətləri atmosferin dərinliyindən asılı olaraq azalır.

İşin praktik və nəzəri əhəmiyyəti

1. Alınmış müşahidə materialları bir çox astrofiziki məsələlərin həllində istifadə oluna bilər.

2. Ulduzların təyin olunmuş fundamental və təkamül parametrləri-effektiv temperaturu, ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütləsi, radiusu, işıqlığı digər tədqiqatçılar tərəfindən istifadə edilə bilər.

3. Ulduz atmosferlərinin kimyəvi tərkibi haqqında alınmış nəticələr ulduzların təkamülünün və ulduz atmosferlərinin tədqiqində istifadə oluna bilər.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. F spektral sinifli (HD7927(F0Ia), HD164136(F2II), HD161796(F3Ib), HD216756(F5II), HD203454(F8V) ulduzlarının və G spektral sinifli (HD3421(G2II), HD206731(G8II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV) ulduzlarının fundamental və təkamül parametrlərinin təyini;

2. Tədqiq olunan F və G spektral sinifli ulduzlarının atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürətlərinin təyini;

3. Tədqiq olunan F və G spektral sinifli ulduzlarının atmosferlərində kimyəvi elementlərin miqdarının təyini;

4. HD217944(G8IV) ulduzunun atmosferində həyəcanlaşma temperaturunun və mikroturbulent hərəkət sürətinin termlərin cütlüyündən asılılığının tədqiqi.

İşin aprobasiyası:

Dissertasiya işində alınan əsas nəticələr AMEA ŞAR-ın elmi seminarlarında, xarici və ölkədaxili konfranslarda dəfələrlə geniş müzakirə olunmuşdur:

1. “Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 26 noyabr, 2012.

2. Akademik B.M. Əsgərovun 80-illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransın materialları, Bakı, 6 dekabr, 2013.

3. Magistrantların və Gənc Tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” VIII Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 17 may, 2013.

4. H. Əliyevin anadan olmasının 91-ci il dönümünə həsr olunmuş “Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 18-19 Aprel, 2014.

5. H. Əliyevin anadan olmasının 91-ci il dönümünə həsr olunmuş Magistrantların və Gənc Tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 22 may, 2014.

6. “Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 17-18 Aprel, 2015.

7. “Fizikanın aktual problemləri” Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 17 dekabr 2015.

8. “Gənc Tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 29-30 Aprel, 2016.

9. Астрономическая школа молодых ученых Украина, Киев, 26-27 май, 2016.

Nəşrlər

Dissertasiya işində alınan əsas nəticələr 10 elmi məqalə və 11 məruzə tezisi şəklində çapdan çıxmışdır. Dissertasiyanın mövzusuna aid işlər xarici ölkə və respublikamızın elmi jurnallarında, müxtəlif yerli konfransların materiallarında çapdan çıxmışdır.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi:

Dissertasiya giriş, dörd fəsil, nəticələr və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya 90 səhifəlik mətn, 18 cədvəl, 82 şəkil və 117 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi 170 səhifədir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı, tədqiqatın məqsədi və qarşıya qoyulan məsələlər, elmi yeniliklər, nəticələrin praktiki əhəmiyyəti və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar verilmişdir. Bu bölmənin ikinci hissəsində işin qısa məzmunu verilir.

Dissertasiyanın I fəslində istifadə olunan cihazlar və tədqiqat üsulları təsvir olunmuşdur.

1.1 və 1.2 bölmələrində ulduzların müşahidəsində istifadə olunmuş kude spektroqrafının təsviri, kude fokusunda eşelle spektrlərinin alınması və işlənməsi üsulları verilir.

1.3 və 1.4 bölmələrində ulduzların müşahidəsində istifadə olunmuş kasseqren fokusu və orada quraşdırılmış eşelle - spektrometri təsvir edilir, həmçinin bu fokusda spektrlərin alınması və işlənməsindən bəhs edilir. Bu bölmələrdə alınmış spektral materialların işlənməsində istifadə olunan DECH 20 və DECH 20t proqramlarının işlənmə üsulları təsvir olunur.

YƏC spektrlərində ölçmə işləri bu proqramlar vasitəsilə yerinə yetirilmişdir. Standart və o cümlədən də ifratnəhəng ulduzların spektral xətlərində aparılan ölçmələr göstərir ki, bu paket proqramlarla işləmək çox sadə və məqsəddəyğündür. Belə ki, bu proqramların köməyi ilə daha dəqiq nəticələr almaq mümkündür.

Dissertasiyanın II fəsli ulduz atmosferi modellərinə həsr olunur. Bu fəsilə atmosfer modelləri haqqında ümumi məlumat verilir, model hesablamalarında konveksiyanın nəzərə alınması, örtük effektinin rolu məsələləri şərh olunur, atmosfer modellərində kimyəvi tərkibin variasiyası, maqnit sahəsinin təsiri məsələlərinə baxılır. Bu fəsil 6 bölmədən ibarətdir.

2.1 bölməsində atmosfer modelləri haqqında ümumi məlumatdan bəhs edilir. Ulduz atmosferlərinin modelləşdirilməsi hazırda nəzəri astrofizikanın ən yaxşı inkişaf etmiş sahələrindən biridir. Atmosfer modellərinin qurulmasında əsas məqsəd atmosferi xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlərin: temperaturun, qaz təzyiqinin və elektron təzyiqinin (yaxud elektronların konsentrasiyasının) optik dərinlikdən (yaxud həndəsi dərinlikdən) asılılığını hesablamaqdır.

2.2 bölməsində model hesablamalarında konveksiyanın nəzərə alınmasından bəhs edilir. Atmosfer modellərinin hesablanması belə bir nəticəyə gətirir ki, konveksiya, effektiv temperaturları $T_{eff} < 8500$ K olan cırtdanlarda və metalların miqdarının az olduğu soyuq nəhəng və ifratnəhənglərdə kəsilməz spektrdə enerjinin paylanmasına təsir edir. Kontiniumun səviyyəsi dəyişdiyindən bu effektin ekvivalent enə W_λ təsiri də istisna edilmir.

2.3 bölməsində örtük effekti (ÖE) haqqında məlumat verilir. ÖE-nin nəzərə alınması atmosferdə əlavə qeyri-şəffaf mənəbənin variasiyasına gətirib çıxarır. Verilmiş dərinlikdə xətdə udulan enerjinin müəyyən hissəsi atmosferin aşağı qatlarından əks olunur, bunun nəticəsində şüalanma enerjisinin sıxlığı və onunla birlikdə temperatur da artır. Beləliklə, ÖE-nin atmosferin strukturuna təsiri, hər şeydən əvvəl kəsilməz spektr və udulma xəttinin formalaşdığı qatlarda temperatur T və udma əmsalının k_λ dəyişməsi ilə bağlıdır. k_λ və T ilə bərabər atmosfer modellərində qaz təzyiqi P_g və elektron təzyiqi P_e də bir neçə dəfə dəyişir. Bunları nəzərə alaraq kontiniumda şüalanma seli F_λ və xəttin ekvivalent enini W_λ hesablamaq olar.

2.4 bölməsində Kainat obyektlərinin kimyəvi tərkibindən bəhs edilir, belə ki, Kainat obyektlərinin spektral xətlərinin profillərini mükəmməl tədqiq etməklə bu obyektlərin kimyəvi tərkibini öyrənmək, yəni obyektə

hansı kimyəvi elementlərin olması və onların nisbi miqdarı haqqında müəyyən nəticəyə gəlmək olur.

2.5 bölməsində atmosfer modellərində kimyəvi tərkibin variasiyası haqqında məlumat verilir. Göstərilir ki, atmosfer modellərində He-un miqdarının 2 dəfə dəyişməsinə nəzərə almamaq olar.

2.6 bölməsində maqnit sahəsinin model hesablamalarına təsirdən bəhs olunur.

Dissertasiyanın III fəslə ulduz atmosferlərinin parametrlərinin (effektiv temperatur T_{eff} və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili g) təyininə həsr olunur.

3.1 bölməsində F spektral sinif ulduzların effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili model üsulu və parallaksın tətbiqi üsulu ilə təyin olunur. Bu parametrlər aşağıdakı meyarlar əsasında təyin olunur:

1. Hidrogenin Balmer seriyasının H_{α} , H_{β} , H_{γ} və H_{δ} xətlərinin ekvivalent enlərinin nəzəri hesablanmış və müşahidədən təyin olunmuş qiymətlərinin müqayisəsi,

2. $[c_i]$ indeksinin nəzəri hesablanmış və müşahidədən alınmış qiymətlərinin müqayisəsi,

3. Q indeksinin nəzəri hesablanmış və müşahidədən alınmış qiymətlərinin müqayisəsi,

4. β indeksinin nəzəri hesablanmış və müşahidədən alınmış qiymətlərinin müqayisəsi.

Bunlarla yanaşı dissertasiya işində parallaksın tətbiqi üsülündən də istifadə olunur.

Qeyd edək ki, T_{eff} və g ulduzların fundamental parametrləridir, bu parametrləri bilməklə nəzəri təkamül əyriləri əsasında ulduzların kütləsini qiymətləndirmək və onların radius, işıqlıqlarını hesablamaq olar.

3.1.1 yarımfəslində HD7927(F0Ia) ulduzunun effektiv temperaturu, səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütləsi, radiusu və işıqlığı təyin edilmişdir: $T_{eff} = 6800 \pm 200K$, $\log g = 1.2 \pm 0.2$, $M = 15.85M_{\odot}$, $R = 165.96R_{\odot}$, $L = 5.2 \cdot 10^4 L_{\odot}$. Təyin olunmuş qiymətlər digər müəlliflərin aldığı nəticələrlə müqayisə edilmişdir.

3.1.2 bölməsində POST-AGB HD161796 (F3Ib) ulduzunun fundamental parametrləri və təkamül parametrləri təyin edilmişdir: $T_{eff} = 6550 \pm 200K$, $\log g = 0.75 \pm 0.2$.

3.1.3 bölməsində HD164136 (F2II) ulduzunun fundamental parametrləri və təkamül parametrləri təyin edilmişdir: $T_{eff} = 6670 \pm 200K$, $\log g = 2.45 \pm 0.2$, $M = 5.62M_{\odot}$, $R = 23.44R_{\odot}$, $L = 10^3 L_{\odot}$.

3.1.4 bölməsində HD216756 (F5II) ulduzunun fundamental parametrləri və təkamül parametrləri təyin edilmişdir: $T_{eff} = 6850 \pm 200K$, $\log g = 4.0 \pm 0.2$, $M = 1.58M_{\odot}$, $R = 2.09R_{\odot}$, $L = 8.61L_{\odot}$.

3.1.5 bölməsində HD203454 (F8V) ulduzunun fundamental parametrləri və təkamül parametrləri təyin edilmişdir: $T_{eff} = 5990 \pm 200K$, $\log g = 4.25 \pm 0.2$, $M = 1.26M_{\odot}$, $R = 1.39R_{\odot}$, $L = 2.26L_{\odot}$.

3.2 bölməsində G spektral sinif ulduzların effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili model üsulu və parallaxsın tətbiqi üsulu ilə təyin olunmuşdur. Təkamül əyrilərindən istifadə edərək G spektral sinif ulduzların təkamül parametrləri - kütlələri, radiusları və işıqlıqları təyin edilmişdir. Alınmış nəticələr digər müəlliflərin aldığı nəticələrlə müqayisə edilmişdir.

3.2.1 bölməsində HD3421 (G2II) ulduzunun effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütlələri, radiusları və işıqlıqları təyin edilmişdir: $T_{eff} = 5330 \pm 200K$, $\log g = 2.25 \pm 0.2$, $M = 5.62M_{\odot}$, $R = 29.51R_{\odot}$, $L = 6.61 \cdot 10^2 L_{\odot}$.

3.2.2 bölməsində HD206731 (G8II) ulduzunun effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütlələri, radiusları və işıqlıqları təyin edilmişdir: $T_{eff} = 5010 \pm 200K$, $\log g = 2.1 \pm 0.2$, $M = 5.37M_{\odot}$, $R = 34.67R_{\odot}$, $L = 6.92 \cdot 10^2 L_{\odot}$.

3.2.3 bölməsində HD203574 (G5II) ulduzunun effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütlələri, radiusları və işıqlıqları təyin edilmişdir: $T_{eff} = 5100 \pm 200K$, $\log g = 2.7 \pm 0.2$, $M = 3.24M_{\odot}$, $R = 13.34R_{\odot}$, $L = 1.11 \cdot 10^2 L_{\odot}$.

3.2.4 bölməsində HD217944 (G8IV) ulduzunun effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, kütlələri, radiusları və işıqlıqları təyin edilmişdir: $T_{eff} = 5200 \pm 200K$, $\log g = 3.1 \pm 0.2$, $M = 2.51M_{\odot}$, $R = 7.41R_{\odot}$, $L = 37.58L_{\odot}$.

3.2.5 bölməsində HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində həyəcanlaşma temperaturu multipletlərin sürüşməsi üsulundan istifadə edərək təyin edilmişdir. Bu üsulla aşağı səviyyəsi tək term olan və aşağı səviyyəsi cüt term olan FeI xətləri üçün həyəcanlaşma temperaturu ayrılıqda təyin olunmuşdur. Alınmışdır ki, aşağı səviyyəsi tək term olan xətlərə görə həyəcanlaşma temperaturu üçün $T_{ex} = 6100K$, aşağı səviyyəsi cüt term olan xətlərə görə isə həyəcanlaşma temperaturu $T_{ex} = 5600K$ olmuşdur. Yəni aşağı səviyyəsi tək term olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturu aşağı səviyyəsi cüt term olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturundan yüksəkdir.

Bu onunla bağlıdır ki, aşağı səviyyələri tək term olan xətlər effektiv olaraq atmosferin daha dərin qatlarında əmələ gəlirlər.

Dissertasiyanın IV fəsli tədqiq olunan ulduzların atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürətlərinin və kimyəvi tərkibin təyini məsələsinə həsr olunur. Təyin edilmiş bazis parametrləri T_{eff} və g əsasında modellər seçilir. Elementlərin miqdarı onların spektral xətlərinin müşahidə olunmuş və nəzəri hesablanmış ekvivalent enlərinin müqayisəsinə əsaslanır. Xətlərin nəzəri ekvivalent enləri Kırım Astrofizika Rəsədxanasında hazırlanmış DASA proqramlarına görə hesablanmışdır. Kimyəvi tərkibin təyində nisbətən zəif xətlərdən istifadə olunur. Bu xətlərə LTT - dan kənara çıxmanın təsiri nəzərə alınmayacaq dərəcədədir. Ulduz atmosferlərinin kimyəvi tərkibi dedikdə adətən müxtəlif elementlərin atomlarının vahid həcmdəki sayının hidrogen atomlarının sayına nisbəti nəzərdə tutulur. Elementin miqdarı $\varepsilon(X)$ bir qayda olaraq loqarifmik şkalada təyin olunur:

$$\log \varepsilon(X) = \log \frac{N(X)}{N(H)} + 12$$

Burada $N(X)$ - elementin vahid həcmdəki atomlarının tam sayıdır (bütün ionlaşma dərəcələri nəzərə alınır).

4.1 bölməsində mikroturbulent hərəkət sürətlərinin təyininin model üsulu şərh olunur və bu üsul əsasında tədqiq olunan F spektral sinifli HD7927(F0Ia), HD161796(F3Ib), HD164136(F2II), HD216756(F5II) və G spektral sinifli HD206731(G8II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV) ulduzlarının atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürəti FeI, FeII, TiII, CrII xətlərinə görə təyin edilir.

4.2 bölməsində F spektral sinifli ulduzların atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti və elementlərin miqdarı təyin edilmişdir.

4.2.1 bölməsində φ Cas=HD7927 (F0Ia) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=14.5$ km/s (FeII), $\xi_i=16.5$ km/s (TiII). φ Cas ulduzunun atmosferində elementlərin miqdarı təyin olunmuş və Günəş ilə müqayisə edilmişdir. Əksər elementlərin miqdarı Günəşlə müqayisədə bir qədər az alınmışdır.

4.2.2 bölməsində Post-AGB HD161796 (F3Ib) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=6.0$ km/s (FeI), $\xi_i=6.5$ km/s (FeII), $\xi_i=5.5$ km/s (TiII), $\xi_i=6.0$ km/s (VII) və $\xi_i=6.0$ km/s (CrII). HD161796 (F3Ib) ulduzunun atmosferində elementlərin miqdarı hesablanmış və Günəş ilə müqayisə edilmişdir. Post-AGB ulduzlarının statusuna uyğun olaraq dəmirin miqdarı Günəş ilə və I tip məskunlaşmış normal ifratnəhəng ulduzlarla müqayisədə az və həmçinin karbonun və kükürdün dəmirə nəzərən miqdarı I tip məskunlaşmış normal

ifratnəhəng ulduzlara nəzərən çox aşkar edilmişdir. Bu isə onu göstərir ki, HD161796 ulduzu Qalaktika müstəvisində deyil, Qalaktika diskinin qalın hissəsində və yaxud qalasında yaranmışdır.

4.2.3 bölməsində HD164136 (F2II) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=4.5$ km/s (FeI), $\xi_i=6.5$ km/s (FeII) və $\xi_i=7.0$ km/s (TiII). HD164136 ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisəsi göstərir ki, Na, S, Mn, Y, Ce, Pr, Nd, Eu elementlərinin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxındır, digər elementlərin miqdarı isə Günəşlə müqayisədə bir qədər azdır.

4.2.4 bölməsində HD216756 (F5II) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=6.5$ km/s (FeI), $\xi_i=4$ km/s (FeII) və $\xi_i=6.5$ km/s (TiII). HD216756 (F5II) ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisəsi göstərir ki, ulduzun kimyəvi tərkibi əsasən Günəşin kimyəvi tərkibinə yaxındır. Yalnız Ba və Mg elementlərinin bir qədər azlığı, Sc elementinin isə bir qədər artıqlığı müşahidə olunur.

4.3 bölməsində G spektral sinif HD206731(G8II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV) ulduzların atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürəti və atmosferində ağır elementlərin miqdarı hesablanmışdır. Alınan elementlərin miqdarı Günəş ilə müqayisə edilmişdir.

4.3.1 bölməsində Günəş fotosferində mikroturbulent hərəkət sürəti model üsulu ilə hesablanmışdır. Dəmir xətlərinin ekvivalent enləri ORİGİN proqramının köməyi ilə ölçülmüşdür. Günəşin fotosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i = 1.1$ km/san (FeI).

4.3.2 bölməsində HD206731 (G8II) ulduzunun mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=4$ km/s (FeI). HD206731(G8II) ulduzunun atmosferində əksər elementlərin miqdarı Günəş ilə müqayisədə bir qədər az alınmışdır

4.3.3 bölməsində HD203574 (G5III) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=4.2$ km/san (FeI). HD203574(G5III) ulduzunun atmosferində əksər elementlərin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxın alınmışdır. Ca və Cu elementlərinin miqdarı Günəşlə müqayisədə bir qədər az alınmışdır.

4.3.4 bölməsində HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: $\xi_i=3.5$ km/s (FeI), $\xi_i=3.8$ km/s (FeII).HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində əksər elementlərin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxın alınmış, Sc, Ti, Y, Ba elementlərinin miqdarı isə Günəşdə olan miqdarla müqayisədə az alınmışdır.

4.3.5 bölməsində HD217944 (G8IV) ulduzunun atmosferində tək-cüt, cüt-tək keçidlər üçün mikroturbulent hərəkət sürəti təyin olunmuşdur. Belə ki, dəmir atomlarının aşağı səviyyələri tək term olan xətlərə əsasən təyin olunmuş mikroturbulent hərəkət sürəti ($\xi_r=3.5$ km/san), aşağı səviyyələri cüt term olan xətlərə əsasən təyin olunmuş mikroturbulent hərəkət sürətindən ($\xi_r=4.2$ km/san) kiçikdir. Bu isə ona dəlalət edir ki, turbulent hərəkət sürətləri dərinlikdən asılı olaraq azalır.

Yekunda dissertasiyada alınmış nəticələr sadalanır.

Dissertasiyada alınmış əsas nəticələr:

1. Model üsulu və parallaksın tətbiqi üsulu ilə 9 F və G spektral sinif ulduzların effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili, təkamül əyriləri əsasında onların kütlələri, radiusları, işıqlıqları təyin edilmişdir. Aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

HD7927(F0Ia): $T_{eff}=6800\pm 200K$, $\log g=1.2\pm 0.2$, $M=15.85M_{\odot}$, $R=165.96R_{\odot}$;

$L = 5 \cdot 10^4 L_{\odot}$,

HD161796(F3Ib): $T_{eff}=6550\pm 200K$, $\log g=1.2\pm 0.2$,

HD164136(F2II): $T_{eff}=6670\pm 200K$, $\log g=2.45\pm 0.2$, $M=5.62M_{\odot}$,
 $R=23.44R_{\odot}$, $L=10^3L_{\odot}$,

HD216756(F5II): $T_{eff}=6850\pm 200K$, $\log g=4.0\pm 0.2$, $M=1.58M_{\odot}$, $R=2.09R_{\odot}$,
 $L= 8.61L_{\odot}$,

HD203454(F8V): $T_{eff}=5990\pm 200K$, $\log g=4.25\pm 0.2$, $M=1.26M_{\odot}$, $R=1.39R_{\odot}$,

$L=2.26L_{\odot}$,

HD3421(G2II): $T_{eff}=5330\pm 200K$, $\log g=2.25\pm 0.2$, $M=5.62M_{\odot}$, $R=29.51R_{\odot}$,
 $L = 6.61 \cdot 10^2 L_{\odot}$,

HD206731(G8II): $T_{eff}=5010\pm 200K$, $\log g=2.1\pm 0.2$, $M=5.37M_{\odot}$, $R=34.67R_{\odot}$,
 $L=6.9 \cdot 10^2 L_{\odot}$,

HD203574(G5III): $T_{eff}=5100\pm 200K$, $\log g=2.7\pm 0.2$, $M=3.24M_{\odot}$,
 $R=13.34R_{\odot}$, $L=1.1 \cdot 10^2 L_{\odot}$,

HD217944(G5IV): $T_{eff}=5200\pm 200K$, $\log g=3.1\pm 0.2$, $M=2.51M_{\odot}$, $R=7.41R_{\odot}$, $L=37.58L_{\odot}$.

2. Model üsülü ilə tədqiq olunan ulduzların atmosferlərində FeI, FeII, TiII, VII və CrII xətlərinə əsasən mikroturbulent hərəkət sürətləri təyin edilmişdir. Aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

HD7927(F0Ia): $\xi_t(\text{FeII})=14.5$ km/s, $\xi_t(\text{TiII})=16.5$ km/s:

HD161796(F3Ib): $\xi_t(\text{FeI})=6.0$ km/s, $\xi_t(\text{FeII})=6.5$ km/s, $\xi_t(\text{TiII})=5.5$ km/s, $\xi_t(\text{VII})=6.0$ km/s və $\xi_t(\text{CrII})=6.0$ km/s ,

HD164136(F2II): $\xi_t(\text{FeI})=4.5$ km/s, $\xi_t(\text{FeII})=6.5$ km/s, $\xi_t(\text{TiII})=7.0$ km/s, HD216756(F5II): $\xi_t(\text{FeI})=6.5$ km/s, $\xi_t(\text{FeII})=4.0$ km/s, $\xi_t(\text{TiII})=6.5$ km/s,

HD206731(G8II): $\xi_t(\text{FeI})=4.0$ km/s,

HD203574(G5III): $\xi_t(\text{FeI})=4.2$ km/s,

HD217944(G5IV): $\xi_t(\text{FeI})=3.5$ km/s, $\xi_t(\text{FeII})=3.8$ km/s.

3. Təyin olunan bazis parametrləri əsasında ulduzların modelləri seçilmişdir. Bu modellərdən istifadə etməklə ulduzların atmosferlərində elementlərin miqdarları təyin edilmiş və Günəşdə olan miqdarla müqayisə edilmişdir. HD7927 (F0Ia), HD164136 (F2II), HD216756 (F5II), HD206731 (G8II), HD203574 (G5III) və HD217944 (G5IV) ulduzlarının atmosferlərində əksər elementlərin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxın alınmışdır. Bu isə onların I tip məskunlaşmış ulduzlar olduğunu göstərir. HD161796 (F3Ib) ulduzunun kimyəvi tərkibinin tədqiqi göstərir ki, bu ulduzda dəmirin miqdarı Günəş və I tip məskunlaşmış normal ifratnəhəng ulduzlarla müqayisədə az, karbonun və kükürdün dəmirə nisbətən miqdarı isə I tip məskunlaşmış normal ifratnəhəng ulduzlara nəzərən çoxdur, bu isə onu göstərir ki, HD161796 (F3Ib) ulduzu Qalaktika müstəvisində deyil, Qalaktika diskinin qalın hissəsində və yaxud Qaloda yaranmışdır.

4. HD217944(G5IV) ulduzunun atmosferində həyəcanlaşma temperaturunun və mikroturbulent hərəkət sürətinin termlərin cütlüyündən asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, aşağı səviyyələri tək olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturu aşağı səviyyələri cüt olan xətlərə görə təyin olunmuş həyəcanlaşma temperaturundan xeyli böyükdür. Hesab olunur ki, bu effekt aşağı səviyyələri tək term olan xətlərin atmosferin daha dərin qatlarında əmələ gəlməsi ilə bağlıdır.

Dissertasiyanın mövzusu ilə bağlı müəllifin nəşr olunmuş elmi işlərinin siyahısı:

1. Quluzadə C.M., Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R. HD206731 (G8II) ulduzunun bəzi atmosfer parametrlərinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2012, №3, səh.161-166.
2. Səmədov Z.A., Xəlilov Ə.M., Qədirova Ü.R. φ Cas (F0Ia) ulduzunun fundamental parametrlərinin təyini // Azərbaycan Astronomiya Jurnalı, 2013, cild 8, №1, səh.21-28.
3. Quluzadə C.M., Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R. Nəhəng HD206731 (G8II) ulduzunun kimyəvi tərkibinin təyini // Azərbaycan Astronomiya Jurnalı, 2013, №3, səh.13-17.
4. Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R., Əliyeva N.S., HD216756 (F5II) ulduzunun fundamental parametrlərinin təyini // Azərbaycan Astronomiya Jurnalı, 2014, cild 9, №4, səh.9-12.
5. Quluzadə C.M., Səmədov Z.A., Xəlilov Ə.M., Qədirova Ü.R. φ Cas (F0Ia) ulduzunun kimyəvi tərkibinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2014, №2, səh.163-169.
6. Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R. HD203574 ulduzunun atmosferinin tədqiqi: HD203574 (G5III) ulduzunun kimyəvi tərkibinin təyini // Journal of Qafqaz University, 2015, cild 3, №1, səh.29-33
7. Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R., Səmədova N.H. HD203574 ulduzunun atmosferinin tədqiqi: HD203574 (G5III) ulduzunun fundamental parametrlərinin təyini // Journal of Qafqaz University, 2015, cild 3, №2, səh.138-143.
8. Kuli-zade D.M., Samedov Z.A., Gadirova U.R. On atmospheric parameters and chemical composition of Giant HD206731 (G8II) // International Journal of Current Research 2015, v.7, issue 03, pp.13286-13291.
9. Quluzadə C.M., Əliyeva Z.F., Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R. Model üsulu ilə Günəşin kimyəvi tərkibinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2015, №4, səh.181-187.
10. Qədirova Ü.R. HD3421 (G2II), HD203454 (F8V), HD217944 (G8IV) ulduzlarının fundamental parametrlərinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2015, №4, səh.196-202.
11. Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 26 noyabr, 2012, səh.10-11.
12. Akademik B.M. Əsgərovun 80-illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransın materialları, Bakı, 6 dekabr, 2013, səh.10-12.

13. Akademik B.M. Əsgərovun 80-illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransın materialları, Bakı, 6 dekabr, 2013, səh.15-17.

14. Magistrantların və Gənc Tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” VIII Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 17 may, 2013, səh.21-22.

15. H. Əliyevin anadan olmasının 91-ci il dönümünə həsr olunmuş “Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 18-19 Aprel, 2014, səh.70-71.

16. H. Əliyevin anadan olmasının 91-ci il dönümünə həsr olunmuş Magistrantların və Gənc Tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 22 may, 2014, səh.29-30

17. “Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 17-18 Aprel, 2015, səh.28-29.

18. “Gənc Tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 17-18 Aprel, 2015, səh.32-33.

19. “Fizikanın aktual problemləri” Respublika elmi konfransın materialları, Bakı, 17 dekabr 2015, səh.9-12

20. “Gənc Tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi konfransı”, Bakı, 29-30 Aprel, 2016, səh.84-85.

21. Астрономическая школа молодых ученых Украина, Киев, 26-27 май, 2016, p.105-106.

АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА F и G РЕЗЮМЕ

В диссертации на основе спектральных наблюдений полученных в 2-х метровом телескопе ШАО НАН Азербайджана исследуются атмосферы 9 звезд спектрального класса F и G HD7927(F0Ia), HD161796(F3Ib), HD164136(F2II), HD216756(F5II), HD203454 (F8V), HD3421 (G2II), HD206731(G8II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV). Определены фундаментальные и эволюционные параметры, скорости микротурбулентных движений и химический состав этих звезд.

1. Определены и уточнены базисовые параметры (T_{eff} , $\log g$) для модельных вычислений звездных атмосфер более современными методами. На основе этих параметров для избранных программных звезд спектрального класса F и G определены эволюционные параметры- массы, радиусы и светимости. Показано, что звезда HD216756 относится классу светимости IV или V, а не классу светимости II как показано в каталоге.

2. Впервые определены скорости микротурбулентных движений в атмосферах звезд HD164136(F2II), HD216756(F5II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV).

3. Впервые в атмосферах исследуемых звезд определены содержания C, N, Mg, Na, Si, S, Ca, Sc, V, Ti, Cr, Mn, Y, Ba, La, Ce, Pr, Eu и Nd. Показано, что согласно статуса звезд post-AGB в атмосфере звезды HD161796(F3Ib) содержание железа меньше чем в атмосферах Солнца и нормальных сверхновых звезд населения I типа, содержание же углерода и серы относительно железа в атмосфере нормальных сверхновых звезд I населения несколько больше. Это говорит о том, что звезда HD161796(F3Ib) находится не в плоскости Галактики, а в толстом диске Галактики или в Гало.

4. Впервые рассмотрена зависимость температуры возбуждения и скорости микротурбулентных движений от четности спектральных термов. Получена, что температура возбуждения в атмосфере звезды HD217944(G8IV) определяемая по линиям с нижними нечетными термами значительно больше чем токовая определяемая по линиям с

нижними четными термами. Кроме того получено, что скорость микротурбулентных движений определяемых с линиями нечетно-четных переходов несколько меньше, чем токовал определяемая по линиям четно-нечётных переходов. Это, видимо, говорит об уменьшении скоростей микротурбулентных движений с глубиной в атмосфере.

F AND G SPECTRAL CLASS STELLAR ATMOSPHERES

SUMMARY

In the thesis atmospheres of 9 F and G spectral class HD7927(F0Ia), HD161796(F3Ib), HD164136(F2II), HD216756(F5II), HD203454 (F8V), HD3421 (G2II) HD206731(G8II), HD203574(G5III), HD217944(G8IV) stars were studied on the basis of materials of spectral observations on 2-m telescope at the Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi NAS of Azerbaijan.

Fundamental and evolution parameters, microturbulent motion velocities and chemical composition of these stars were determined.

1. The basis parameters (T_{eff} , $\log g$) for model calculations of stellar atmospheres were determined by more modern methods and values of these parameters were defined more precisely. Evolution parameters – masses, radiuses and luminosities of the program stars belong to the F and G spectral classes selected on the basis of these parameters were calculated. It was found that HD216756 star belongs to IV or V luminosity class, but not to II one as shown in stellar catalogues.

2. For the first time microturbulent motion velocity in atmospheres of HD164136(F2II), HD216756(F5II), HD206731(G8II), HD203574 (G5III), HD217944 (G5IV) stars was determined.

3. For the first time in atmospheres of studied stars amount of C, N, Mg, Na, Si, S, Ca, Sc, V, Ti, Cr, Mn, Y, Ba, La, Ce, Pr, Eu, Nd was defined. Investigation of chemical composition of HD161796(F3Ib) star shows that according to the status of post-AGB stars number of iron in this star is less than the Sun and I type located normal supergiant stars, but number of carbon and sulfur relative to iron is more than I type located normal supergiant stars. This shows that HD161796(F3Ib) was formed not on Galaxy plane, but on a thick part of Galaxy disc or Halo.

4. For the first time the dependence of excitation temperature and microturbulent motion velocity of HD217944 (G8IV) star atmosphere on even terms was studied. It was revealed that excitation temperature determined by lines of lower odd terms is higher than excitation temperature determined by lines of lower even terms. We considered that

this effect is related to the formation of lines of lower odd terms in deeper layers of atmosphere.

In addition, it was found that the turbulent velocities determined by odd-even transitions is less than determined by even-odd transitions one. This indicates that the turbulent velocities in the atmosphere of this star reduces depending on the depth of atmosphere.

Kağız formatı 60x84, 1/16
Tiraj 100
AMEA-nın mətbəəsində çap olunmuşdur.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ШАМАХИНСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ**

**НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ТЕЛЕСКОПНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ**

им. Н. ТУСИ

На правах рукописи

УЛКЕР РАФИГ ГЫЗЫ ГАДИРОВА

АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА F и G

Специальность: 2108.01 – Астрофизика, звездная астрономия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по астрономии**

Баку – 2016