

III FİZİKA, RİYAZİYYAT VƏ ASTRONOMİYANIN AKTUAL PROBLEMLƏRİ

MÖVZUSUNDA RESPUBLİKA ELMİ
KONFRANSININ MATERİALLARI

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
NAXÇIVAN DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

*III FİZİKA, RİYAZİYYAT VƏ
ASTRONOMİYANIN AKTUAL
PROBLEMLƏRİ*

MÖVZUSUNDA RESPUBLİKA ELMİ
KONFRANSININ MATERİALLARI

Naxçıvan-2023

*Naxçıvan Dövlət Universitetinin
Elmi Şurasının 30 oktyabr 2023-cü il tarixli
3 sayılı qərarı ilə nəşr edilib*

KONFRANSIN TƏŞKİLAT KOMİTƏSİ

Elbrus İsayev *Naxçıvan Dövlət Universitetinin rektoru, tarix üzrə fəlsəfə doktoru, dosent –
sədr*

Üzvlər:

Məftun İsmayılov	<i>riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Qulu Həziyev	<i>fizika-riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Xanəli Həsənov	<i>fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Nailə Qardaşbəyova	<i>fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Aygün Sultanova	<i>fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Billurə Hacıyeva	<i>fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Nuridə Əkbərova	<i>fizika üzrə fəlsəfə doktoru</i>
Orxan Cəfərov	<i>pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Abdulla Həsənov	<i>riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Rövşən Həsənov	<i>riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>
Əbülfəz Məmmədov	<i>riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent</i>

BURAXILIŞA MƏSUL: **Əli HƏŞİMOV**
*Naxçıvan Dövlət Universiteti nəşriyyatının
direktoru, filologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent*

*Naxçıvan Dövlət Universiteti. “ III Fizika, riyaziyyat və
astronomiyanın aktual problemləri” mövzusunda
Respublika elmi konfransının materialları,
Naxçıvan, Naxçıvan Dövlət Universitetinin nəşriyyatı, 2023, 209 s.*

I BÖLMƏ

BİLLURƏ HACIYEVA
billurehaciyeva76@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

MƏKTƏB FİZİKA KURSUNUN MÜASİR METODLARI

Şagirdlərin əldə etdikləri biliklərin praktik məqsədlə tətbiqinə hazırlaşdırılması prosesində məktəb fizika kursunun öyrənilməsinin çox mühüm rolu vardır. Fiziki metodların universallığı ümum elmi metodologiya səviyyəsində nəzəri materialın praktika ilə əlaqəsini əks etdirməyə imkan verir. Bu da həyat fəaliyyətində qarşıya çıxan məsələlərin həlli bacarığının şagirdlərdə formalaşdırılmasında fizikanın əhəmiyyətini müəyyənləşdirir. Müasir tədqiqatlar göstərir ki, şagirdlərdə həyat bacarıqlarının formalaşdırılması probleminin həlli üçün yeni yanaşmalar lazımdır. Ümumtəhsil məktəblərində fizika təhsili sisteminin təhlili göstərir ki, şagirdlər fizika haqqında bilikləri ibtidai siniflərdə “Həyat bilgisi” və “Texnologiya” kimi integrativ kurslardan, əsas məktəblərdə isə bu fənlərlə yanaşı əsas fizika kursu, kimya, biologiya, coğrafiya və əlavə fakültativ kurslardan alırlar. Beləliklə, fizika təhsili sistemi 3 mərhələdə, ibtidai, əsas və tam orta təhsil pilləsində formalaşdırılır.

Hal-hazırda informasiya texnologiyaların orta məktəbdə fizika dərslərini keçən zaman effektiv tətbiqi tədris prosesinin optimallaşması ilə sıx bağlıdır. Kompüter texnologiyalarını tətbiq etməklə qurulan yeni informasiya texnologiyalarının mənimsənilməsi və onun bütün imkanlarından istifadə etməklə ölkənin təhsil sistemini səmərəli təşkil etmək və beynəlxalq informasiya şəbəkəsi vasitəsilə dünya ölkələrinin təhsil müəssisələri ilə mütəşəkkil əlaqələrin yaradılması prosesi gedir.

Fizika elminə dair informasiyalar hər gün, hər an artmaqdadır. Yeni informasiyaların meydana çıxması və onların operativ şəkildə cəmiyyətə çatdırılması interneti kitabdan fərqləndirir, onun effektivliyini daha da artırır. Fizikanın tədrisi prosesində internetdən istifadənin 3 istiqamətini qeyd etmək lazımdır:

Fizikanın tədrisində ən əsas məsələ canlı müşahidələrin həcmünün genişləndirilməsi və dərinləşdirilməsidir. Bunun üçün fiziki təcrübə və nümayişləri şagird və tələbələrə istər təbii, istərsə də süni şəraitdə (məktəblərdə, sinif otağında, təbiətdə) göstərmək lazımdır. Nəzərə alsaq ki, biz informasiya əsrində yaşayırıq, məhz məktəblərin fəaliyyətini tədris prosesinə kompüter texnologiyalarının tətbiqi olmadan təsəvvür edə bilmərik. Hal-hazırkı vaxtda məktəblərin kompüterləşməsinin müxtəlif təlim formaları vardır. Onlara misal olaraq fakültativ dərnək və s. götürmək olar [2, 4].

Fizika dərslində mövzunu maksimal dərəcədə yüksək səviyyədə izah etmək üçün plakatlardan, lövhədəki şəkillərdən, kitablardakı illüstrasiyalardan istifadə etmək olar. Məsələn, metallarda elektrik cərəyanının təbiətini izah etmək üçün bu mövzuya aid kinofilm göstərmək olar. Belə olduqda, yeni informasiya texnologiyalarına aid olan təlim vasitələrindən istifadə etmək qalır: videofilmlər və kompüter modeli. Son zamanlar tədris videofilmlərinin istehsalı geniş vüsət alıb. Onlar yüksək dərəcəli əyaniliyə malikdirlər və fizikanın tədrisi sferasında layiqli yer tutublar.

Məktəbəqədər müəssisələrdən tutmuş təhsilin müxtəlif pillələrində, informatika ilə yanaşı müxtəlif fənlərin tədrisi zamanı da müxtəlif variantlardan istifadə olunur. Fizikanın tədrisi prosesində kompüterlərdən istifadə köhnə ənənəvi təlim metodikasını tamamilə dəyişdirir. Çünki, müasir dövrdə fizikanın tədrisinin kompüterləşdirilməsi prosesi təlimin interaktiv forması üzərində qurulması çox vacibdir. Fizikanın ənənəvi tədris sisteminin əsas vacib komponenti fiziki hadisə və proseslərin modelləşdirilməsi hesab olunur və bu vacib komponentə, interaktiv kompüter sistemi şəraitində çox böyük imkanlar açıılır [3, 4].

Kompüter modellərinin interaktiv xüsusiyyətləri idarəetmə dərəcəsindən asılı olaraq zamanın gedişatını dəyişməyə imkan verir, eyni zamanda hadisələrin bütövlükdə deyil, həm də baş verən

prosesin ayrı-ayrı mərhələlərini qrafik illüstrasiya etməyə imkan verir. Müasir fizika dərslərində kompüterdən istifadənin perspektivliyi və pedaqoji məqsədyönlüliyünün müəyyən aspektləri vardır.

Onlara aşağıdakıları misal göstərmək olar:

1. Fiziki kəmiyyətlərin qiymətlərinin birbaşa ölçülməsi real ölçü cihazlarının bir hissəsi kimi;
2. Natural fiziki eksperimentin nəticələrinin emalı, saxlanması və vizuallaşdırılması.

Fizikanın tədrisi zamanı istifadə edilən İKT vasitələrinə inteqrallaşdırılmış riyazi proqram paketlərini, qrafiklərin qurulmasını, riyazi vasitələrlə fiziki proseslərin modelləşdirilməsinə gətirib çıxarır. Fizika dərslərində həmçinin, elektron cədvəllərdən də istifadə olunur və elektron cədvəllərdən istifadə metodik cəhətdən çox böyük əhəmiyyət daşıyır (məs: Microsoft Excel). Onların köməyi ilə

- fiziki proseslərin riyazi modelləşdirilməsi;
- ədədi verilənlərin emalı;
- qrafik və diaqramların qurulması kimi fəaliyyət növləri həyata keçirilir.

Fizikanın tədrisi prosesində İnformasiya Kommunikasiya Texnologiyaları vasitələrindən istifadənin müasir vəziyyətinin analizi aşağıdakı bir çox nəticələri çıxarmağa imkan verir:

1. Fizika kursunda obyektlərin xüsusiyyətlərinin tədqiqi, qarşılıqlı münasibətləri qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi prosesində İnformasiya Kommunikasiya Texnologiyaları vasitələrinin ən əhəmiyyətli istifadə olunması istiqamətləri aşağıdakılardır: a) biliklərin təqdim olunması zamanı yeni formalardan istifadə edilməsi; b) kompüter modelləşdirməsi; c) tədris nümayiş avadanlıqlarından düzgün şəkildə istifadə olunması; d) eksperimentin nəticələrinin vizuallaşdırılması; e) birgə telekommunikasiya layihələrinin təşkili.

2. Fizikanın öyrənilməsi prosesində İnformasiya Kommunikasiya Texnologiyalarının proqram və texniki vasitələrindən istifadə olunması və onların əsasında yaradılmış şəbəkə tədris resursları aşağıdakı bir sıra metodiki aspektləri reallaşdırır və ya reallaşdırmağa kömək edir. Onlara aşağıdakıları misal göstərə bilərik:

- a) müxtəlif tipli məsələlərin həlli imkanlarının təmin olunması;
- b) fiziki hadisələrin öyrənilməsi zamanı riyazi ifadələrdən istifadə etmək bacarıqlarının formalaşdırılması və inkişaf etdirilməsi;
- c) informasiya texnologiya vasitələri ilə öyrənilən obyekt və proseslərin qrafik təsvirlərinin işlənilməsi və hazırlanması;
- d) fiziki eksperimenti həyata keçirmək və onun nəticələrini təhlil etmək bacarıqlarının formalaşdırılması.

3. Fizikanın tədrisi prosesində İnformasiya Kommunikasiya Texnologiyaları vasitələrinin istifadəsi aşağıdakı didaktik prinsiplərin həyata keçirilməsinə imkan (şərait) yaradır:

- a) fərdi və differensiallaşdırılmış yanaşmalar;
- b) əyanilik;
- c) interaktivlik;
- d) əks əlaqə.

Müasir dövrdə internetdə təhsil, o cümlədən fizika ilə bağlı olan məsələlər də öz yerini tapmaqdadır. Təhsilin informatlaşması son 15 ildə təhsil praktikasına yönəlmiş iri həcmli əhatəli innovasiyadır.

Bildiyimiz kimi, kompüter texnologiyaları tədris prosesinin təşkili üçün bir çox yeni imkanlar verir. Ona görə də təkə elektron dərsləklərlə kifayətlənməmək lazımdır. Məsələn, kompüterdən istifadə edərək, ən sadə halda, POWER POINT və ya digər qrafik proqramlardan istifadə edərək, müxtəlif fiziki hadisələrin üçölçülü modellərini qura və müxtəlif animasiyalar yarada bilərsiniz. Belə materiallar şagirdlərin öyrənilən mövzuları mənimsəməsinə və bu mövzuda düzgün düşünməsinə böyük köməklik göstərir. Eyni zamanda, razılaşaq ki, ənənəvi dərstdən fərqli olaraq, interaktiv üsul və kompüter texnologiyası ilə keçirilən dərslər şagirdlər üçün daha maraqlı olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının Təhsil Qanunu. “Azərbaycan müəllimi” qəz., Bakı: 2009, 11 sentyabr
2. Əlizadə Ş.H., Rəştiyev F.M. Azərbaycanda fizikanın tədrisi metodikasının inkişafı. Bakı: ADPU, 2006, 94 s.
3. Əzizov T.X., Xalıqov A.S. Fizikanın tədrisində fəal və interaktiv təlim metodlarının tətbiqi (VII sinif üçün metodik vəsait). Bakı: Azərnəşr, 2007, 224 s.
4. Abdurazaqov R.R., Fizika. Elektron tədris vəsaitindən istifadə qaydaları üzrə metodik vəsait, II hissə. Bakı: 2007, 64 s.
5. Əlizadə Ə.Ə., Sultanova H.İ. Taksonomiya nəzəriyyəsi və təcrübəsi: Müasir məktəbin işıqlı yolu. Bakı: Işıq, 2008, 172 s.

ŞƏMSƏDDİN KAZIMOV
semseddin.k1948@gmail.com
SEVİNÇ NOVRUZOVA
ŞİRZAD BABAYEV
Naxçıvan Dövlət Universiteti

GÜNƏŞ ENERJİSİNİN TERMOEMİSSİYA ÜSULU İLƏ ELEKTRİK ENERJİSİNƏ ÇEVRİLMƏSİ

Bu məqalədə Günəş şüalarının toplanması və onun enerjisinin istilik və elektrik enerjisinə çevrilməsi prosesində radiasiyanın təsir mexanizminin tədqiqi əsas problem kimi qarşıya qoyulur. Bu baxımdan müasir dövrdə müxtəlif yollarla katoddan xaricə verilən enerjinin növündən asılı olaraq günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi üsullarından bəhs olunur. Həmçinin üç üsuldən biri olan termoemissiya üsulu ilə enerji çevirən günəş qurğularının hazırlandığı materialın çıxış işinin kiçik olmasından, işığın təsirindən və bir sıra başqa elementlərdən asılı olması haqqında danışılır.

Açar sözlər: katod, termoemissiya, elektron cihazlar, elektrik enerjisi, çıxış işi, günəş qurğusu

Müxtəlif üsullarla katodlardan xaricə verilən enerjinin növündən asılı olaraq günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi müasir dövrdə əsas problemlərdəndir. Bu problemin həlli aşağıda göstərilən üç üsulla aparılır.

- 1) Termoemissiya
- 2) Termoelektrik
- 3) Fotoelektrik

Termoemissiya üsulu: Məlumdur ki, sonradan katod adlandırılan elektrodu lazımi temperatura qədər qızdırdıqda onun tərkibindəki elektronların enerjiləri artır və bu miqdar enerji onların elektrodun kənarına çıxmasına və onun səthini tərk etməsinə kifayət edir. Bu elektronları yaxınlıqda yerləşən digər elektrod-anod üzərində toplamaq olar. Bu ancaq o vaxt mümkündür ki, elektrodun xarici dövrə vasitəsilə bir-biri ilə keçirici naqıl ilə birləşdirilsin. Bu zaman həmin naqıldan elektrik cərəyanı axmağa başlayacaq. Elektronun qızmış elektrodu tərk etməsi termoemissiya prosesi, cərəyanın alınması qurğusu isə termo-generator adlanır. Əvvəla katod yüksək temperatura qədər qızdığı vaxt ondan istilik şüalanması şəklində itkilər baş verir. Bu istilik şüalanması anoda düşərək onu da qızdırır və anod özündən elektron buraxmağa başlayır. Anoddan çıxan bu elektronların bir hissəsi belə katodun üzərinə düşərsə, onda dövrdə alınan cərəyanın qiyməti azala bilər, ona görə də anod soyudulmalı və buna da enerji sərf edilməlidir. Termoemissiya prosesində yaranan elektrik cərəyanının sıxlığı, A/m^2 , Riçardson ifadəsilə hesablanır:

$$i = A \cdot T^2 \cdot \exp\left(-\frac{\phi}{kT}\right)$$

burada A-sabit əmsal, ($A \approx 1,2 \text{ A/m}^2\text{K}^2$); T-mütləq temperatur, K; ϕ -elektronun çıxış işi (metallar üçün $\phi \approx (2 \div 5) \text{ eV}$); k-Bolsman sabitidir, qiyməti $1/11600 \text{ eV} \cdot \text{k}^{-1}$ bərabər qəbul edilir. İfadədən görüldüyü kimi, termoemissiya prosesində yaranan cərəyanın sıxlığı temperaturdan asılıdır.

Təcrübələr göstərir ki, materialın çıxış işi nə qədər kiçik olarsa, onun elektron emissiyası bir o qədər güclü olur. Müasir dövrdə istifadə olunan materialların çıxış işi 1,8 eV-dan 4,5 eV arasında dəyişir.

Termoemissiya üsuluna görə enerjinin alınmasının da aşağıdakı yolları vardır:

● **Termoelektron emissiyası;**

Emissiya cərəyanı sıxlığının çıxış işindən və katodun temperaturundan asılılığı Ricardson-Deşman düsturu ilə istifadə edilir.

$$A = (emk_0^2 / 2\pi^2 \hbar^3) = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ A/(M}^2 \cdot \text{K}^2)$$

Səthi, çıxış işi kiçik olan maddələrlə suvanmış katodların termoelektron emissiya cərəyanının sıxlığı böyük olur. Bu cür katodlara aktivləşdirilmiş katod deyilir. Katoddan sərbəst elektronların çıxması üçün onları yüksək temperatura qədər qızdırmaq lazım gəlir, buna görə də onlar ərimə

temperaturu yüksək olan volfrordan və tantaldan hazırlanır. Konstruksiyalarına görə katodlar bilavasitə və dolayı közərdilən olur.

Bilavasitə közərdilən xüsusi dayaqalarda bərkidilmiş spiral naqıl şəklində hazırlanır və ondan cərəyan buraxmaqla közərdilir. Bilavasitə közərdilən katodlara dəyişən cərəyan tətbiq edildikdə emissiya cərəyanının sıxlığında döyünmələr alınır.

Dolayı közərdilən katodlarda bu çatışmayan cəhət olmadığından müasir elektron lampalarında katod oksid təbəqəsi ilə örtülən nazik divarlı silindr şəklində nikeldən hazırlanır. Silindrin daxilində qızdırıcı volfram teli yerləşdirilir. Qızdırıcının verdiyi istilik katodun hər tərəfini eyni qayda ilə müntəzəm qızdıraraq onun aktiv təbəqəsinə ötürülür.

● **Fotoelektron emissiyası;**

Xarici mənbənin işıq-şüa enerjisinin təsiri ilə katoddan elektronların çıxması hadisəsinə fotoelektron hadisəsi deyilir. Bu halda metal və yarımkeçiriciləri şüalandırdıqda elektronlara verilən fotonlar onların çıxış işinə bərabər və ondan çox olur. Bu hal çıxış işi nisbətən kiçik olan kalium, serium, rubidium, metallarının üzərinin işıqlanması nəticəsində yaranır. Fotoelektron emissiyasında fotokatoddan yaranan və fotocərəyanı təmsil edən elektronların sayı fotokatodun səthinə düşən işıq selindən asılıdır. Fotoelektron emissiyası elektronika sənayesində geniş tətbiq edilən fotoelementlərin iş prinsipinin əsasını təşkil edir.

● **Avtoelektron emissiyası;**

Katodun ətrafında güclü elektrik sahəsi yaratdıqda sərbəst elektronların onun səthinə tərək etməsi hadisəsi avtoelektron emissiyası adlandırılır. Bu emissiyanın mahiyyəti xarici elektrik sahəsinin təsiri altında metalın səthindən elektronların çıxmasına əsaslanır.

● **Soyuq elektron emissiyası;**

Sahə intensivliyinin təxminən 108 V/m^2 qiymətində mənfi elektrodun səthindən elektronların çıxma hadisəsidir.

● **İkinci elektron emissiyası;**

Metalın səthinin ionlarla bombardman edilməsindən ikinci elektron emissiyası (dübarə) elektron emissiyası yaranır.

ƏDƏBİYYAT

1. A.M.Paşayev. Yarımkeçiricilər. Bakı: 1970
2. H.B.Abdullayev, Z.Ə.İsgəndərzadə. Yarımkeçirici çeviricilər. “Elm”. Bakı: 1974
3. V.Qerlax. Tristorı. Moskva: 1985
4. В.М.Андреев, В.А.Гриликес, В.Д.Румянцев Фото-Электрическое Преобразование Солнечного Излучения с.188

SUMMARY

**Shamsaddin Kazimov, Sevinc Novruzova,
Shirzad Babayev**

BY THERMOEMISSION METHOD OF SOLAR ENERGY CONVERSION TO ELECTRICAL ENERGY

In this article, the study of the radiation effect mechanism in the process of collecting solar rays and converting its energy into heat and electricity is presented as the main problem. From this point of view, in the modern era, methods of converting solar energy into electrical energy are discussed in different ways, depending on the type of energy supplied from the cathode. It is also discussed that the material of which the solar devices that convert energy using the thermoemission method, which is one of the three methods, is made, does not depend on the small output work, the effect of light and a number of other elements.

Key words: *cathode, thermoemission, electronic devices, electricity, output work, solar device*

РЕЗЮМЕ

**Шамсаддин Кязимов, Севинч Новрузова,
Ширзад Бабаев**

**МЕТОДОМ ТЕРМОЭМИССИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИИ**

В данной статье в качестве основной проблемы представлено изучение механизма радиационного воздействия в процессе сбора солнечных лучей и преобразования его энергии в тепловую и электрическую. С этой точки зрения в современную эпоху способы преобразования солнечной энергии в электрическую обсуждаются по-разному, в зависимости от вида энергии, поступающей от катода. Также обсуждается, что материал, из которого изготовлены солнечные устройства, преобразующие энергию термоэмиссионным методом, который является одним из трех методов, не зависит от малой выходной работы, воздействия света и ряда других элементов.

Ключевые слова: *катод, термоэмиссия, электронные устройства, электричество, выходная работа, солнечное устройство*

K.SH. GAHRAMANOV¹
S.SH. GAHRAMANOV¹, N.A. ABDULLAYEV^{1,2}
Y.A. ABDULLAYEV¹, Z.I. BADALOVA¹
H.V. ORUJOVA¹, A.A. BADALOV¹

¹*Institute of Physics after name G.M. Abdullayev of ANAS*

²*Baku State University*

samir.gahramanov@gmail.com

CONDUCTIVITY NANOCANNELS IN $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Ni}\rangle$ AND $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Zn}\rangle$

The formation of nanowires on the (0001) surface of Bi_2Te_3 crystals with impurities of easily diffusing Ni and Zn atoms has been studied. It is shown that the migration of atoms, the movement and coagulation of clusters form structures with nanoislands, on the basis of which nanowires are self-organized. Nanostructures in the form of islands, nanowires in the interlayer space are one of the reasons for the increase in the thermoelectric figure of merit in materials of the $\text{A}_2\text{V}\text{B}_3\text{VI}$ type.

Key words: *layered crystal, nanoislands, nanowires, thermoelectric figure of merit*

Introduction. Layered crystals of the $\text{A}_2\text{V}\text{B}_3\text{VI}$ type are known as materials widely used in thermoelectricity. The topologically protected states discovered in them turned them into an intensively studied object, separated into a new type of condensed state of matter - a topological insulator. The prospect of increasing the thermoelectric figure of merit of these materials becomes more accessible when the technology uses the effects of self-organization of nanostructures, which play a special role in obtaining low-dimensional systems in them, such as nanosized islands and wires, moreover, wires and ridges of bands on the surface can be used as one-dimensional charge transfer channels with reduced dissipation. The presence of folds and stripes, miniature "ridges" on the surface of the Bi_2Te_3 topological insulator effectively modulates the Dirac electrons [1] so that they follow a path exactly corresponding to the topography of the crystal surface.

A certain type of impurities, without radically affecting the chemical and electronic structure of the layers, are ejected into the interlayer space and defective cavities, where they form nanostructures of various dimensions and shapes, they line up in a plane, wires or islands that can be used to control the interlayer distance. Charge transfer along *1D* wires, *2D* planes, and tunneling through nanoislands has the properties of a Luttinger liquid [2, 3], as well as the edge states of the quantum spin Hall effect induced by two-dimensional electronic states formed when the layers move apart, while transport in the bulk of the layers has the character of a Fermi liquid. We have previously reported [4–7] on the formation of such interlayer nanostructures and their effect on kinetic parameters as two-dimensional impurity layers forming superlattices and one-dimensional charge flow channels.

Methods and Experiment. The processes of formation of interlayer nanowires were studied by lining up clusters on the (0001) surface of a layered Bi_2Te_3 crystal doped with Ni and Zn.

AFM images were obtained on a Solver Next brand scanning probe microscope. X-ray diffraction studies of the (0001) surface were carried out on a Philips Panalytical X'Pert Pro XRD diffractometer.

The AFM images show an array of nanoislands arranged into one-dimensional structures. Diffusion processes lead to the approach of individual small nanoparticles and the formation of contacts between them, in the (0001) Bi_2Te_3 plane, where ordered nanoislands similar to quantum dots are formed.

Nickel and zinc have a small ionic radius; therefore, these atoms easily diffuse into the interlayer space and defective cavities of bismuth and antimony chalcogenides. Figures 1 and 2 show photographs taken with a scanning probe microscope:

- a) an array of individual nanoislands on a 2D scale;
- b) nanoislands forming nanowires;

- c) profilogram showing the height and width of the nanowires;
- d) X-ray diffraction pattern of a freshly cleaved Bi₂Te₃ <Ni> surface.

Figure 1 (d) shows that in the $Te^{(1)}-Te^{(1)} Bi_2Te_3$ <Ni> medium, in addition to Ni, nanoislands $NiTe_2$, $NiTe$ are formed. Migration and interaction of clusters with each other leads to the formation of filaments in the framework of a process that has a “bottom-up” direction. The main reason for the formation of stressed islands on the surface is the relaxation of elastic stresses at the edges of the layers and the interaction of the islands through the stresses they create in the crystal. The shape of islands can change significantly during overgrowth or post-growth annealing. Figure 1a shows the final result of the dynamics of the formation of large islands from small and linear formations formed from them, which can be called nanowires. The dynamics of the formation of nanofragments is such that nanoislands similar to QDs initially appear, and later, in the course of evolution, the islands can merge, forming bridges with the preservation of their shapes and heights. As a result of the developed technology, an ordered array of nanoislands was formed in the process of self-organization on the (0001) plane. Particle aggregation leads to a decrease in the distribution density and the appearance of large nanoobjects. Electron microscopic images showed that nanoobjects are formed from nanoislands in the process of diffusion at temperatures of 500-600K. Penetrating mainly into the interlayer space, impurities create three-dimensional periodic structures consisting of arrays of points between the layers of quintets, which, as a result, move apart. The enhancement of anisotropy during the self-organization of nanoislands leads to an increase in the role of “bending” vibrations in the thermal properties of the crystal. The role of this specific branch of acoustic oscillations and its behavior in layered crystals according to the Lifshitz theory [8] was reported in [9]. The “bending” branch corresponds to oscillations propagating in the plane of the layers with atomic displacements in the direction perpendicular to the layers and makes the main contribution to heat transfer, with a temperature dependence that has three different characters and the greater the anisotropy of the crystal, the more significant its role in the “membrane” effect (increase in frequencies “bending” vibrations during stretching of the layers), leading to negative thermal expansion in the plane of the layers. The anomalies of the kinetic parameters observed by us occurred in the region of a linear temperature increase in the heat capacity, where the contribution of the “bending” branch dominates [9]. Scattering of this phonon branch at the base of the islands, which are chemically bound to quintets, leads to thermalization of the QD levels followed by tunneling. This region, where the heat capacity is $C \sim T^2$, and the temperature increase in the thermal conductivity $\chi \sim T^{2+x}$ (where x can be determined by tunneling processes, i.e., the size and density of the islands), is marked as a region of thermal anomaly. Note that the decrease in the lattice thermal conductivity of quintet layers in this region can be somewhat compensated by an increase in the thermal conductivity of the Luttinger liquid of the tunneling current in the nanowires. The thermoelectric efficiency of these samples is higher than that of undoped ones, apparently due to a decrease in the total thermal conductivity of the “quintet layers- nanowires” composite by an increase in the role of phonon scattering of layers at the boundaries of nanowires. These processes are dominated by phonons corresponding to bending vibrations, which have a quadratic dispersion form. Aggregated structures connected to each other by a chain of clusters provide charge tunneling along conducting channels, with the main contribution being made by several highly conductive channels. Since the radius of charge localization on nanoislands is smaller than the distance between localized states in these structures, charge transfer occurs via tunnel hops. Differences in size and another type of inhomogeneity lead to a scatter of energy levels corresponding to different localized states, so the transitions of charge carriers between localization centers are accompanied by absorption or emission of phonons. Since the distance between the centers does not allow the transfer of phonons, the phonon component of the thermal conductivity decreases accordingly. In addition, the mechanism of broadening the interlayer space is triggered, which hinders the transfer of vibrational energy between layers - phonon confinement, which also leads to a decrease in phonon thermal conductivity.

Clusters forming nanowires broaden the van der Waals space without destroying the topologically protected states [9] and shift them into the inner quintet [10]. At the temperatures of

existence of non-dissipative transport over topologically protected states, the probability of an increase in thermoelectric power increases [11]. The choice of the temperature regime for annealing the doped crystals made it possible to obtain interlayer nanostructures of the required dimension and height. It was found that the migration and diffusion aggregation of atoms leads to coagulation of a one-dimensional series of clusters, while the relaxation of elastic stresses on defect centers and the interaction of clusters lead to the formation of nanowires. This is also evidenced by AFM images in $Bi_2Te_3 <Zn>$ (see Fig. 2-4).

Fig. 2a shows a 2D AFM image of the $(0001) Bi_2Te_3 <Zn>$ surface, small nanoparticles are indicated by white arrows, and Fig. 2b shows a profilogram (along the line shown in Fig. 2a). It can be seen from this profilogram that the interlayer contacts are located approximately at distances of 10–15 nm from each other. Figure 3(a, b) shows a 2D-scale AFM image with a profilogram across the section (Fig. 3a), nanoobjects are marked with white circles in Fig. 3a. The profilogram given in Fig. 2b shows that the length of the nanowires is nonuniform in the transverse direction; point contacts with sizes of the order of ~ 15–20 nm are also formed between them. A fragment of these nanowires is shown in Figures. 4a, b (they are marked with black arrows in Fig. 4a), it can be seen from the profilogram that point contacts are formed at distances of ~20–30 nm.

Three mechanisms can be named that contribute to an increase in the thermoelectric figure of merit when using nanostructures [13-17] (a) additional scattering of phonons at the boundaries of nanograins; (b) electron tunneling between nanostructural elements; (c) energy filtering of carriers due to the presence of potential barriers between nanograins. The paper [13] discusses these mechanisms of increasing the quality factor. The focus is on the effect of nanograin sizes on the value of kinetic coefficients in solid solutions based on $p-Bi_xSb_{2-x}Te_3$ ($x=0.3\div 0.4$) obtained by mechanical activation treatment followed by hot pressing.

Electron tunneling. To study the influence of tunneling of current carriers on the thermoelectric figure of merit in bulk nanostructured samples, the shape of crystalline nanograins was modeled as a pair of truncated cones with a common base, and these grains were separated by tunneling barriers [18]. When calculating the heat flux through the tunnel gap, the mismatch between the electron and phonon temperatures was taken into account. The tunneling probability for the case of bismuth telluride was calculated exactly. The thermopower, electrical conductivity, and Lorentz number for the tunnel barrier were calculated [18]. Then, the heat flux and effective kinetic coefficients in nanograins were calculated. To study the temperature distribution of electrons and phonons, we used the electron and phonon energy balance equations and also the continuity equation for the electric current.

Additional phonon scattering. When calculating the lattice thermal conductivity in the Debye model [19], we took into account phonon–phonon scattering, phonon scattering by impurities and isotopes, and also at nanograin boundaries. Calculations have shown that the scattering of phonons at the boundaries of nanograins with sizes of ~(10-20) nm in bulk nanostructures based on the Bi_2Te_3 solid solution can reduce the lattice thermal conductivity by (20-30)% compared to the initial material.

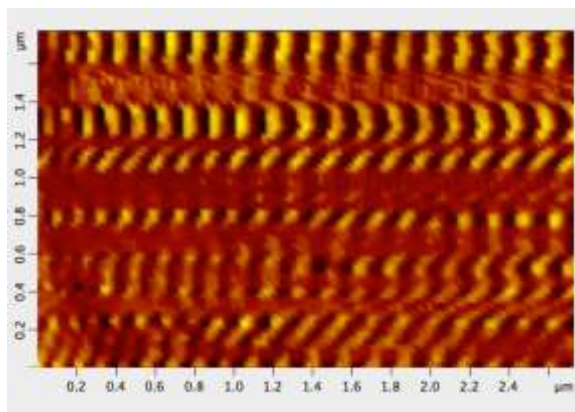
Energy filtering of charge carriers. The presence of potential barriers between different elements of the nanostructure can lead to a strong energy dependence of the mean free path of carriers near the chemical potential level. Then, energy filtering can occur [13, 20, 21], i.e., carriers with energies above the Fermi energy will overcome the boundary between nanograins, practically without scattering.

The table compares the various mechanisms for increasing the quality factor (Z).

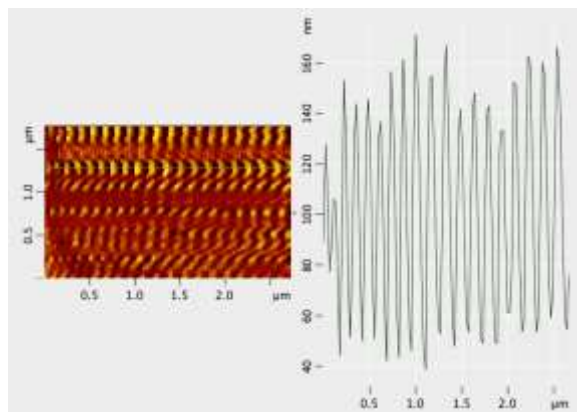
Z increase mechanism	Implementation conditions	Possible Z increase
Additional phonon scattering	$L < (10-20)$ nm	(15-25)%
Tunneling of charge carriers	$L < (10-20)$ nm vacuum gap between nano grains $\sim (1-2)$ nm	ZT up to 3,0 -3,5
Energy filtering of charge carriers	$L < (20-30)$ nm The decrease in the electrical and thermal conductivity of the lattice is compensated	(20-40)%

It can be seen from the table that for the implementation of all three mechanisms for increasing the quality factor, small sizes of nanograins $\sim (10-20)$ nm are required. Technologically, it is quite difficult to create such a nanostructure; the reason is the increase in the size of the initial nanoparticles due to recrystallization. Thanks to this process, grain sizes exceed 100 nm. Some reduction in grain size (2–3 times) can be achieved in nanocomposites when nano inclusions with a layered structure are added to the initial matrix [17], but the grain size still cannot reach the required value $L < (10-20)$ nm. The creation of a vacuum gap of $\sim (1-2)$ nm between grains for the implementation of the tunneling mechanism of increasing the quality factor and the corresponding elimination of phonon thermal conductivity is unlikely to be achieved by mechanical activation treatment followed by hot pressing. In addition, the study by electron microscopy did not reveal any gaps between nanograins, neither vacuum nor oxide [15-17, 19]. However, the quantum point contacts we discovered (see Fig. 2-4) eliminate these problems; conditions arise for the realization of additional scattering of phonons at $L < 20$ nm.

Conclusion. The implementation of all the mechanisms listed in the table for increasing the quality factor in a nanothermoelectric based on a Bi_2Te_3 solid solution could lead to an increase in ZT to 3.5 at room temperature. If vacuum gaps between grains $\sim (1-2)$ nm cannot be created, but if a bulk nanostructure with grain sizes $\sim (10-20)$ nm is created, we can expect an increase in ZT to 1.5. We have so far implemented the conditions under which ZT reaches 1.1.



a)



b)

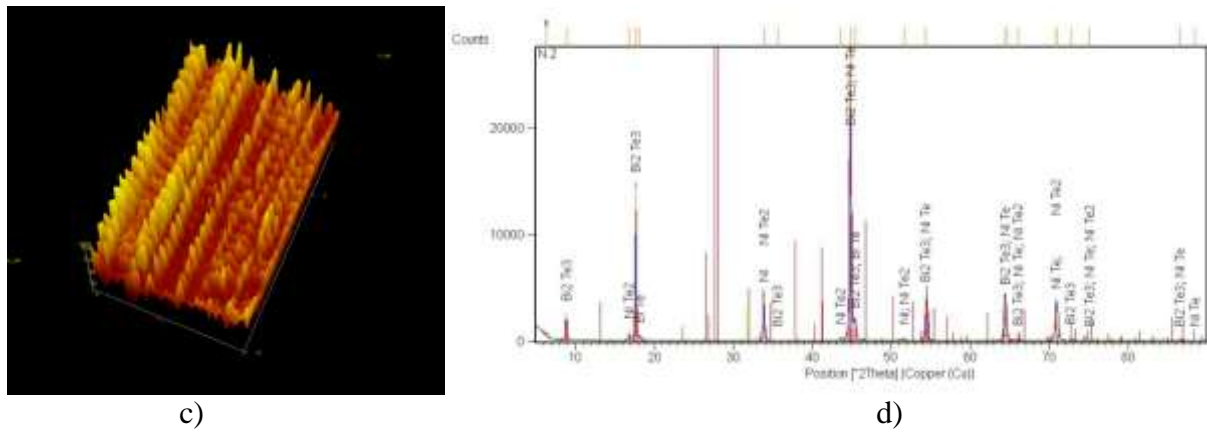


Figure 1. a) 2D AFM image of $Bi_2Te_3<Ni>$; b) cross section profilograms; c) 3D AFM image (nanoislands and nanowires); d) $Bi_2Te_3<Ni>$ X-Ray diffraction pattern

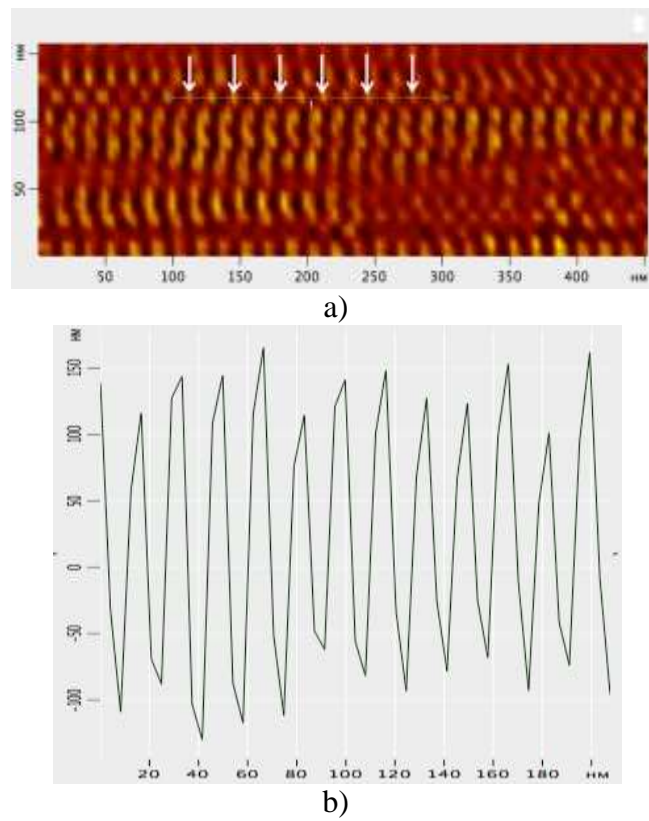
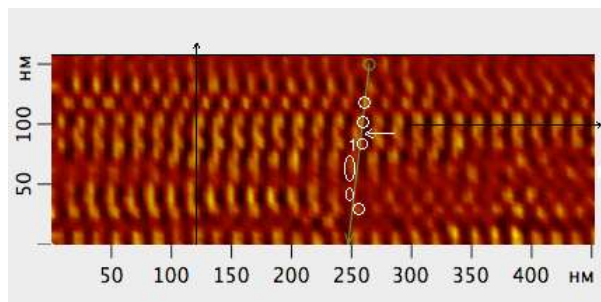
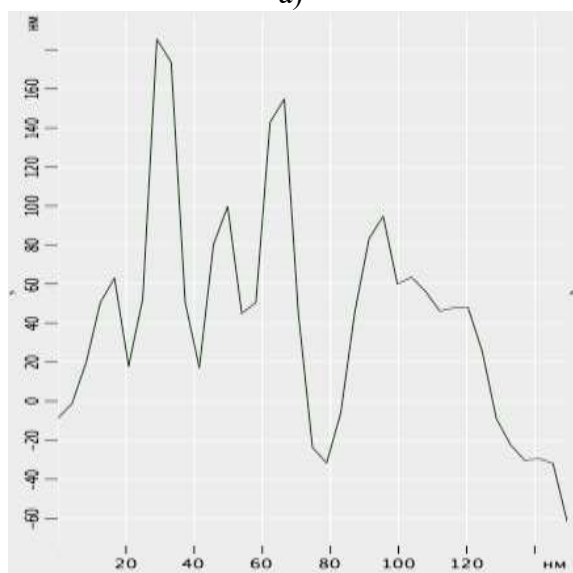


Figure 2. a) 2D AFM image of the (0001) $Bi_2Te_3<Zn>$ surface –; b) profilogram along the line shown in Fig. 2a



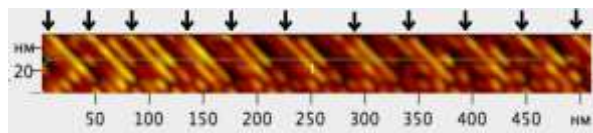
a)



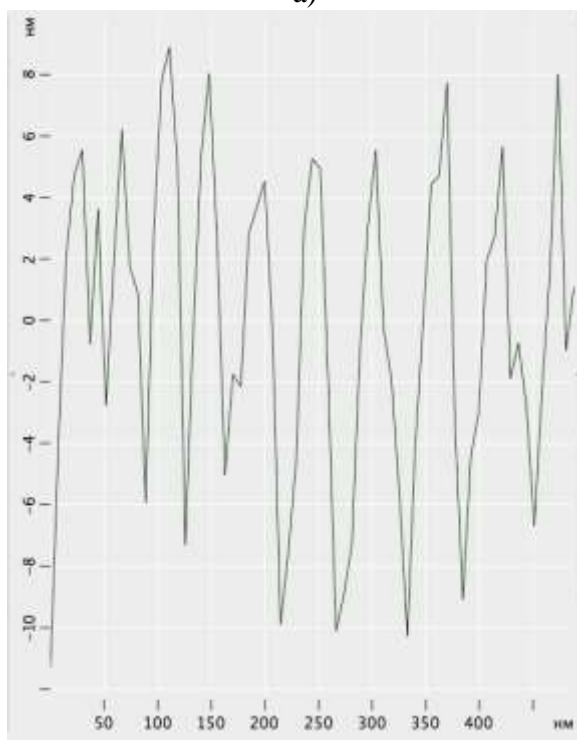
b)

Figure 3.

- a) 2D AFM image of the (0001) Bi_2Te_3 <Zn>;
b) profilogram along the line shown in Fig. 3a



a)



b)

Fig 4.

- a) 2D AFM image of the (0001) Bi_2Te_3 <Zn>;
b) profilogram along the line shown in Fig. 3a

REFERENCE

- Okada Y., Zhou W., Walkup D., Dhital C., Wilson S.D., Madhavan V. Ripple-modulated electronic structure of a 3D topological insulator. *Nature communications*, 3, [1158]. (2012).
- Fogler M.M., Malinin S.V., Nattermann T. *Phys. Rev. Lett.* 2006, v.97, №9, 096601
- Kane C.L., Fisher M.P.A. *Phys.Rev.Lett.* 1996,v.76, №17, p.3192-3195
- Алескеров Ф.К., Кахраманов С.Ш, Кахраманов К.Ш. Сб. Термоэлектрики и их применения, С-П., 2010, с.247-252.
- Георгобиани А.Н., Пашаев А.М., Тагиев Б.Г., Алескеров Ф.К., Тагиев О.Б., Кахраманов К.Ш. Неорган. материалы. 2011, Т.47, №12, с.1447-1452
- Алескеров Ф.К., Кахраманов К.Ш., Кахраманов С.Ш. Неорган. материалы. 2012. Т.48. №5, с.536-541
- Алескеров Ф.К., Кахраманов С.Ш., Дерун Е.М., Пишкин М.Г., Кавей Г. *Fizika, Azerbaijan*, 2007, ТХІІІ, №4, с.41
- Лифшиц И.М.. *ЖЭТФ*, 1952, 22, с.475
- Абдуллаев Н.А., Сулейманов Р.А., Алджанов М.А., Алиева Л.Н. *ФТТ*, 2002, Т.48, №4. с.1775-1779
- Kundu A., Zazunov A., Yeyati A.L., Martin T., Egger R. *Phys. Rev. B*, 2011, v.83, №12, 125429
- Меньшикова Т.В., Еремеев С.В., Чулков Е.В. Письма в *ЖЭТФ*, 2011, Т.94, №2, с.110-115

12. Shuichi Murakami, Ryuji Takahashi, Tretiakov O. A., Abanov Ar., Jairo Sinova. Journal of Physics: Conference Series 334 (2011) 012013.
13. Булат Л.П., Пшенай - Северин Д.А., Каратаев В.В., Освенский В.Б., О пределе термоэлектрической добротности в объемных нанокристаллических структурах на основе теллурида висмута, Сб. Термоэлектрики и их применения, Санкт-Петербург, ноябрь, 2010, с.41-46.
14. Dresselhaus Mildred S. Cheng, Tang Ming Y., Yang Ronggui, Lee Hohyun, Wang Dezhi, Ren Zhifeng, Fleurial Jean-Pierre, Gogna Pawan. Adv. Mater. 2007-19, p.1043.
15. Poudel Bed, Hao Qing, Ma Yi, Lan Yucheng, Minnich Austin, Yu Bo, Yan Xiao, Wang Dezhi, Muto Andrew, Vashaee Daryoosh, Chen Xiaoyuan, Liu Junming, Dresselhaus Vildred S., Chen Gang, Ren Zhifeng. Science 2 May 2008. V. 320. №5876, p.634.
16. Bulat L.P., Osvensky V.B., Pivovarov G.İ., Snarskii A.A., Tatyani E.V., Tay A.A.O. – Proc. 6th European Conference on Thermoelectrics. – July 2-4. – 2008.- Paris (France).-P.I2-1-I2-6.
17. Bulat L.P., Bublik V.T., Drabkin I.A., Karataev V.V., Osvensky V.B., Pivovarov G.İ., Pshenai-Severin D.A., Tatyani E.V., Tabachkova N.Yu. Journal of Thermoelectricity, 2009 №3, p.67.
18. Bulat L.P., Bublik V.T., Drabkin I.A., Karataev V.V., Osvenskii V.B., Parkhomenko Yu.N., Pivovarov G.İ., Pshenai-Severin D.A., Tabachkova N.Yu. Journal of Electronic Materials, 2010, Volume 39, № 9, p.1650-1653.
19. Булат Л.П., Пшенай-Северин Д.А. ФТТ, 2010, том 52, выпуск 3, с.452 -458.
20. Булат Л.П., Драбкин И.А., Каратаев В.В., Освенский В.Б., Пшенай–Северин Д.А. ФТТ, 2010, том 52, выпуск 9, с.1712 -1716.
21. Y.I.Ravich. In CRC Yandbook of Thermoelectrics (Ed:D.M.Rowe), CRC Press, New York 1995, p.67.
22. Mozyhes B., Nemchinsky V. Appl. Phys. Let 1998, V.73, p. 1895.
23. Popescu A., Woods L.M., Martin J., Noals G.S. Phys. Rev. B.79, 205302 (2009).

SEVDA RZAYEVA
Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil
Nazirliyi Fizika İnstitutu

STANDART MODEL ÇƏRÇİVƏSİNDƏ HİQQS BOZONUN KÜTLƏSİNƏ ALINAN NƏZƏRİ VƏ TƏCRÜBİ MƏHDUDİYYƏTLƏR

Müasir elementar zərrəciklər fizikasının nəzəriyyəsi elektromagnit zəif və güclü qarşılıqlı təsirlərin arasında müəyyən simmetriyanın - elektrozəif simmetriyanın olmasına əsaslanır. Hesab olunur ki, bu simmetriya erkən Kainatda mövcud olub və bu səbəbdən əvvəlcə bütün zərrəciklər kütləsiz olub, lakin hər hansı bir mərhələdə bu simmetriya öz-özünə pozulub və zərrəciklər kütlə qazanıb. Standart Modeldə simmetriyanın pozulmasını izah etmək üçün Hiqqs sahəsi daxil edilir. Standart Model məlum olan elementar zərrəcikləri və onlar arasındakı məlum qarşılıqlı təsirləri təsvir edir.

Açar sözlər: Bu iş Hiqqs bozonun kütləsinə alınan nəzəri və təcrübi məhdudiyətlərin alınmasına, Böyük Adron Kollayderində Higgs bozonun kəşfinə və xassələrinin eksperimental təyininə və Hiqqs bozonun Böyük Elektron-Pozitron kollayderində aşkar edilmə imkanının araşdırılmasına həsr olunmuşdur.

Standart Model çərçivəsində Hiqqs bozonun fermionlarla qarşılıqlı təsir laqranjianını aşağıdakı şəkildə yazmaq olar [1]:

$$L = L_{fH} + L_{HVV} + L_{HHVV}, \quad (1)$$

burada

$$L_{fH} = \sum_f (\sqrt{2}G_F) m_f \bar{f} f H, \quad (2)$$

$$L_{HVV} = \frac{1}{4} v [2g^2 W_\mu^+ W_\mu^- + (g^2 + g'^2) Z_\mu Z_\mu] H, \quad (3)$$

$$L_{HHVV} = \frac{1}{8} [2g^2 W_\mu^+ W_\mu^- + (g^2 + g'^2) Z_\mu Z_\mu] H^2, \quad (4)$$

v -Hiqqs sahəsinin vakuüm orta qiyməti, m_f - fermionun kütlələridir, g və g' - qarşılıqlı təsir sabitləridir.

Hiqqs bozonların əsas mənbəyi onların bu və ya digər təcrübələrdə yaranan W - və Z - bozonlar tərəfindən buraxılması prosesləridir. Hiqqs bozonların xüsusi intensiv və əlverişli mənbəyi kimi qarşılaşan elektron-pozitron dəstələrində baş verən $e^+ e^- \rightarrow H f \bar{f}$ prosesi olduqca vacib hesab edilir [2,3,4].

İşdə, $e^+ e^- \rightarrow H f \bar{f}$ prosesinə baxılmışdır:

$$\begin{aligned} e^+ e^- &\rightarrow Z^* \rightarrow HZ^* \rightarrow Hf \bar{f}, \\ e^+ e^- &\rightarrow Z \rightarrow HZ^* \rightarrow Hf \bar{f}, \\ e^+ e^- &\rightarrow Z^* \rightarrow HZ \rightarrow Hf \bar{f}, \end{aligned} \quad (7)$$

burada Z - real, Z^* - virtual neytral vektoru bozon, f -fundamental fermiondur (lepton və ya kvark). Standart model çərçivəsində prosesinin amplitudu

$$\begin{aligned} M_{fi} = & 2^{3/4} G^{3/2} D_Z(q_1) D_Z(q_2) \bar{u}(-p_2) \gamma_\mu (g_V + \\ & + g_A \gamma_5) u(p_1) \bar{u}(k_1) \gamma_\mu (G_V + G_A \gamma_5) u(-k_2) H(\chi), \end{aligned} \quad (8)$$

şəklindədir. Burada $D_Z(q_i) = (1 - q_i^2/m_Z^2 + im_Z\Gamma_Z)^{-1}$, Γ_Z - Z - bozonun eni, $q_1 = p_1 + p_2 = k_1 + k_2 + \chi$, $q_2 = p_1 + p_2 - \chi = k_1 + k_2$; p_1, p_2, k_1, k_2 və χ uyğun olaraq elektronun, pozitronun, fermionun, antifermionun və H -bozonun 4-impulslarıdır.

(8) matrisa elementində m_e/m_Z , m_f/m_Z hədləri nəzərə alınmamışdır. Burada m_e - elektronun və m_f isə yaranan fermionun kütləsidir.

(8) amplitudundan istifadə etməklə, ətalət mərkəzi sistemində qarşı-qarşıya toqquşan dəstələrdə başlanğıc zərrəciklərin ixtiyari polyarizasiya halında (7) prosesinin diferensial kəsiyi üçün aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma(\vec{s}_1, \vec{s}_2)}{dx d\Omega} = & \frac{d\sigma}{dx d\Omega} \{1 + ((\vec{p}^0 \vec{s}_1) + (\vec{p}^0 \vec{s}_2))t_1 + \\ & + [(\vec{s}_1 \vec{s}_2) \sin^2\theta + 2((\vec{p}^0 \vec{s}_1)(\vec{\chi}^0 \vec{s}_2) + (\vec{p}^0 \vec{s}_2)(\vec{\chi}^0 \vec{s}_1)) \cos\theta - \\ & - 2(\vec{\chi}^0 \vec{s}_1)(\vec{\chi}^0 \vec{s}_2)]t_2 + (\vec{p}^0 \vec{s}_1)(\vec{\chi}^0 \vec{s}_2)t_3\}, \end{aligned} \quad (9)$$

burada

$$\frac{d\sigma}{dx d\Omega} = \frac{G_F^3 m_Z^8}{6\sqrt{2}(4\pi)^3} \frac{(1 - 4r_f^2/x)^{1/2}}{(s - m_Z^2)^2 + m_Z^2 \Gamma_Z^2} \cdot \frac{[(1 + r_H^2 - x)^2 - 4r_H^2]^{1/2}}{(x - m_Z^2/s)^2 + m_Z^2 \Gamma_Z^2/s^2} T_0, \quad (10)$$

ifadəsi (7) prosesinin zərrəciklərin polyarizasiyalarına görə ortalanmış və cəmlənmiş en kəsiyidir. (9) və (10) ifadələrində aşağıdakı işarələmələr qəbul olunmuşdur:

$$t_i = T_i/T_0 \quad (i = 1, 2, 3)$$

$$\begin{aligned} T_0 = & (g_V^2 + g_A^2)(G_V^2 + G_A^2)\{4x(1 - 4r_f^2/x) + (1 + 2r_f^2/x)[4x + ((1 + r_H^2 - x)^2 - 4r_H^2) \sin^2\theta]\} + \\ & + 24r_f^2(g_V^2 + g_A^2)(G_V^2 - G_A^2), \end{aligned}$$

$$T_1 = -2g_V g_A (G_V^2 + G_A^2)\{8x(1 - r_f^2/x) + (1 + 2r_f^2/x)[(1 + r_H^2 - x)^2 - 4r_H^2] \sin^2\theta\} - 48r_f^2 g_V g_A (G_V^2 - G_A^2)^2,$$

$$T_2 = (g_V^2 - g_A^2)(G_V^2 + G_A^2)(1 + 2r_f^2/x)[(1 + r_H^2 - x)^2 - 4r_H^2],$$

$$T_3 = T_0 - (1 + \cos^2\theta)T_2.$$

Yuxarıda gətirilmiş ifadələrdə \vec{s}_1 və \vec{s}_2 uyğun olaraq elektron və pozitronun polyarizasiyası istiqamətində yönəlmiş vahid vektorlar; \vec{p}^0 və $\vec{\chi}^0$ uyğun olaraq elektron və H - bozon istiqamətində yönəlmiş vahid vektorlar; θ - elektronun impulsu ilə H - bozonun impulsu arasındakı uçuş bucağıdır və $r_H = m_H/\sqrt{s}$, $r_f = m_f/\sqrt{s}$. Son fermion cütlərinin s vahidlərində variant kütləsini xarakterizə edən və $x = (k_1 + k_2)^2/s = 1 + r_H^2 - 2\omega/\sqrt{s}$ (ω - Hiqqş bozonun enerjisidir) kimi təyin olunan x kəmiyyəti $4r_f^2$ -dən $(1 - r_H)^2$ qədər dəyişir.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, (7) prosesinin tam kəsiyindəki ikinci minimum təqribən $\sqrt{s} = 126 \text{ GeV}$ enerjisinə uyğundur və bu halda tam kəsik $\sigma_{tot}^{2min} \approx 3,9 \cdot 10^{-42} \text{ sm}^2$ qiymətini alır. Prosesin ikinci maksimumu enerjinin $\sqrt{s} = 245 \text{ GeV}$ qiymətinə uyğundur və bu halda prosesin tam kəsiyi $\sigma_{tot}^{2mac} \approx 2 \cdot 10^{-39} \text{ sm}^2$ qiymətini alır. (8) prosesinin diferensial və tam kəsiklərinin bu cür spesifik dəyişməsi Hiqqş bozonun LEP təcrübəsində aşkar edilməsi üçün əlverişli imkan idi. Qeyd edək ki, (7) prosesi özünə xas olan siqnaturaya da məxsusdur. Bu proses zamanı Hiqqş bozonlar böyük ehtimalla $\bar{b}b$ və $\bar{c}c$ cütlərinə parçalandığı üçün sonda iki adron şırnağı və $f\bar{f}$ cütləri müşahidə olunmalıdır [4,5,6,7].

Böyük Elektron-Pozitron kollayderinin 2000-ci ildə fəaliyyətinin dayandırılmasına və kollayderin demontaj edilməsinə baxmayaraq, Hiqqs bozonun kəşfindən sonra, yeni Hiqqs bozon fabrikinin yaradılması (LEP3 layihəsi və ya TLEP-for tripple LEP) təklifi irəli sürüldü [4]. Bu layihəyə görə elektron-pozitron qarşılaşan dəstələrinin kütlə mərkəzində enerjisini $\sqrt{s} = 240 \text{ GeV}$ - ə və kollayderin işıqlılığını isə $L = 10^{34} \text{ sm}^{-2} \text{ san}^{-1}$ qaldırmaq nəzərdə tutulur. İntegral işıqlılığın 100 fb^{-1} qiymətində $e^+e^- \rightarrow HZ$ kanalı vasitəsilə ildə 20000 Hiqqs bozonun yaranması gözlənilir. Bu isə Hiqqs bozonun xassələrini daha dərinədən öyrənməyə imkan verəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Van Velpen, A. Castelli. The Standart Model Higgs Bozon. Part of the Lecture Particle Physics II, Uva Particle Physics Masters 2011- 2012, p.1-46.
2. CDF Collaboration, D0 Collaboration. T. Aaltonen *et al.* Evidence for a Particle Produced in Association with Weak Bosons and Decaying to a Bottom-Antibottom Quark Pair in Higgs Boson Searches at the Tevatron. Phys. Rev. Lett. 109, 071804-1- 071804-6, 2012.
3. Van Velpen, A. Castelli. The Standart Model Higgs Bozon. Part of the Lecture Particle Physics II, Uva Particle Physics Masters 2011- 2012, p.1-46.
4. S. Weinberg. Mass of the Higgs Boson. Phys. Rev. Lett. 36, p.294-296, 1976.
5. A.D. Linde. On the vacuum instability and the Higgs meson mass. Physics Letters B, Volume 70, Issue 3, p. 306-308, 1977.
6. P.Denes. Search for the standard model Higgs boson at LEP. Phys. Lett., B 565, p. 61-75, 2003.
7. The CDF Collaboration, the D0 Collaboration, the Tevatron New Physics, Higgs Working Group.

SUMMARY

Sevda Rzayeva

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL LIMITS ON THE MASS OF THE HIGGS BOSON WITHIN THE STANDARD MODEL

This work is devoted to obtaining theoretical and experimental limits on the mass of the Higgs boson, the discovery of the Higgs boson at the Large Hadron Collider and the experimental determination of its properties, as well as the study of the possibility of the existence of the Higgs boson, which was discovered at the Large Electron-Positron Collider.

РЕЗЮМЕ

Севда Рзаева

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА МАССУ БОЗОНА ХИГГСА В РАМКАХ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

Данная работа посвящена получению теоретических и экспериментальных ограничений массы бозона Хиггса, открытию бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере и экспериментальному определению его свойств, а также исследованию возможности существования бозона Хиггса, который был обнаружен на Большом электронно-позитронном коллайдере.

ZƏFƏR QƏDİRÖĞLÜ

zafark@mail.ru

İSMİXAN NƏSİBOV

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

β -GeSe₂ MONOKRİSTALLARININ ALINMASI VƏ FOTOLÜMİNESSENSİYASI

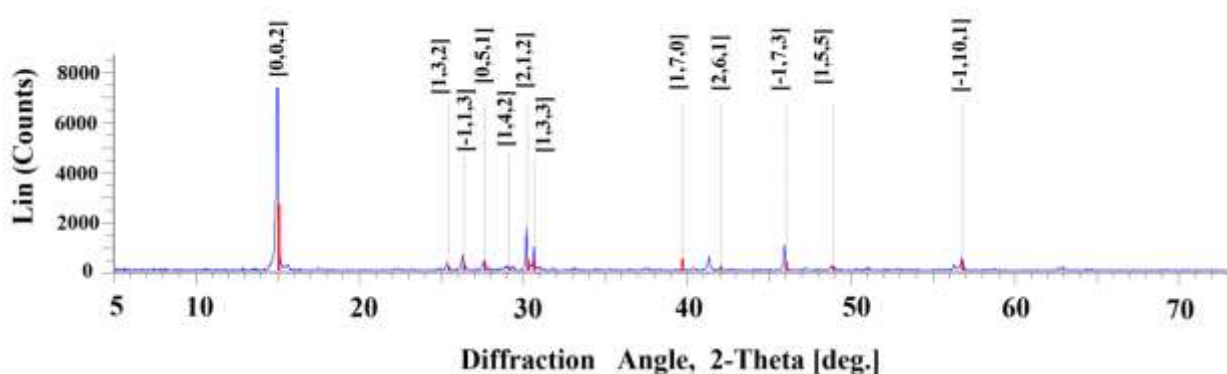
Kimyəvi qaz köçürmə üsulu ilə β -GeSe₂ laylı kristalları alınmış, rentgen difraktometrik və raman səpilməsi metodları ilə kristal quruluşu öyrənilmişdir. Rentgen difraktometrik tədqiqatları göstərir ki, GeSe₂ monoklin quruluşda ($P2_1/c$ fəza qrupu) kristallaşır: $a = 7.01600 \text{ \AA}$, $b = 16.79600 \text{ \AA}$, $c = 11.83100 \text{ \AA}$; $\alpha = 90.000^\circ$, $\beta = 90.650^\circ$, $\gamma = 90.000^\circ$. Aşkar olunmuşdur ki, β -GeSe₂ monokristalları işıqın görünən oblastında fotolüminessensiyaya malikdirlər.

Açar sözlər: yarımkəçiricilər, Germanium diselenid, GeSe₂, fotolüminessensiya, laylı kristallar, Raman spectroscopiyası, Rentgen difraktometrik analizi

Germanium diselenid (GeSe₂) həm kristal, həm də şüşəvari halda alına bilən azsaylı binar birləşmələrindəndir. Uzun müddətdir ki, germanium diselenid kristal quruluşuna, optik və temperaturdan asılı olan xassələrinə görə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir. Nadir kristal quruluşuna və optoelektron xassələri sayəsində germanium diselenid elektron cihazlarında tətbiq edilmək üçün ümidverici potensial namizəddir [1-7].

Germanium diselenid raman səpilməsi və rentgen-faza analizinin köməyi ilə müəyyən edilmiş bir neçə kristal modifikasiyaya - otaq temperaturunda üçölçülü, alçaqtemperaturlu (LT) α -GeSe₂, ikiölçülü laylı quruluşlu, yüksəktemperaturlu (HT) β -GeSe₂ və SnSe₂-nin quruluşuna oxşar quruluşlu γ -GeSe₂ modifikasiyalarına malikdir [8].

β -GeSe₂ modifikasiyasının qəfəsinin simmetriyası $P2_1/c$ fəza qrupuna aiddir. Bu modifikasiya C oxu lay müstəvisinə perpendikulyar olan laylı quruluşa malikdir. β -GeSe₂ kristal quruluşlu modifikasiyaya malik germanium diselenid qadağan olunmuş zonasının eni 293K temperaturunda $E_g = 2.5 \text{ eV}$ -a bərabər olan tərs keçidli yarımkəçiricidir [9].

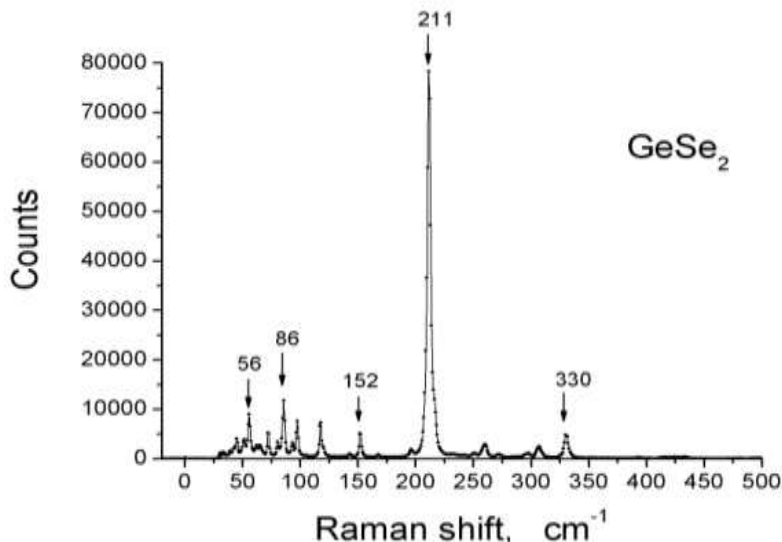


Şəkil 1. GeSe₂ birləşməsinin rentgen difraktometrik spektri (T=293 K)

Bu məqalə β -GeSe₂ kristallarının alınmasına, rentgen difraktometrik və raman səpilməsi metodları ilə öyrənilməsinə, habelə alınmış kristalların fotolüminessensiyasının tədqiqinə həsr olunmuşdur.

GeSe₂ birləşməsi yüksək təmizlik dərəcəsi olan ilkin elementlərin əridilməsi nəticəsində sintez olunmuşdur. Hazırlanmış komponentlər kvarts ampulalara doldurulmuşlar. Ampulalarda vakuum yaradılmış və oksigen-qaz lampası ilə hermetikləşdirilmişdir. Sintez olunmuş birləşmədən kimyəvi qaz köçürmə üsulu ilə GeSe₂ monokristalları göyərdilmişdir. Daşıyıcı olaraq yoddan istifadə edilmişdir. Qaz köçürmə reaksiyası uzunluğu 150 mm, diametri 15-16 mm olan və daxilində 10^{-4}

mm.civə sütununa qədər vakuum yaradılmış kvarts ampulalarda aparılmışdır. Reaksiyanın baş verməsi üçün ampulaya 2-3 qram sintez məhsulu və 7 mq/sm^3 nisbətində yüksək təmizliyə malik kristallik yod əlavə edilmişdir. Bu üsulla göyərdilmiş GeSe_2 monokristalları sarı rəngdə olub laylı quruluşludurlar, ölçüləri $10 \times 8 \times 0.2 \text{ mm}$ -ə kimi yaxşı inkişaf etmiş təbii üzü (001) olan paralel üzlü lövhələr şəklində alınır və yüksək optik şəffaflığa malikdirlər.

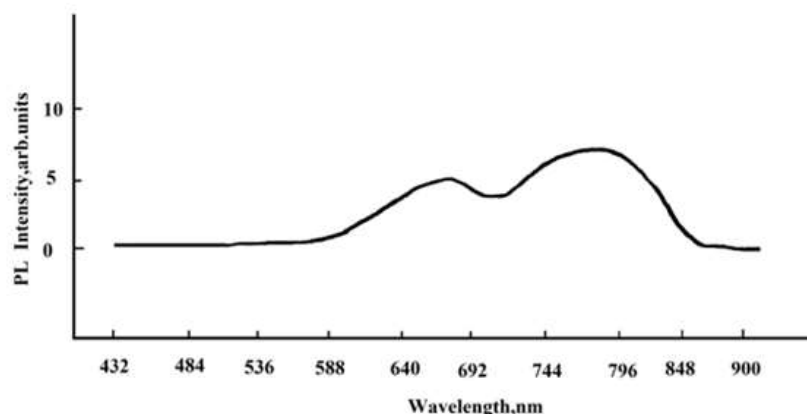


Şəkil 2. GeSe_2 monokristallarından raman səpilməsinin spektri ($T=293 \text{ K}$)

Rentgen difraktometrik tədqiqatlar Bruker D8 Advance cihazı ilə aparılmışdır. Şəkil 1-də sintezdən alınmış GeSe_2 birləşməsinin rentgen difraktometrik spektri təsvir edilmişdir. Bütün difraksiya piklərinin yeri və intensivlikləri GeSe_2 birləşməsinin ədəbiyyatdan məlum olan rentgen standartları ilə üst-üstə düşür [10]. Rentgen difraktometrik tədqiqatları göstərir ki, GeSe_2 monoklin quruluşda kristallaşır: $a = 7.01600 \text{ \AA}$, $b = 16.79600 \text{ \AA}$, $c = 11.83100 \text{ \AA}$; $\alpha = 90.000^\circ$, $\beta = 90.650^\circ$, $\gamma = 90.000^\circ$.

Raman səpilməsi tədqiqatları Konfokal Raman Mikrospektrometri “Nanofinder 30” (Tokyo Instr., Japan.) aparılmışdır. Həyəcanlandırıcı kimi Nd:YAG lazerindən istifadə edilmişdir. Mənfi 100°S temperaturuna kimi soyudulmuş CCD-kamerası qəbuledici kimi istifadə edilmişdir və fotonları saymaq rejimində işləyir. Qurğu əks səpilmə metodu ilə raman səpilməsini qeydə alır.

Fotolüminessensiya spektrini almaq üçün GeSe_2 kristalları ДПИИ-1000 civə lampasının 405 nm şüalanma xətti ilə həyəcanlandırılmışdır. Otaq temperaturunda fotolüminessensiya aşkar edilməmişdir. Şəkil 3-də GeSe_2 monokristallarının 100 K temperaturundakı fotolüminessensiya spektri göstərilmişdir. Spektr iki geniş zolaqdan ibarətdir. $720 \div 840 \text{ nm}$ dalğa uzunluqları arasında yerləşən zolağın intensivliyi güclü, $630 \div 690 \text{ nm}$. dalğa uzunluqları arasında yerləşən zolağın intensivliyi nisbətən zəifdir.



Şəkil 3. GeSe₂ monokristallarının fotolüminessensiya spektri (T=100 K)

ƏDƏBİYYAT

1. Grande T., Stolen S., Grzechnik A., Crichton W.A., Mezouar M. Metastable melting and pressure-induced amorphisation of GeSe₂. *Physika A* 314, 2002, p.560-566.
2. Ibrahim M.M., Balboul M.R., Foyek S.A., Soliman M.A. Thermal dissolution of Ag(Cu) in amorphous Ge(Se_{1-x})₂ system. *J. Non. Cryst. Solids*, 2011, Vol. 357, №10, p.2035-2038.
3. Stolen S., Grzechnik A., Grande T., Mezouar M. Anisotropic compressibility and expansivity in layered GeSe₂. *Solid State Commun.* 115, 2000, p.249-252. (2D)
4. Crichton W.A., Mezouar M., Grande T., Stolen S. Breakdown of the intermediate-range order in liquid GeSe₂ at high pressure. *Nature* 414, 2001, p. 622-625.
5. Petri I., Salmon P.S., Fischer H. Defects in a disordered world the structure of glassy β-GeSe₂. *Phys.Rev.Lett.*,84, 2000, p. 2413-2416.
6. Bablu Miukherjee, Zhibin Hu, Minrui Zheng, Yongging Cai, Ycian Peng Feng, Eng Soon Tok and Chorng Haur Sow. Stepped-surfaced nanobelts with high-gain photocoductivity. *J.Mater. Chem.*, 2012, 22, p.24882-24888.
7. Xie H, Wang S., Wang L., Yan Y., Guo J., Gao Q. et al.2022. Structural evolution and band gap modulation of layered β-GeSe₂ single crystals under high pressure. *Chinese Physics B*, 2022, Volume 31, Number 3, p.6101-6108.
8. Блескан Д.Н., Герасименко В.С., Сичка Н.Ю. Три полиморфных формы кристаллов GeSe₂. *Кристаллография*, 1979, Т.24, с..83-89.
9. Гавалешко Н.П., Курик М.В., Савчук А.И. Край поглощения GeSe₂. *ФТП*, 1967, т.1, в.7, с.1099-1101.
10. Mikailo I.L., Lazarev V.B., Peresh E.Yu., and Kish Z.Z,. Phase Equilibrium in the Na₂ S (Se)-GeS₂ (Se₂) Systems. *Zh.Neorg.Khim.*,1989, 34(9), p. 2319 -2323.

SUMMARY

Zafar Kadiroğlu, Ismikhan Nasibov

GROWING AND FOTOLUMINESCENCE OF β -GeSe₂ SINGLE CRYSTALS

Layered crystals β -GeSe₂ were obtained by the chemical gas transfer method. The crystal structure of β -GeSe₂ was studied by X-ray diffractometry and Raman scattering methods. X-ray diffraction studies show that β -GeSe₂ crystallizes in the monoclinic structure (space group P2₁/c): $a = 7.01600 \text{ \AA}$, $b = 16.79600 \text{ \AA}$, $c = 11.83100 \text{ \AA}$; $\alpha = 90.000^\circ$, $\beta = 90.650^\circ$, $\gamma = 90.000^\circ$. It was found that single crystals exhibit photoluminescence in the visible region of the spectrum.

Key words: *semiconductors, Germanium diselenide, GeSe₂, photoluminescence, layered crystals, Raman spectroscopy, X-ray diffractometric analysis*

РЕЗЮМЕ

Зафар Кадыроғлы, Исмихан Насибов

ПОЛУЧЕНИЕ И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ β -GeSe₂

Газотранспортным методом получены слоистые кристаллы β -GeSe₂. Кристаллическая структура β -GeSe₂ исследована методами рентгеновской дифрактометрии и рамановского рассеяния. Рентгендифрактометрические исследования показывают, что β -GeSe₂ кристаллизуется в моноклинной структуре (пространственная группа P2₁/c): $a = 7,01600 \text{ \AA}$, $b = 16,79600 \text{ \AA}$, $c = 11,83100 \text{ \AA}$; $\alpha = 90\ 000^\circ$, $\beta = 90\ 650^\circ$, $\gamma = 90\ 000^\circ$. Обнаружено, что β -GeSe₂ монокристаллы обладают фотолюминесценцией в видимой области спектра.

Ключевые слова: *полупроводники, диселенид германия, GeSe₂, фотолюминесценция, слоистые кристаллы, рамановская спектроскопия, рентгендифрактометрический анализ.*

MƏMMƏD HÜSEYNƏLİYEV

mamedhuss@mail.ru

AMEA Naxçıvan Bölməsi Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

HƏMZƏ SEYİDLİ

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

CdS KRİSTALLARININ KRİTİK NÖQTƏLƏRİNİN TƏYİNİ

“Graphical Analysis” proqramı vasitəsilə heksaqonal (vürtsit) strukturlu CdS kristalları üçün alınmış spektroskopik ellipsometriya ölçmələrinin nəticələrinə əsasən, kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin ikinci tərtib törəmələrinin 2,8-9,7 eV intervalında enerjidən asılılıqları qurulmuş və kritik nöqtənin dörd müxtəlif halları üçün nəzəri analitik ifadələr əsasında fittinglər aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, enerjinin 3,8-5,3 eV və 7,5-8,5 aralıqları üçün ən yaxşı fitting kritik nöqtənin 2D ($m=0$) halı üçün alınır. Göstərilən aralıqlar üçün ən yaxşı fitting hallarına uyğun fittinglər yerinə yetirilmiş və ölçmələrinin nəticələrinə əsasən, yarımkeçiricinin kritik nöqtələri təyin olunmuşdur. Alınan qiymətlər digər üsullarla aparılmış fittingin nəticələri ilə tutuşdurulmuşdur. Kritik nöqtələr üçün tapılmış $E_1=4,88$ eV və $E_2=8$ eV qiymətləri hər iki halda ədəbiyyatdakı nəticələrlə tamamilə üst-üstə düşmüşdür.

***Açar sözlər:** kritik nöqtə, CdS kristalı, “Graphical Analysis”, kompleks dielektrik funksiyası, heksaqonal struktur, fitting*

Giriş. Geniş zonalı yarımkeçirici material olan CdS birləşməsi ən çox öyrənilən birləşmə olmasına baxmayaraq perspektivli olduğuna görə hələ də ətraflı şəkildə öyrənilməsi davam edən birləşmələrdəndir.

Bərk halda, nazik təbəqə şəklində və toz halında CdS birləşmələri limon sarısı rəngindən qırmızımtıl narıncı rənginədək dəyişə bilən rəngləri ilə xarakterizə olunur və adətən n-tip keçiriciliyə malik olurlar. CdS birləşməsi hər şeydən öncə günəş enerji materialıdır və günəş elementlərində bu birləşmə özünü ən münasib pəncərə materialı kimi göstərə bilmişdir. Bunun əsas səbəbi odur ki, CdS-in qadağan olunmuş zonasının eni $E_g=2,4$ eV olduğundan günəş spektrinin çox böyük oblastı üçün şəffafdır və müxtəlif texnoloji üsullardan istifadə etməklə bu birləşmənin çox mükəmməl və yüksək keçiriciliyə malik nazik təbəqələrini almaq mümkündür.

Son vaxtlar ən çox tədqiq olunan heterostrukturlardan biri 10% effektivliyə malik n-CdS/p-CdTe strukturudur ki, n-CdS nazik təbəqəsi bu strukturun ayrılmaz tərkib hissəsidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, 25 ildən çox müddət ərzində aparılan tədqiqatlar nəticəsində $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$ (CIGS) nazik təbəqələri əsasında effektivliyi 19,9 %-ə çatan f.i.ə.-na malik ən yüksək göstəriciyə malik günəş elementi almaq mümkün olmuşdur ki, bu elementdə bufer təbəqə (pəncərə materialı) olaraq kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsindən istifadə olunmuşdur [1].

Dayanıqlı və ucuz fotovoltayka üçün yeni perspektivli material olan və buna görə də son vaxtlar ən çox tədqiq olunan $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) nazik təbəqəsi əsasında günəş elementi strukturu yaradılarkən bu birləşmənin CIGS-ə analoq olması nəzərə alınmış və CIGS üçün illərin tədqiqatı nəticəsində yaradılmış optimal günəş elementi strukturu heç bir dəyişiklik edilmədən CZTS üçün də praktikada tətbiq olunmağa başlamışdır, yəni bu halda da bufer təbəqə olaraq CdS nazik təbəqəsindən istifadə olunmuşdur [2,3].

Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış CdS nazik təbəqəsinin ikivalentli tellur ionlarından ibarət olan elektrolit məhlulundan ion mübadiləsi yolu ilə CdTe-a transformasiya prosesi araşdırılmışdır. Bu üsulda CdTe qatının çökdürülməsi prosesi aradan götürülmüş və CdS üzərində CdTe qatının alınması CdS nazik təbəqəsinin açıq səthində müəyyən qalınlıqlı bir təbəqənin CdTe-a transformasiyası vasitəsilə həyata keçirilmişdir [4].

Kimyəvi çökdürmə üsulunun sadəliyi və bir çox üstünlükləri ondan geniş miqyasda istifadə etmək üçün stimül yaratmışdır. Bu üsul xüsusilə varizon strukturlar almaq üçün çox əlverişlidir.

Ümumiyyətlə, bu üsulla texnologiyada variasiya etmək imkanları çox böyükdür.

Kimyəvi çökdürmə yolu ilə CdS nazik təbəqələrinin alınması metodikası tərəfimizdən ətraflı şəkildə öyrənilmişdir. Bu birləşmənin əksolma və udma spektrləri tədqiq olunmuş, bu birləşmədə ən yüksək fotokeçiricilik müşahidə olunmuşdur [5,6]. [7] işində CdTe nazik təbəqəsinin alınmasında yeni yanaşmadan bəhs olunur. Bu üsulda CdTe qatının birbaşa çökdürülməsi prosesi aradan götürülmüş və CdS üzərində CdTe qatının alınması CdS nazik təbəqəsinin açıq səthində müəyyən qalınlıqlı bir təbəqənin CdTe-a transformasiyası vasitəsilə həyata keçirilmişdir. CdS nazik təbəqəsinin CdTe-a transformasiyası ikivalentli tellur ionlarından ibarət olan elektrolit məhlulunda ion mübadiləsi vasitəsilə yerinə yetirilmişdir.

[8] işində EDTA-dan (Trilon B) istifadə etməklə CdTe nanohissəciklərinin Te nanoməftillərinin alınmasının sadə və effektiv üsulu haqqında məlumat verilmişdir.

Transformasiya prosesi CdS nazik təbəqəsinin çox kiçik qatında baş verdiyindən onun üzərində alınan CdTe qatının [9] işində göstəriləndiyi kimi tellura çevirmək sonra isə Te-NaHTe reaksiyası vasitəsilə məhlula keçirmək olar. Nəticədə CdS nazik təbəqəsi üzərindən müəyyən qalınlıqlı (CdTe qalınlığında) təbəqə götürülmüş olacaqdır, yəni CdS-in daxilinə nüfuz etmək və onun qalınlığını idarə etmək mümkün olacaqdır. Bu işdə kadmium sulfidin kadmium telluridə transformasiya prosesinin və EDTA-nın (Trilon B) təsiri ilə kadmium telluridin tellura çevrilməsi prosesinin ardıcıl tətbiqindən CdS/CdTe heteroqatının komponentləri qalınlıqlarının idarə olunmasının yeni üsulundan bəhs olunur. Göstərilmişdir ki, sikl tam yerinə yetirildikdə CdS-in qalınlığını, qismən yerinə yetirildikdə isə CdTe-un qalınlığını azaltmaq olur.

Yarımkeçiricilər fizikasında yarımkeçiricinin kritik nöqtələrinin təyini əsas məsələdir. Spektroskopik ellipsometriya ölçmələri bu nöqtələri təyin etməyə imkan verən tədqiqat üsullarından biridir. Bu ölçmələrin nəticələri analiz olunarkən eksperimental əyrilərin nəzəri funksiyalara fittinginin aparılması əsas məsələlərdən biridir.

Bu işdə heksaqonal (vürtsit) strukturlu CdS kristallarının kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin enerjiden asılılıq qiymətlərindən [10] istifadə etməklə kritik nöqtələrinin tapılması məsələsinə baxılmışdır.

Bu məqsədlə “Graphical Analysis” proqramından istifadə edilmişdir. Ellipsometrik ölçmələrdən kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin enerjiden asılılıq əyrilərinin və ya onların müəyyən oblastlarının maksimal dərəcədə nəzəriyyənin verdiyi analitik ifadəyə uyğunluğunu araşdırmaq üçün onların ikinci tərtib törəmələrindən istifadə olunur ki, bu proseslər bütünlüklə “Graphical Analysis” proqramı vasitəsilə yerinə yetirilir. Nəticədə bu funksiyalara daxil olan sabitlər (4 sabit) təyin olunur. Bu sabitlərdən biri də E - kritik nöqtəsidir ki, bu da yarımkeçiricilər nəzəriyyəsi üçün çox mühüm kəmiyyətdir.

Əlbəttə, həqiqi və xəyali hissələrin ikinci tərtib törəmələri üzərində fitting prosesini yerinə yetirmək sadəcə olaraq iki ayrıca asılılıq üzərində fitting aparmaq və hər biri üçün ayrıca 4 sabit tapmaq demək deyil. Bu iki funksiya eyni bir kompleks kəmiyyətin həqiqi və xəyali hissələri olduqlarından fitting prosesində onlar üçün axtarılan 4 sabit də eyni olmalıdır.

Yarımkeçiricinin kritik nöqtələrinin tapılmasında bu proqramın üstünlükləri barədə [11] işində ətraflı məlumat verilmiş və PbS, PbSe, PbSSe, CdSe nazik təbəqələri üçün aparılmış ellipsometrik ölçmələrdən onların kritik nöqtələri təyin olunmuşdur.

Analizin metodologiyası və əsas ifadələr

Bu metodun əsasında kompleks dielektrik funksiyasının ikinci tərtib törəməsinin standart analitik funksiyalarla fittingi durur. Kompleks dielektrik funksiyası üçün analitik ifadə $m \neq 0$ halı üçün aşağıdakı şəkildədir:

$$\varepsilon(\omega) = C - Ae^{i\theta}(\omega - E + i\Gamma)^m \quad (1)$$

burada A -amplituda, E -kritik nöqtə, Γ - genişlənmə, θ -isə eksiton faza bucağıdır.

İfadəyə daxil olan m kəmiyyəti dörd müxtəlif qiymət ala bilər: $m = \frac{1}{2}$ kritik nöqtənin üçölçülü

(3D) halına aiddir; $m = 0$ kritik nöqtənin ikiölçülü (2D) halına aiddir; $m = -\frac{1}{2}$ kritik nöqtənin

birölçülü (1D) halına aiddir; $m = -1$ isə eksiton tip kritik nöqtədir [12]. $m = 0$ halı üçün (1) ifadəsi aşağıdakı kimi olur:

$$\varepsilon(\omega) = C - Ae^{i\theta} \ln(\omega - E + i\Gamma) \quad (2)$$

Lakin (1) və (2) funksiyalarına daxil olan parametrləri təyin etmək üçün (eləcə də C parametrini aradan qaldırmaq üçün) $\varepsilon(\omega)$ dielektrik funksiyasının eksperimental qiymətlərinin ikinci tərtib diferensiallanmasından alınan $\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2}$ funksiyasından istifadə etmək lazım gəlir.

Bu halda (1) və (2) funksiyalarının ikinci tərtib törəmələri $m \neq 0$ halı üçün

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = -m(m-1)Ae^{i\theta} (\omega - E + i\Gamma)^{m-2} \quad (3)$$

və ya triqonometrik formada yazsaq,

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = A^1(\Omega)^{m-2/2} \left\{ \cos \left[(m-2) \arg \cos \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] + i \sin \left[(m-2) \arg \sin \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (4)$$

olacaqdır, burada $A^1 = -m(m-1)A$ və $\Omega = (\omega - E)^2 + \Gamma^2$.

$m = 0$ halı üçün

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = Ae^{i\theta} (\omega - E + i\Gamma)^{-2} \quad (5)$$

və triqonometrik formada

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = \frac{A}{\Omega} \left\{ \cos \left[-2 \arg \cos \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] + i \sin \left[-2 \arg \sin \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (6)$$

olacaqdır.

Bu tənliyi həqiqi və xəyali hissələrə ayırmış olsaq, ayrıca olaraq $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ -nin ifadələrini almış olarıq:

$$\frac{d^2\varepsilon_1}{d\omega^2} = \frac{A}{\Omega} \left\{ \cos \left[-2 \arg \cos \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (6.a)$$

$$\frac{d^2\varepsilon_2}{d\omega^2} = \frac{A}{\Omega} \left\{ \sin \left[-2 \arg \sin \left(\frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (6.b)$$

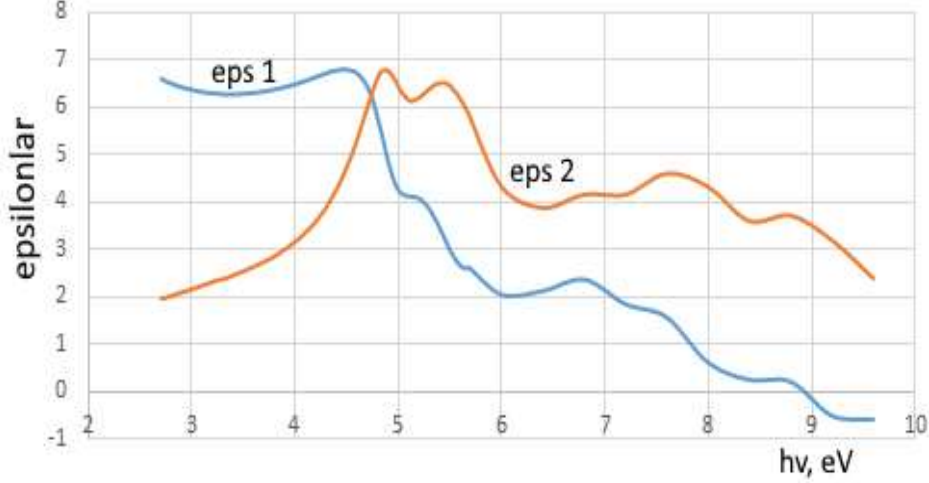
Fitting apararkən triqonometrik formada yazılmış (4) ($m \neq 0$ olduqda) və ya (6) ($m = 0$ olduqda) funksiyasının həqiqi $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və xəyali $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ komponentləri istifadə olunur.

Başqa sözlə, eksperimental alınan $\varepsilon_1(\omega)$ və $\varepsilon_2(\omega)$ -dən hesablanmış $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ əyriləri ilə uyğun olaraq (4) və ya (6) funksiyalarından alınan $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və

$d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ əyriləri fittingə cəlb olunur və ən yaxşı fitting halı üçün A, E, Γ və θ -parametrləri təyin olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, “Graphical analisys“ proqramı bu sabitləri nəticə olaraq verir.

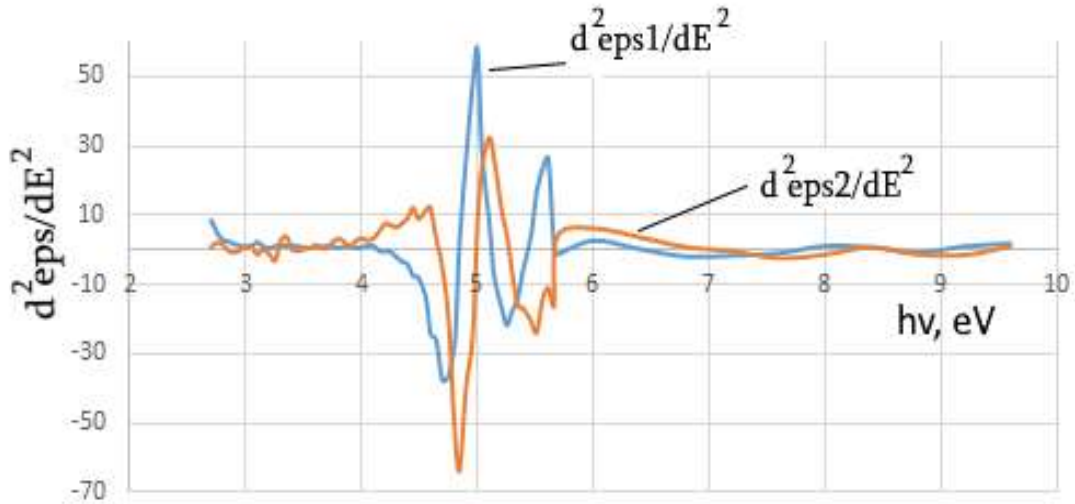
Nəticələr və müzakirəsi.

Şəkil 1-də heksaqonal strukturlu CdS kristallarının kompleks dielektrik funksiyasının koordinatlar şəklində verilmiş həqiqi $\varepsilon_1(\omega)$ və xəyali $\varepsilon_2(\omega)$ hissələrinin enerjidən asılılıq qiymətləri əsasında [11] “Graphical analisys“ proqramında qurulmuş $\varepsilon_1(\omega)$ və $\varepsilon_2(\omega)$ asılılıqları göstərilmişdir.



Şəkil 1. Heksaqonal strukturlu CdS kristallarının kompleks dielektrik funksiyasının $\varepsilon_1(\omega)$ -həqiqi və $\varepsilon_2(\omega)$ -xəyali hissələrinin spektral asılılıqları

Nəzəri ifadəyə fittingi yerinə yetirmək üçün eksperimental $\varepsilon_1(\omega)$ və $\varepsilon_2(\omega)$ asılılıqlarının “Graphical analisys“ proqramında ikinci tərtib $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ törəmələri alınmış və onların enerjidən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur (şəkil 2)

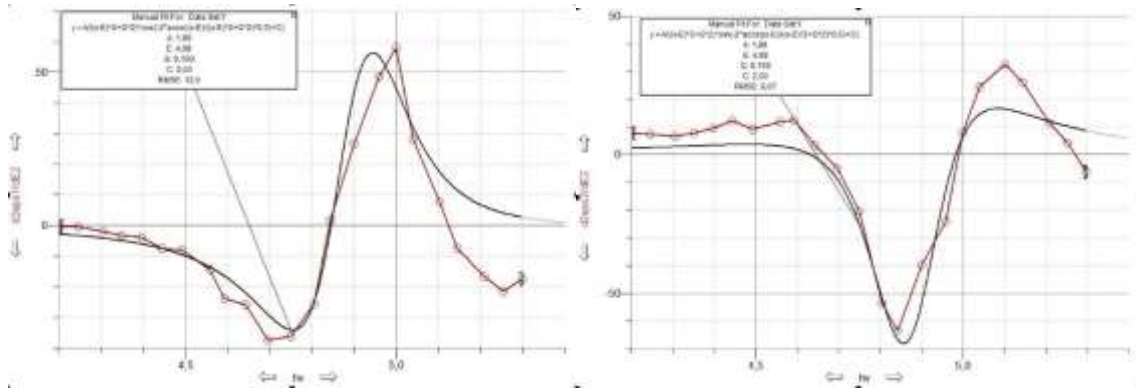


Şəkil 2. Heksaqonal strukturlu CdS kristallarının kompleks dielektrik funksiyasının ikinci tərtib törəməsinin $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ -həqiqi və $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ -xəyali hissələrinin spektral asılılıqları.

Bu asılılıqlara diqqətlə baxdıqda yalnız $E=3,8\div 5,6$ eV aralığında fitting aparmağın mümkün olduğunu görmək olar. Çünki $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ və $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ asılılıqları uyğun olaraq eyni bir

kompleks funksiyanın xəyali və həqiqi hissələri olduqlarından onların dəyişmə qanunlarında sinus və kosinus münasibətləri gözlənilməlidir, yəni $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ asılılığı $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ asılılığını $\pi/2$ qədər qabaqlamaladır, bu şərt isə həmin aralıqda ödənilir. Bu oblast üçün ən yaxşı fitting halı 2D formalı kritik nöqtə halına ($m = 0$) uyğun olmuşdur.

3-cü şəkildə $E=3,8\div 5,6$ eV aralığında $\varepsilon(\omega)$ kompleks dielektrik funksiyanının həqiqi $\varepsilon_1(\omega)$ və xəyali $\varepsilon_2(\omega)$ eksperimental qiymətlərinin diferensiallanmasıdan alınan $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$ və $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$ kəmiyyətlərinin enerjiden asılılıq spektrləri (nöqtələr) göstərilmişdir. Burada həmçinin, “Graphical analysis“ proqramı əsasında (6) ifadələrindən alınan nəzəri fitting əyriləri (bütöv xətt) göstərilmişdir. Buradakı RMSE fittinglərin orta kvadratik xətarını göstərir.



Şəkil 5. CdS kristallarının $3,8\div 5,3$ eV enerji oblastı üçün $\varepsilon_1(\omega)$ və $\varepsilon_2(\omega)$ eksperimental asılılıqların “Graphical analysis“ proqramı əsasında qurulmuş ikinci tərtib törəmələri və ən yaxşı fitting əyriləri

Ən yaxşı fitting halı nəzəri ifadəyə daxil olan sabitlərin $A= 1,8$; $E=4,88$; $\Gamma=0,16$ və $\theta=2$ qiymətləri üçün alınmışdır. Fitting nəticəsində heksaqonal strukturlu CdS kristalları üçün kritik nöqtə olaraq tapılan $E=4,88$ eV qiyməti ədəbiyyatda göstərilən $E=4,9$ eV qiymətinə çox yaxındır və kritik nöqtənin $m = 0$ ikiölçülü (2D) halına və Brillion zonasının $L_{1c}\rightarrow L_{3v}$ keçidinə uyğundur.

“Graphical analysis“ proqramı əsasında $7,5-8,5$ eV enerji diapazonunda kritik nöqtənin $m = 0$ ikiölçülü (2D) halına uyğun aparılmış fitting əyrilərindən kritik nöqtə üçün $E=8$ eV qiyməti alınmışdır ki, bu da ədəbiyyatdakı nəticələrlə tamamilə üst-üstə düşmüşdür [13].

ƏDƏBİYYAT

1. Repins M.A. Contreras B. Egaas et al. 19.9%-efficient ZnO/CdS/CuInGaSe₂ solar cell with 81.2% fill factor // Progress in Photovoltaics, 2008, vol. 16, no. 3, pp. 235–239.
2. H.Katagiri, K.Jimbo, S.Yamada et al. Enhanced conversion efficiencies of Cu₂ZnSnS₄-based thin film solar cells by using preferential etching technique // Appl. Phys. Express, 2008, vol 1, no.4, pp.041201-041202.
3. A.Nagoya, R.Asahi and G.Kresse First-principles study of Cu₂ZnSnS₄ and the related band offsets for photovoltaic applications // J. Phys.: Condens. Matter 23 (2011) 404203 pp.1-6
4. M.H.Hüseynəliyev CdS/CdTe əsasında günəş elementləri hazırlanmasında yeni üsulun tətbiqi // AMEA Naxçıvan Bölməsi, Xəbərlər, 2013, №2, s. 215-219.
5. Z.Ə.Vəliyev, M.H.Hüseynəliyev. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış yüksək fotokeçiriciliyə malik CdS nazik təbəqələrinin tədqiqi // “Fizika”, 2003, cild IX, №2, s.58-59.
6. M.H.Hüseynəliyev CdS birləşməsinin əksolma spektri // Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri üzrə Beynəlxalq konfransın tezisləri. Naxçıvan, 2008, s.88.

7. M.H.Hüseynəliyev “CdS/CdTe heteroqəçidində komponentlərin qalınlıqlarının tənzimlənməsi” AMEA Naxçıvan Bölməsi, “Xəbərlər”, 2015, № 4. s. 233-237.
8. E.Xue, N.Bi, J.Liand, H.Han A simple and efficient method for synthesizing Te nanowires from CdTe nanoparticles with EDTA as controller under hydrothermal condition // Journal of nanomaterials, 2012, Article JD 751519, p. 1-7.
9. M.H.Hüseynəliyev “CdS/CdTe heteroqəçidində komponentlərin qalınlıqlarının tənzimlənməsi” AMEA Naxçıvan Bölməsi, “Xəbərlər”, 2015, № 4. s. 233-237.
10. Sadao Adachi Optical properties of crystalline and amorphous semiconductors: Materials and Fundamental Principles, Springer Science+Business Media, LLC, 714 p.
11. M.H.Hüseynəliyev. Ellipsometrik ölçmələrdən yarımkeçiricinin kritik nöqtələrinin tapılması praktikası / Naxçıvan: “Əcəmi” NPB, 2018, 176 səh. (monoqrafiya).
12. P.Lautenschlager, M.Garriga, S.Logothetidis, and M.Cardona Interband critical points of GaAs and their temperature dependence // Phys. Rev. B, 35, (1987), p.9174.
13. В.И.Гавриленко, А.М.Грехов, Д.В.Корбутяк, В.Г.Литовченко. Оптические свойства полупроводников. Киев: Наукова Думка, 1987, 608 с.

SUMMARY

Mammad Huseynaliyev, Hamza Seyidli

DETERMINATION OF CRITICAL POINTS OF CdS CRYSTALS

Using the “Graphical Analysis” program, the results of measurements of spectroscopic ellipsometry in a CdS crystals were used to plot the dependences of the second derivatives of the real and imaginary parts of the complex dielectric function on the energy in the range of 2,8-9,7 eV, and a fitting was performed for four different states of critical points on basis of theoretical expressions.

It was found that the best fit for the energy ranges of 3,8-5,3 eV and 7,5-8,5 eV, it is obtained with 2D ($m=0$) of the critical point type. Fittings were made for these areas and critical points of the semiconductor were determined from the measurement results.

The obtained values were compared with the results of the fitting carried out in other ways. The values of $E_1 = 4,88$ eV and $E_2 = 8$ eV found for critical points in both cases completely coincided with the literature data.

Key words: *critical point, CdS crystal “Graphical Analysis”, complex dielectric function, hexagonal structure, fitting, complex dielectric function*

РЕЗЮМЕ

Мамед Гусейналиев, Гамза Сейидли

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК КРИСТАЛЛОВ CdS

С помощью программы “Graphical Analysis” по результатам измерений спектроскопической эллипсометрии в кристалле CdS была построена зависимости вторых производных действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической функции от энергии в интервале 2,8-9,7 эВ, и проведен фиттинг для четырех различных состояний критических точек на основе теоретических выражений.

Было установлено, что наилучшие фиттинги для областей энергии 3,8-5,3 эВ и 7,5-8,5 эВ получаются при 2D ($m=0$) типа критической точки. Были выполнены фиттинги для этих областей и по результатам измерений определены критические точки полупроводника.

Полученные значения сравнивались с результатами фиттинга проведенными другими способами. Найденные для критических точек значения $E_1=4,88$ эВ и $E_2=8$ эВ в обоих случаях полностью совпали с литературными данными.

Ключевые слова: *критическая точка, кристал CdS, “Graphical Analysis”, комплексная диэлектрическая функция, гексагональная структура, фиттинг*

MƏHBUB KAZIMOV
mahbubkazimov@yahoo.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

QAR YAĞIMININ YÜKSƏK QÜLLƏLİ KONSTRUKSİYALARA VƏ QURĞULARA TƏZYİQİ

Məqalədə yerli iqlim şəraitinə uyğun olaraq qar yağımının yüksək qülləli konstruksiyaların və qurğuların möhkəmliklərinə və dayanıqlarına təzyiqi araşdırılmış, konstruksiya və qurğuların bu təzyiqlərə qarşı dayanıqlıqları və möhkəmlilikləri tədqiq olunmuşdur. Küləyin sürətinin, havanın temperaturunun, təzyiqinin, sıxlığının dəyişməsi səbəbi ilə qar yağımının konstruksiya və qurğulara təzyiqinin dəyişməsi göstərilmişdir.

Konstruksiya və qurğuların möhkəmlikləri, etibarlılıqları, onlarda istifadə olunan materialların xüsusiyyətləri qar yükünün növünə əsasən, (sıxlıq və təzyiq) nəzəri cəhətdən araşdırılmışdır.

Müasir texnologiyaların müqayisəli analizləri verilmiş və ən münasib variantları müəyyənləşdirilmişdir.

***Açar sözlər:** qarın təzyiqi, qarın sıxlığı, qüllə, konstruksiya, material, horizontal sahə, küləyin sürəti*

Qurğu və konstruksiyaların səthləri üzərinə yağan qar yağımının yaratdığı təzyiqə qar yağımının təzyiqi deyilir. Naxçıvan çökəkliyində qülləli konstruksiyalara, hündür qurğulara və tikililərə qar yağımının göstərdiyi təzyiq daim dəyişir.

Buna görə də qurğu və konstruksiyaların dayanıqlığı və etibarlılığı onların materiallarının xüsusiyyətlərinə görə aparılmış hesablamalara əsaslanmalı, hesablama zamanı təzyiqin qurğu və konstruksiyaları sıxma növləri nəzərə alınmalıdır.

Qar yağımının qurğu və konstruksiyalara təzyiqi aşağıdakı kimi olur:

- qurğu və konstruksiyaların bayırdakı səthlərinə qar yağımının təzyiqi;
- qurğu və konstruksiyaların səthlərinə toxunan, onların özülləri ətrafına yığılmış qar yağımının təzyiq qüvvəsi,
- açıq pəncərə və oyuqları olan qurğu, konstruksiya və tikililərin daxili səthlərinə qarın təzyiqi.

Ölçüləri $h/d > 10$ şərtlərini təmin edən hündür qurğu və konstruksiyaların layihələrini hesablayarkən, çovğun və burulğan yaranmasını da (titrəmələr) hesablamaq lazımdır.

Burada: h - qurğu və konstruksiyaların hündürlükləri;

$d = 2/3h$ səviyyəsində qurğu və konstruksiyaların en kəsiyinin ölçüləridir.

Naxçıvan çökəkliyində qarın qurğu və konstruksiyalara təzyiqi haqqında dəqiq məlumat almaq və bu məlumatın dəqiq qiymətləndirilməsi üçün, həmin ərazidə qar yağıntısının intensivliyi və xüsusiyyəti haqqında dəqiq məlumata (miqdar, istiqamət, qar yağımının paylanması və müddəti) malik olmaq lazımdır.

Sonra hesablamalarla konstruksiyanın bu təzyiqə qarşı reaksiyasını qiymətləndirmək lazımdır. Naxçıvan çökəkliyində qarın qülləli qurğulara olan təsirinin öyrənilməsi, onların konstruksiyasının xarici təsirlərə dözümlülükləri və əks reaksiyaları ilə əlaqəlidir.

İdeal hallarda, qülləli qurğuların xarici təsirə reaksiyaları 1-ə bərabər olur. Müstəqil xarici təsirlər zamanı isə reaksiya 0-a bərabər olur.

Qurğu və konstruksiyalara olan təzyiqlər zaman kəsiyindən asılı olaraq aşağıdakı kimi olur:

1. Daimi: Qurğu və konstruksiyanın çəkisinin, ağırlığının torpaq süxuruna təzyiqi;
2. Dayanıqlı: Qurğu, avadanlıqlar və qarın çəkisi, 0,5 əmsalına vurulur;
3. Qısamüddətli: Qar və küləyin təzyiqi və s.
4. Xüsusi: Seysmik, qəzal, partlayışlı, özülün deformasiyaya uğraması və s.

Havanın temperaturu dəyişdikcə qülləli qurğu və konstruksiyaların ətrafındakı qar yığımları azalır və bu zaman, onların səthləri üzərində az təzyiq yaranır.

Naxçıvan çökəkliyində üfüqi vəziyyətdə olan qurğu və ya konstruksiyalara qar təzyiqinin qiyməti (s) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$S = S_0 \cdot \mu$$

Burada: S_0 – 1m^2 sahədə qar örtüyünün çəkisidir.

(S_0) ərazidə aparılan meteoroloji müşahidələr əsasında, müəyyən olunur. Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisi üçün $S_0 = 150 \text{ kq/m}^2$ qəbul olunmuşdur.

μ – qarın qurğu və ya konstruksiyalara təzyiq əmsalıdır.

Qarın qurğu və konstruksiyalara təzyiqi ərazinin iqlim şəraitindən, dəniz səviyyəsindəki hündürlüyündən, relyefindən, qurğu və konstruksiyanın formasından asılı olur.

Qarın təzyiqinin qiymətini təyin edərkən, qarın yüksək təzyiqini, ərazidə qar yağmasını, qarın yamaclardan sürüşərək düşməsi nəzərə alınmalıdır.

Nəzərə almaq lazımdır ki, küləyin sürətinin azaldığı və ya külək axını burulğanlı olduğu yerlərdə çoxlu miqdarda qar toplanır.

Qarın üfüqi sahəyə təzyiqi aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$S = \mu_1 \cdot C_t \cdot C_1 \cdot Q_\varphi$$

Burada: μ_1 – qar təzyiqi amili;

Q_φ – 1m^2 üfüqi səthdəki qar örtüyünün çəkisi (kN/m^2);

C_t – təsir əmsalı, $C_t = 1,0$;

C_1 – temperatur əmsalıdır, $C_1 = 1,0$.

Qarın konstruksiyalara təzyiqi üç növdən ibarətdir:

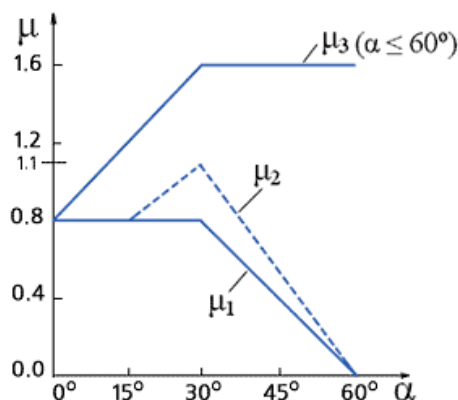
-qar örtüyünün paylanma sxemi bərabər şəkildə olur;

-qar örtüyünün paylanma sxemi qeyri-bərabər şəkildə (qar yığılı, qarın küləklə gətirilməsi) olur;

-dağın yamaclarından sürüşən qar qurğu və konstruksiyanın özülünün ətrafında yığılır

Aşağıda qarın konstruksiyalara təzyiqlərinin növləri göstərilmişdir:

1. Sürüşən səthdəki qarın təzyiqi (Şəkil 1.):



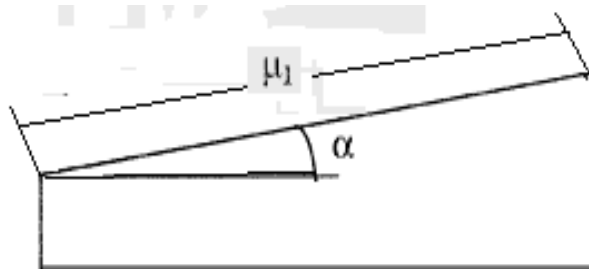
Şəkil 1. Konstruksiyanın sürüşən səthdəki qar əmsalının (μ) qrafiki

Cədvəl 1-də μ_1 və μ_2 əmsallarının qiymətləri göstərilir:

Örtüyün bucağı	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1 əmsalı	0,8	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2 əmsalı	0,8	$0,8 + 0,6(\alpha - 5)/30$	$1,1(60 - \alpha)/30$	0,0

2. Birtərəfli maili səthə qarın təzyiqi (Şəkil 2):

Cədvəl 1.



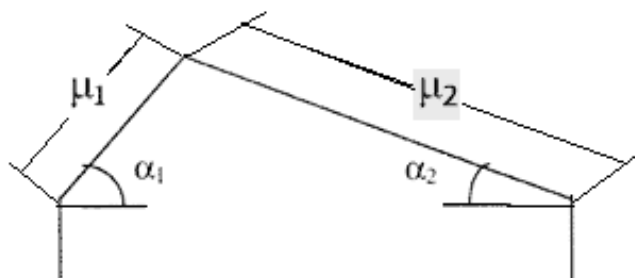
Şəkil.2. Birtərəfli maili səthə qarın təzyiqinin qrafiki

Cədvəl 2-də bitərəfli maili örtüklü qurğunun μ_1 əmsalının qiyməti göstərilir:

Cədvəl 2.

Örtüyün mailliyi	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0

3. İkitərəfli maili səthə qarın təzyiqi (Şəkil 3.):



Şəkil 3. İkitərəfli maili örtüklü qurğunun üstünə qar təzyiqinin qrafiki

Cədvəl 3-də ikitərəfli maili örtüklü qurğunun μ_1 və μ_2 əmsallarının qiymətləri göstərilir:

Cədvəl 3.

Örtüyün mailliyi	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$
μ_3	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6

Əlverişsiz şəraitdə (konstruksiyanın elementlərinin üzərinə qar yüklənməsi), konstruksiyanın (b) enində yarım və ya dördüdə bir hissəsinə qarın etdiyi təzyiq nəzərə alınır.

Konstruksiyanın elementlərinin (fermalar, tirlər, sütunlar) hesablayarkən, qar təzyiqi artıqlaması ilə nəzərə alınmalıdır.

Naxçıvan Muxtar Respublikasının dağlarında meyilliyi 10% və ya $f/l < 0,05$ olan qülləli konstruksiyalar üçün təsiretmə əmsalı (c_t) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$C_t = (1,2 - 0,1 \sqrt{\kappa}) (0,8 + 0,002 b).$$

Burada: b - qülləli konstruksiyanın enidir (100 metrədən çox olmamaq şərti ilə).

Naxçıvan Muxtar Respublikasının dağlıq ərazilərinin dəniz səviyyəsindən 1500 metrədən çox olan hündürlüklərində, mürəkkəb relyefə malik olan ərazidə, qar təzyiqlərinin qiymətləri meteoroloji məlumatlar əsasında müəyyən olunur.

Yüksək istilik ötürücülüynə malik olan və mailliyi 3% - dən çox olan konstruksiyalara qar təzyiq edərkən (μ) əmsalı 20% azalır.

Qar təzyiqi üçün etibarlılıq əmsalı $\square_f = 1,4$ bərabərdir. Əgər konstruksiyanın ağırlığının qiyməti, qar örtüyünün çəkisinin (S_0) qiymətindən 0,8-dən azdırsa, onda $\square_f = 1,6$ olar.

Naxçıvan Muxtar Respublikasının nazik buz təbəqəsi ilə örtülmüş ərazilərində hesablamalar ərazinin müəyyən bir bölgəsinin iqlim xəritəsi əsasında aparılmalıdır.

Müşahidələr küləyin sürəti, buzun kütləsi, buz təbəqəsinin ölçüləri və növü üzrə aparılmalıdır. Bu zaman:

- iqlim parametrləri meteoroloji müşahidələr əsasında alınmış məlumatlar nəticəsində təyin olunur;
- Naxçıvan Muxtar Respublikasının dağlıq ərazilərində meteoroloji stansiyaların olmadığı üçün, dağlıq ərazilərdə əlavə müayinə və müşahidələr aparmaq lazımdır;
- 10 metr hündürlükdə buz təbəqəsinin 0.9 q/sm³ qalınlığı olduğu halda buzlaşmış əraziləri rayonlara bölmək lazımdır. 10 m. hündürlükdə, sıxlığı 0,9 q/sm³ olan buz təbəqəsinin normativ qalınlığı (b_i) cədvəl 4-də göstərilmişdir:

Cədvəl 4.

Buzlaşmanın rayonlara bölünməsi	Buzun standart qalınlığı, b _z , mm.
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30
VI	35
VII	40

Qarın təzyiqi zamanı qar kütləsi konstruksiya və ya qurğunun hündürlük və eni ölçüsünə bərabər maneə ilə qarşılaşır. Qurğunun divarının yanında qarın burulğanlı, çovğun hərəkəti baş verir.

Bu zaman qarın bir hissəsi qurğunun özülünün ətrafında toplanaraq yığılır, digər hissəsi isə qurğunun konstruksiyasının hissələrinin və örtüyünün üzərində yığılır. Bu zaman külək tutan tərəfdə ən çox qar yığılır əmələ gəlir.

Qurğu və qüllə formalı konstruksiyaların sıxlığı (P^c) aşağıdakı düsturla müəyyən olunur:

$$P^c = \frac{\sum_{n=1}^m S^n}{S} \cdot 100\%$$

Burada: Sⁿ – qurğu və ya konstruksiyanın sahəsi;

m – ərazidə olan qurğu və ya konstruksiyaların sayı (n);

S – qurğu və ya konstruksiyalar üçün ayrılan ərazinin sahəsidir.

Bu zaman konstruksiyanın möhkəmliyi onun materiallarının xüsusiyyətlərindən asılı olur.

Ərazinin relyefindən, konstruksiya və qurğuların ölçülərindən, maneələrin təsirindən asılı olaraq küləyin gətirdiyi qarın konstruksiya və qurğulara təsiri, hər hansı bir zaman kəsiyində küləyin sürətinin dəyişməsindən asılı olur.

Qar yığılır və ya buzlaşmanın həqiqi ölçülərinə əsasən, küləyin sürəti, şaquli ölçüsü (a), qalınlığına (b₀) olan qar və buz təbəqəsinə əsl təzyiqi hesablamaq lazımdır. Bu zaman qar və buzun kütləsinin küləyin sürətindən asılılıq əmsali - 1 qəbul olunur.

Naxçıvan çökəkliyində ərazinin iqlim şəraitinin öyrənilməsi zamanı, ərazinin xüsusiyyətlərindən: (təpələr, çuxurlar, yarıqlar, yamaclar və s.) asılı olaraq, küləyin sürətinin qar və ya buz təbəqəsinin yaranma tezliyinə təsirini nəzərə almaq lazımdır.

Hesablamalarda küləyin qar və ya buz təbəqəsinə təzyiqi (W) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$W = 0,25 W_0$$

Burada: W₀ – küləyin təzyiqidir.

Qar və ya buz təbəqəsinə təzyiqli təyin etmək üçün qar və ya buz təbəqəsinin sahəsi (b_0) və sıxlığı 900 kq/m^3 olan əraziləri rayonlara bölmək lazımdır. Təzyiqlin müəyyən bir müddətdə təkrarlanması aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$X(T) = \rho_1 - \rho_2 \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

Burada: ρ_1, ρ_2 – təzyiqlin paylama parametrləri;

T – təzyiqlin təkrarlanma müddətidir

Qülləli konstruksiyalı qurğuların səthlərinin hesablanmaları zamanı, təzyiqli dəyişmələri (v) arasında qarşılıqlı əlaqə əmsalından istifadə olunur (Cədvəl 5.).

Cədvəl 5.

z, m.	(h) hündürlüyündə v əmsalının qiymətləri						
	5	10	20	40	80	160	350
0,1	0,95	0,92	0,88	0,83	0,76	0,67	0,56
5	0,89	0,87	0,84	0,80	0,73	0,65	0,54
10	0,85	0,84	0,81	0,77	0,71	0,64	0,53
20	0,80	0,78	0,76	0,73	0,68	0,61	0,51
40	0,72	0,72	0,70	0,67	0,63	0,57	0,48
80	0,63	0,63	0,61	0,59	0,56	0,51	0,44
160	0,53	0,53	0,52	0,50	0,47	0,44	0,38

Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisində küləyin istiqaməti tez-tez dəyişir. Buna görə də qar yağması zamanı qüllə tipli konstruksiyalar və qurğuların səthlərinə təzyiqli hesablayarkən, təzyiqlin istiqaməti də nəzərə alınmalıdır.

Nəticə. Qar yığımının yüksək qülləli konstruksiyaların və qurğuların möhkəmliklərinə və dayanıqlılıqlarına təzyiqli araşdırılaraq təhlil edilməsi nəticəsində aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. Qülləli konstruksiya və qurğulara qarın təzyiqli araşdırılaraq, bu təzyiqlin küləyin sürətindən, havanın temperaturundan, təzyiqlindən, sıxlığından və qar yığımının toplandığı sahənin formasından asılı olduğu elmi şəkildə əsaslandırılmışdır.

2. Qarın təzyiqlinin konstruksiya və qurğuların möhkəmliklərinə və etibarlılıqlarına təsiri onlarda istifadə olunan materialların xüsusiyyətindən asılı olduğu hesablamalarla təsdiqlə edilmişdir.

Qarın qülləli konstruksiya və qurğulara təzyiqlinin qar yığımının miqdarından, iqlim şəraitindən, konstruksiya və qurğuların dəniz səviyyəsindən hansı hündürlükdə yerləşdirilmələrindən, onların formalarından və istilik keçirmələrindən asılı olduğu isbat olunmuşdur.

3. Qar kütləsinin konstruksiya və ya qurğuya təzyiqlinin ərazinin relyefindən, konstruksiya və qurğuların hündürlüyü və eninin ölçülərindən asılı olaraq, maneə ilə qarşılaşan küləyin qurğunun divarı yanında qarın burulğanlı çovğun yaratması, qurğunun özülünün ətrafında qar yığımının toplanması aşkarlanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Алексеев В.В., Экология и экономика энергетики, Москва, Знание, 2007. с. 178.
2. Виссарионов В.В., Теоретические основы энергетики возобновляемых источников, Учебное пособие, Москва, Изд-во МЭИ, 1998, с. 321.
3. Горохов Е.В., Назим Я.В., Бакаев С.Н., Турбин С.В., Хорольский М.С., Исследования динамических характеристик опор в уровне фундаментов при пульсации ветрового потока, Вестник ДонГАСА, 1999, Вып. 6 (20), с. 48-65.
4. Курилов Ю.М., Альтернативные источники энергии, 2008, с. 1-10.
5. Савицкий Г.А., Ветровая нагрузка на сооружения, Москва, Стойиздат, 1998, с. 34-75.

SUMMARY

Mahbub Kazimov

PRESSURE OF SNOWFALLS ON HIGH TOWER CONSTRUCTIONS AND STRUCTURES

The article examines the pressure of snow accumulation on the rigidity and durability of high-tower constructions and structures in local climate conditions. The resistance and strength of constructions and structures to these pressures were shown. The pressure of snow accumulation on constructions and structures due to changes in wind speed, air temperature, pressure and density was studied.

The rigidity, durability of constructions and structures, the properties of their materials were studied theoretically based on the type of snow load (density and pressure).

Comparative analysis of modern technologies is given and the most suitable options are identified.

***Key words:** snow pressure, snow density, tower, construction, material, horizontal area, wind speed*

РЕЗЮМЕ

Махбуб Казымов

СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ НА БАШЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ВЫСОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

В статье исследованы влияние снегонакопления на башенные конструкции и высотные сооружения. Прочность и долговечность высотных конструкций и сооружений при местных климатических условиях. Также показано сопротивление и прочность конструкций и сооружений этим давлениям.

Показаны давление снегонакопления на конструкции и сооружения из-за изменения скорости ветра, температуры, давления и плотности воздуха. Изучены прочность, надежность конструкции и устройство, свойства используемых и них материалов на основе типа снеговой нагрузки (плотности и давления).

Дан сравнительный анализ современных технологий и определены наиболее подходящие варианты.

***Ключевые слова:** давление снега, плотность снега, башня, конструкция, материал, горизонтальный площадь, скорость ветра.*

VALİDƏ HACIYEVA
ƏKRƏM RƏHİMLİ

ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNDƏ ENERJİ İTKİLƏRİNİN AZALDILMASI ÜÇÜN TRANSFORMATORLARDAN İSTİFADƏ YOLLARI

Giriş. Elektrik enerjisinin qidalanma mənbələrindən istehlakçılara verilmiş gücün və enerjinin bir hissəsinin elektrik təchizatı sistemində itkisi ilə əlaqədardır. Bu itkilər xətlə, axan cərəyan ilə və ötürülən gərginliyin kəmiyyəti ilə müəyyən edilir.

Elektrik şəbəkələrində, 10 kV, 380 V və $\sqrt{3}380 \approx 660V$ gərginliyin, habelə 35 kV və ondan yüksək dərin giriminin tətbiqi gücü və elektrik enerjisi itkisini xeyli azaldır. Güc əmsalının artırılması da buna kömək edir.

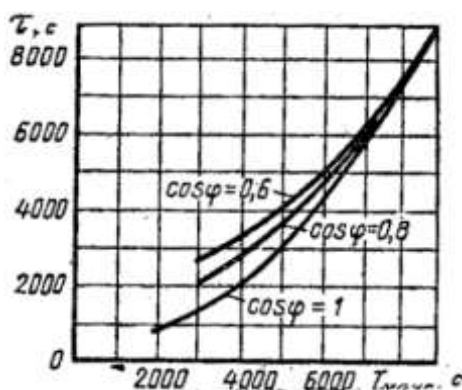
Transformatorlarda itkilər həm də onların iş saatlarının sayı müəyyən olunur. Buna görə, transformatorlarda elektrik enerjisinə qənaəti təmin edən şərtlərdən biri, onların kiçik yüklənmə zamanı açılmasıdır. Təmir işləri, növbətçi işıqlandırma və nəzərdə tutulmuş elektrik qurğuları əgər gecə vaxtı bir transformatorla qidalandırlarsa buna nail olmaq mümkündür. Bu zaman, göstərilən istehlakçıların qidalandırılması sex yarımstansiyaları arasında alçaq gərginlikdə qısa birləşdiricilərin olması ilə təmin edilir. Transformatorlarda elektrik enerjisinə qənaətin digər şərtinə qoşulmuş transformatorların səmərəli iş rejiminin yaradılmasıdır. Bu itkilərin aktiv və reaktiv mürəkkəbləri arasındakı nisbətən asılı olan optimal yükləmə əmsalının müəyyən edilməsi ilə təmin olunur.

Deməli, elektrik təchizatı sisteminin bütün vasitələrində itkiləri düzgün hesablamaq, onların mürəkkəblərinin təşkilçilərini aşkara çıxarmaq və itkilərin azaldılması, habelə elektrik enerjisinə qənaət edilməsi üzrə əsas istiqamətləri müəyyənləşdirmək bacarığı elektrik şəbəkəsinin düzgün layihələndirilməsi və istismarında əsas şərtir.

Elektrik təchizatı sisteminin ayrı-ayrı vəsillərində güc və elektrik enerjisi itkilərini təyinetmə metodlarını nəzərdən keçirək.

Hava və kabel xətlərində güc və elektrik enerjisi itkiləri.

Elektrik yükü, bir qayda olaraq, dəyişən xarakterlidir. Buna görə də xətlərdə güc və elektrik enerjisi itkiləri yükün dəyişməsindən asılıdır. Layihələndirilən obyektlər üzrə güc və elektrik enerjisi itkilərini ya xəttin qoşulma vaxtını (T_v) nəzərə almaqla orta kvadratik cərəyanın (J_{or}) qiymətinə görə, ya da τ itkiləri zamanı maksimal cərəyana (Y_{maks}) görə hesablamaq olar.



Şəkil 1. İtkilər vaxtını təyin etmək üçün qrafik

Orta kvadratik cərəyan ekvivalent cərəyan olub, T_v vaxtı ərzində dəyişən həqiqi cərəyanın güc və elektrik enerjisi itkisi qədər itkiyə səbəb olur.

τ itkilər vaxtı hesablama vaxtıdır. Əgər xətt bu vaxt ərzində dəyişməz maksimal yüklə (Y_{maks}) işləsə, həqiqi dəyişən yük qrafiki üzrə işləyən zaman itirdiyi qədər güc və elektrik enerjisi itirə bilər.

Orta kvadratik cərəyanı orta cərəyana (Y_{or}) və yük qrafiki formasının əmsalı (k_f) görə tapılır;

$$Y_{sk} = k_f Y_{or}$$

burada

$$Y_{or} = W / (T_v \sqrt{3U_{nom}} \cos \varphi_{orv})$$

Burada, W- elektrik enerjisinin T_v vaxt (sutka, il ərzində aktiv sərfi: $\cos \varphi_{or-r}$) gücün orta əmsalıdır.

Layihə təşkilatları tərəfindən verilən və praktik hesablamalar üçün kifayət qədər dəqiq məlumatlara görə istənilən sayda (ikidən artıq) uzunmüddətli iş rejimli cərəyan qəbulediciləri olan zaman forma əmsalı $k_f = 1,05-1,1$

Orta kvadratik cərəyan üzrə aktiv güc itkisi və elektrik enerjisi itkisi müəyyən edilir.

$$\Delta P = 3I_{o.k.}^2 R \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta W = \Delta P T_v$$

Reaktiv güc və reaktiv enerji itkiləri

$$\Delta Q = 3I_{o.k.}^2 X \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta V = \Delta Q T_v$$

Əgər müəyyən vaxt ərzində hesaba alınmış elektrik enerjisi sərfi (W), habelə maksimal yük gücü (P_{max}) məlumdursa, onda T_{max} vaxtını - məlum xəttin həmin elektrik enerjisini verə biləcəyi vaxtı (T_{max}) tapmaq olar:

$$T_{max} = \frac{W}{P_{max}}$$

Yük maksimumdan istifadə vaxtı istehlakçının istehsal xarakteri ildə orta hesabla: işıqlandırma yükü üçün 1500-2000 saat, bir növbəli müəssisələr üçün 1800-2500 saat, iki növbəli müəssisələr üçün 3500-4500 saat, üç növbəli müəssisələr üçün 5000-7000 saat təşkil edir.

W və T_{max} kəmiyyətlərinə əsasən, nəzərdən keçirilən vaxtda maksimal cərəyanı təyin etmək olar:

$$I_{max} = \frac{W}{T_{max} \sqrt{3U_{nom}} \cos \varphi_{or}}$$

Elektrik enerjisinin aktiv və reaktiv itkilərinin təyin edilir:

$$\Delta W = 3I_{max}^2 R \tau$$

$$\Delta V = 3I_{max}^2 X \tau$$

Elektrik enerjisi itkilərini bilməklə onlara müvafiq güc itkilərini tapmaq olar:

$$\Delta P = \frac{\Delta W}{\tau}$$

$$\Delta Q = \frac{\Delta V}{\tau}$$

Transformatorlarda güc və elektrik enerjisi itkiləri.

Transformatorlarda güc itkiləri aktiv və reaktiv güc itkilərdən ibarətdir.

Aktiv güc itkiləri.

Bu itkiləri iki mürəkkəbdən ibarətdir: yük cərəyanından asılı olan, transformator dolaqlarının qızmasına gedən və yük cərəyanından asılı olmayan itkilər (ΔP) və poladın qızmasına gedən və yük cərəyanından asılı olmayan itkilər ΔP_p .

Transformator dolaqlarının qızmasına gedən güc itkiləri

$$\Delta P = 3I^2 R_T = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_T$$

Bu zaman tam aktiv itkilər:

$$\Delta P_T = \Delta P + \Delta P_n = \frac{(P^2 + Q^2)R_t}{U^2} + \Delta P_n$$

$$R_T = \frac{\Delta P_m U_{nom}^2}{S_{nom}^2}$$

Reaktiv güc itkiləri.

Bu itkilər iki itkidən: transformator da maqnit selinin səpələnməsi səbəbindən baş verən və yük cərəyanının kvadratından asılı olan itkilərdən (ΔQ) və transformatorun maqnitlənməsinə gedən və yük cərəyanından asılı olmayan itkilərdən ΔQ_μ ibarətdir.

Maqnit selinin səpələnməsi ilə əlaqədar olan güc itkiləri

$$\Delta Q = 3I^2 X_T = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_T$$

Bu zaman tam reaktiv itkilər

$$\Delta Q_T = \Delta Q + \Delta Q_\mu = \frac{(P^2 + Q^2)X_t}{U^2} + \Delta Q_\mu$$

Burada, X_T –transformator dolaqlarının qısa qapanma gərginliyi (U_{qq}) və R_T müqaviməti ilə müəyyən olunan reaktiv müqavimətidir.

Transformatorun müqaviməti (Om) və reaktiv itkiləri (kvar) katoloq məlumatına əsasən təyin edilə bilər.

Əgər, itkiləri təyin edən zaman reaktiv gücü verərkən aktiv güc itkisindən ibarət olan reaktiv gücün iqtisadi ekvivalenti nəzərə alınsa, onda transformatorun boş gedişi zamanı gətirilmiş aktiv güc itkiləri:

$$\Delta P_0 = \Delta P_p + k_{iqt} \Delta Q_T ;$$

transformatorun qısa qapanması zamanı gətirilmiş aktiv güc itkiləri

$$\Delta P'_0 = \Delta P_m + k_{iqt} \Delta Q_T .$$

Yarımsansiyada paralel işləyən eyni n transformator olan zaman aktiv güc itkiləri, kVt:

$$\Delta P_T = n \Delta P_p + \frac{\Delta P}{n} \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{nom}} \right)^2$$

Misdə elektrik enerjisi itkiləri.

Bu itkiləri misdə güc itkilərinə ($\Delta P_{m.nom}$) görə, $\tau = f(T_i, \cos \varphi)$ asılılıq əyrisindən tapılan maksimal yükə (S_{max}) və itkilər vaxtına əsasən təyin etmək olar.

$$\Delta W_m = \Delta P_{mnom} \left(\frac{S_{max}}{S_{nom}} \right)^2 \tau$$

Poladda elektrik enerjisi itkiləri.

Onları boş gediş zamanı güc itkilərinə və transformatorun qoşulma vaxtına görə təyin edirlər:

$$W_p = \Delta P_p = T_v$$

Elektrik enerjisinin yekun aktiv itkiləri,

$$\Delta W = \Delta P_{mnom} \left(\frac{S_{max}}{S_{nom}} \right)^{2\tau} \tau = \Delta P_{m.nom} k_y^2 \tau + \Delta P_p T_v$$

Elektrik enerjisinin yekun reaktiv itkiləri.

$$\Delta V = \Delta Q \tau = \Delta Q_\mu T_v = \frac{S_{nom}}{100} (u_q k_y^2 \tau + i_{b.k.} T_v)$$

Reaktorlarda güc və elektrik enerjisi itkiləri.

Onlar reaktorlarda aktiv güc itkiləri kəmiyyəti ilə təyin edilir:

$$\Delta P_p = k_y^2 3 \Delta P_{nom.f.}$$

Burada, ΔP_{nomf} - nominal yük zamanı reaktorun bir fazasında aktiv güc itkiləri (kVt);

$k_g = \frac{I}{I_{nom}}$ reaktordan axan həqiqi cərəyanın reaktorun nominal cərəyanına nisbətidir.

Reaktiv güc itkisi

$$\Delta Q_p = k_y^2 3\Delta Q_{nom.f.}$$

$\Delta Q_{nom.f.}$ - nominal yük zamanı reaktorun bir fazasında reaktiv güc itkiləridir (kvar).

Reaktorun üç fazasında aktiv və reaktiv elektrik enerjisi itkiləri müvafiq sürətdə aşağıdakı kimidir:

$$\Delta W_p = \Delta P_p T_v$$

$$\Delta V_p = \Delta Q_p T_v$$

ƏDƏBİYYAT

1. Kazımov Ş.K., Hacıyeva V.İ., Novruzova S.Y. Naхçıvan MR elektroenergetika sistemləri. Naхçıvan: 2007
2. Kazımov Ş.K., V.İ.Hacıyeva Elektrik Enerjisinin Ötürülməsi və Paylanması, Naхçıvan: 2019
3. Nürəli Yusifbəyli. Elektrik sistemində keçid prosesləri. Bakı: 2008
4. Худяков И. Ремонт трансформаторов. Москва высшая школа 1982
5. Касаткин А.С. Электротехника, Москва, 1974

NAİLƏ QARDAŞBƏYOVA
naileqardashbeyova@gmail.com
ADİLƏ QULİYEVA
Naxçıvan Dövlət Universiteti

TİBB TEXNOLOGİYASINDA MEXATRONİK SİSTEMLƏRİN TƏTBİQİ

Gündəlik həyatımızda istifadə etdiyimiz avtomobillər, məişət texnikası, istehsal və s. ətrafımızda böyük rol oynayır. Və bütün bunların necə yaradıldığını bilirikmi!? İstehsalın əsasını elmi-texniki sənayenin biliyi təşkil edir. Yüksək texnologiyalar əsrində mexatronik sistemlər getdikcə daha çox populyarlıq qazanır. Mexatronikanın inkişafı bir sıra sahələrdən olan məlumatların birləşdirilməsi əsasında həyata keçirilir: dəqiq mexanika, elektrotexnika, mikroelektronika, informasiya texnologiyaları, enerji elektronika və digər elmitexniki fənlər. Bu mühtidə inkişaf perspektivləri olduqca böyükdür, çünki bu zaman hər kəs təkcə istehsalı deyil, həm də gündəlik həyatı avtomatlaşdırmağa çalışır. Mexatronika nədir?

Mexatronika kompüterlə idarə olunan hərəkəti olan avadanlıqların yaradılması və texniki xidmət göstərilməsi ilə məşğul olan elmi-texniki sahədir. O, elektromexanika, elektronika, avtomatlaşdırma, mikroprosessor texnologiyası, həmçinin İT-informasiya texnologiyaları sahəsində biliklərə əsaslanır.

Elektron mexanizmlərin sistemləri proqramlaşdırıla bilən əmrlərlə idarə olunur. Yaponiyada bu sistemləri təsvir etmək üçün "mexatronika" termini yayılmağa başladı. Bu termin 1969-cu ildə yapon mühəndisi Tetsuro Moridir tərəfindən ortaya çıxdı [4]. "Mexatronika" termini bütün dünyada geniş şəkildə tanınmağa başladı.

Bir çox müasir sistemlər mexatronikdir və ya mexatronikanın elementlərindən istifadə edir, buna görə də mexatronika tədricən "hər şeyin elminə" çevrilir. Mexatronika bir çox sənaye və sahələrdə istifadə olunur, məsələn: robototexnika, avtomobil, aviasiya və kosmik texnologiya, tibbi və idman avadanlıqları, məişət texnikası və s. Mexatronika, funksional hərəkətlərinə ağıllı nəzarət etməklə keyfiyyətcə yeni mexanizmlərin, maşınların və sistemlərin layihələndirilməsini və istehsalını təmin edən dəqiq mexanika qurğularının elektron, elektrik və kompüter komponentləri ilə birləşməsinə əsaslanan elm və texnologiya sahəsidir.

Təhlükəli və ya gözlənilməz şəraitdə insan əməyini mexaniki işlərlə əvəz etmək tələb oluna bilər. Məsələn, çoxsaylı elmi fantastika filmlərində təqdim olunan robot yükləyiciləri və ekzoskeletləri xatırlaya bilərik. Mexatronika isə robotu nəinki hərəkətə gətirir, müəyyən edilmiş bir sıra hərəkətləri yerinə yetirir, həm də ona müstəqil qərarlar qəbul etmək və dəyişən şəraitə uyğunlaşmaq imkanı verir. Ümumiyyətlə, robotu bizim öyrəşdiyimiz formaya gətirir. Mexatronik modulaların inkişafının əsas tendensiyaları onların intellektuallaşdırılması (natamam və qeyri-səlis ilkin məlumat şəraitində işləməyə yönəldilməsi) və miniatürləşdirməsidir. Mexatronikanın məqsədi müxtəlif təyinatlı, keyfiyyətcə yeni funksiya və xassələrə malik olan intellektual avadanlıqlar və fiziki-texniki sistemlər və proseslər yaratmaqdır.

Ağıllı mexatronik mexanizmlərin əhatə dairəsi müxtəlif və genişdir. Mikroprosessor texnologiyalarının inkişafı funksionallığı təkmilləşdirməyə və texnologiya üçün yeni imkanlar yaratmağa imkan verir.

Tibbi texnologiyanın inkişafı yeni ideyaların meydana çıxması ilə bağlıdır ki, bu da öz növbəsində yeni modellərin yaranmasına kömək edir. Tibbi əməliyyatların avtomatlaşdırılmasının ənənəvi vasitələri ilə müqayisədə mexatronik cihazların əsas üstünlüklərinə aşağıdakılar daxildir:

- bütün elementlərin və interfeyslərin yüksək dərəcədə inteqrasiyası, unifikasiyası və standartlaşdırılması səbəbindən nisbətən aşağı qiymət;
- intellektual idarəetmə üsullarının tətbiqi hesabına mürəkkəb və dəqiq hərəkətlərin həyata keçirilməsinin yüksək keyfiyyəti;
- yüksək etibarlılıq, davamlılıq və səs-küyə qarşı müqavimət;
- modulaların konstruktiv kompaktlığı (miniaturlaşdırma və mikromaşınlarla qədər);

- kinematik zəncirlərin sadələşdirilməsi hesabına maşınların çəkisinin, ölçülərinin və dinamik xüsusiyyətlərinin təkmilləşdirilməsi;

- funksional modulların kompleks mexatronik sistemlərə və müştərinin konkret tapşırıqları üçün kompleksləşdirilməsi imkanı;

Tibbi texnologiyaya aşağıdakılar daxildir:

- tibbi robotlar, xəstələrin rehabilitasiya sistemləri, manual terapiya və masaj üçün sistemlər, anesteziya-tənəffüs aparatı, reanimasiya və anesteziya avadanlığı, diaqnostik avadanlıq, cərrahi avadanlıq.

Tibbi cihazlarından aşağıdakıları göstərmək olar:

- ümumi cərrahi və xüsusi təyinatlı alətlər, ginekoloji alətlər, radioloji alətlər, diş alətləri, cərrahi alətlər.

Radiasiya terapiyasında istifadə olunan rentgen və radioloji cihazlar (rentgen-flüoresent analizi), endoskoplar və endoskopik retrograd xolangiopankreatoqrafiya (Endoskopik retrograd xolangiopankreatoqrafiya (ERCP) rentgen görüntülərindəki öd yollarını vurğulamaq üçün bir boya istifadə edir. Sonunda kamera olan nazik, çevik bir boru (endoskop) boğazdan aşağı nazik bağırsağa ötürülür. Boya kanallara endoskopdan keçən kiçik bir boşluq borusu (kateter) vasitəsilə daxil olur. Bədənin daxili strukturlarını vizuallaşdırmaq üçün texnikası, termal görüntüləmə avadanlığı, funksional diaqnostika vasitələri, ürəkdən (elektrokardiografiya), beyindən (elektroensefaloqrafiya), skelet əzələlərindən (elektromiografiya), mədə və bağırsağın hamar əzələlərindən (elektroqastroenteroqrafiya) elektrik siqnallarını qəbul etmək üçün cihazlar; arterial və venoz təzyiğin öyrənilməsi qan təzyiqi (sfiqmomometriya), tənəffüs (spirometriya), qanın və digər bioloji mayələrin laboratoriya analizi üçün vasitələr, fototerapiya, hidroterapiya üçün avadanlıq, elektroakupunktur üçün avadanlıq (refleksoterapiya), mexanoterapiya, baroterapiya (təzyiqlə müalicə), oksigen baroterapiyası üçün avadanlıqlar və s.

Bu gün müxtəlif ixtisaslar üzrə həkimlər (oftalmoloq, terapevt, stomatoloq və s.) üçün tibbi avadanlıq kompleksləri hazırlanır.

Məsələn, “Elektron həkim məsləhətçiləri” adlanan sistem yarandı və tətbiq edilməkdədir. Kompüter texnologiyasının inkişafı sayəsində orqanizm tərəfindən fərdi funksiyaların (süni ağciyər, süni ürək, süni böyrək) müvəqqəti itirilməsi halında müxtəlif həyatı təmin edən sistemlər meydana çıxdı.

Tibbi ventilyatorlar, ürək-ağciyər aparatları və dializ aparatı xəstənin həyatına dəstək olmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Həmçinin, ventilyator hava axınını tənzimləyən müasir avadanlıqdır.

Terapevtik avadanlıqlara infuziya nasosları, ultrasəs terapiya cihazları daxildir.

Tibbi monitorlar tibb işçilərinə xəstənin vəziyyətini, o cümlədən EKQ, EE, qan təzyiqi və s. izləməyə imkan verir.

Diaqnostik avadanlıqlar, o cümlədən tibbi görüntüləmə avadanlığına ultrasəs, nüvə maqnit rezonansı, kompüter tomoqrafiyası, emissiya tomoqrafiyası və rentgen aparatları daxildir.

Cərrahi avadanlıqlara isə bunları misal gətirə bilərik: əməliyyat masası, əməliyyat işığı, asma tavan konsolları, tibbi aspirator, endocərrahi laparoskopik videokomplekslər və bədənin intrakavitar, intraarterial və digər sahələrinin diaqnostikası, müalicəsi üçün nəzərdə tutulmuş avadanlıqlar.

Tibb işçilərini çağırmaq üçün avadanlıq (palata siqnalizasiya sistemi) zəngləri xəstəxana palatalarından tibb işçilərinin növbətçi məntəqələrinə zəng nöqtələrinin və zəng siqnallarının növlərinin mətn, optik və akustik identifikasiyası ilə ötürür.

Funksional diaqnostika üçün əməliyyatı doppleroqrafiya, rentgenoqrafiya, kardiografiya, elektrofizioloji üsullar (EEQ, EKQ, elektroqastroqrafiya, asidoqastrometriya və s.) prinsiplərinə əsaslanan avadanlıqlardan istifadə olunur.

Bu gün cərrahiyyədə robot texnologiyalarının istifadəsinin təmin etdiyi əsas üstünlüklər aşağıdakılardır:

- diaqnostikada və ya əməliyyatın aparılmasında həkimin təbii manipulyasiya və sensor imkanlarının genişləndirilməsi;

- həkimə təsir edən təsadüfi amillərin əksəriyyətini (tremor, qeyri-iradi əl hərəkətləri və s.)

aradan qaldırmaqla əməliyyatların və müayinələrin stabil keyfiyyətinin təmin edilməsi;

- uzaqdan aparılan əməliyyatlar (telecərrahiyyə), müayinələr və s. vasitəsilə yüksək ixtisaslı tibbi yardımın əlçatanlığını artırmaq.

- Robotik cərrahiyyənin perspektivli inkişafı

- Transoral cərrahiyyə, baş və boyun cərrahiyyəsi və ginekoloji cərrahiyyədir.

Qeyd etmək lazımdır ki, 2014-cü ilə qədər robotik cərrahiyyəyə həsr olunmuş 6000-dən çox nəşr var idi ki, bu da elmi ictimaiyyətin bu sahəyə yüksək marağından xəbər verir [4].

Bioprinting texnologiyasının əsasını 3D çap, yəni virtual üçölçülü model əsasında fiziki obyektin qatqat yaradılması təşkil edir. Sonradan xəstəyə köçürülən canlı orqanlar və ya onların ayrı-ayrı elementləri bioprintinqdə fiziki obyekt kimi çıxış edir.

Rentgen şüalarının kəşfindən sonra tibbdə böyük irəliləyişlər oldu. Rentgen 28 dekabr 1985-ci ildə “yeni şüa haqqında” ilkin məlumat verdi. Rentgen göstərdi ki, bu şüalar az və ya çox dərəcədə bütün cismlərə nüfuz edir, xüsusi tərkibdə olan maddələrdə, məsələn: platin-sianistli bariumda işıqlanma yaradır, gümüş xloridlə örtülmüş fotolövhdə qaralma yaradır, düz xətt boyunca yayılır, öz istiqamətini dəyişmir, əks olunmur və sınırmır.

Müxtəlif toxumaların, rentgen şüalarını kifayət qədər fərqli udmasına əsaslanaraq, insan bədəninin müxtəlif orqanlarının xəyalını almaq olur. Rentgendiagnostikadan iki variantda istifadə edilir: rentgenoskopiya, rentgenoqrafiya.

Rentgenoskopiya–xəyala rentgenolüminessensiya edici ekranda baxılır, rentgenoqrafiya–xəyal fotoplyonkada qeyd edilir [5].

Rentgenoqrafiya üsulunun ən maraqlı və perspektivli sahələrindən biri tomoqrafiya üsuludur. Kompüter tomoqrafiyasının yaranması tarixindən çox keçsə də bu üsul çox dinamik inkişaf etməkdə davam edir. KT texnikasının çox sürətli inkişafı, radioloqların müxtəlif orqanlar üçün və müxtəlif xəstəliklərin diaqnozunda olduqca mühüm rol oynayır. Kompüter tomoqrafiyası təcrübəsi sırasında ən dinamik inkişaf edən sahə KT anqioqrafiya, kardial KT-üsulları və işin yenidən işlənməsi texnologiyasında tətbiq olunan yeniliklərdir.

Bu deyilənlərdən görüldüyü kimi, robot texnologiyalarının tibbdə istifadəsi bir çox xəstəliklərin müalicəsində və diaqnostikasında keyfiyyətə yeni nəticələrin əldə olunmasını təmin edir.

Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatların nəticələrindən cərrahiyyənin müxtəlif sahələri üzrə həkimlərin hazırlanmasında və sertifikatlaşdırılmasında, eləcə də tədris proqramlarında istifadə edilməsi nəzərdə tutulur.

ƏDƏBİYYAT

1. Готлиб Б.М., Вакалюк А.А. "Введение в специальность "мехатроника и робототехника", 2012
2. Камлюк В.С., Камлюк Д.В. "Мехатронные модули и системы в технологическом оборудовании для микроэлектроники: учебное пособие", 2016
3. Пелипко Н.Р. "История развития мехатроники"
4. Парушев Г.Е. "Уровни интеграции мехатронных систем", 2015
5. Qardaşbəyova N.S. Həsənova-Abdullayeva “Müasir dövüdə biofizikanın inkişafı və tibbdə tətbiqi.” Elektrokardioqramma cihazı (EKQ), Fizika İnstitutu Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. Fizika jurnalı, XXIX-cild №1, bölmə Azərbaycan 2023.

SEYFƏDDİN CƏFƏROV
ELGÜN TAĞIYEV
GÜLSEVƏR MƏJLUMOVA
Naxçıvan Dövlət Universiteti
SƏYYARƏ CƏFƏROVA
Naxçıvan şəhər, 8 Nəli məktəb

FİZİKANIN TƏDRİSİNDƏ PROBLEMLİ TƏLİM

Ayrı-ayrı animasiya tapşırıqlarından, xüsusi yaradılmış kompüter modellərdən, praktikaya tətbiq edilən kompüter avadanlığından istifadə etməklə, bulud texnologiyalarından və ya oyunlaşdırma elementlərindən istifadə etməklə şagirdə virtual rejimdə ideal modelin tam vizuallaşdırılmasını təmin edəcəkdir [4]. Bundan əlavə, çoxlu əlavə amillər nəzərə alınmaqla bilərə ki, onların istifadəsi sayəsində onun mürəkkəbliyi təmin edilir, inkişafı davam edən real prosesə yaxınlaşdırılır. Kompüter avadanlığı real fiziki təcrübə çərçivəsində həyata keçirilə bilməyən fərdi vəziyyətlərin modelləşdirilməsini təmin edir. Virtual mühitdə çoxlu sayda müxtəlif modellər quraşdırılır. Baxılan bir sıra modellər bacarıqların inkişafına yönəlib (konstruktorlar və simulyatorlardan istifadə etməklə). Digərləri laboratoriyada yaradılmış şəraitdə əvvəllər əlçatmaz olan fiziki hadisələri mümkün qədər öyrənməyə və istədiyiniz nəticəni əldə etməyə kömək edəcəkdir. Virtual modellərdən istifadə təlim prosesinin asanlığını və əlçatanlığını, lazımı bacarıqlar toplusunu əldə etməyi təmin edəcək, fizikanın tədrisində informasiya texnologiyalarının tətbiqində əsas olan görünmə prinsipi həyata keçiriləcək [5].

Eksperimental məsələlərin həlli zamanı alətlər və aksesuarlar dəsti və ya hazır laboratoriya qurğusu mövcuddur və onun köməyi ilə naməlum fiziki kəmiyyətin tapılması təklif olunur. Bu zaman fiziki məsələnin şərtinə daxil olan kəmiyyətlərin riyazi asılılığını qurmaq, hansı parametrlərin ilkin olacağını müəyyən etmək tələb olunur. Eksperimental məsələlərin kompüter simulyasiyasında Macromedia Flash proqram məhsulunun texnologiyalarından istifadə edilmişdir [6]. O, rastr qrafik redaktoru və quraşdırılmış obyekt yönümlü proqramlaşdırma dili ActionScript 2.0 [7] əsasında qurulub.



Şəkil 1. Fizikadan eksperimental məsələnin interaktiv elektron modeli

Şəkil 1. Topun üfüqdə bucaq altında atəşə tutulması zamanı baş verən mexaniki proseslər üzrə eksperimental tapşırığı simulyasiya edən kompüter interaktiv animasiyasının görünüşünü göstərir. Topdan atılan atəşdən sonra topun ilkin mövqedən geri çəkilmə miqdarı müəyyən edilir. Bu prosesi təsvir edən fiziki kəmiyyətlər bunlardır: mərminin ilkin sürəti, atış bucağı, mərminin və silahın kütlələri, silahın səthdə sürtünmə əmsalı, atəşdən sonra silahın geri çəkilmə miqdarı. Problemin vəziyyətinə uyğun olaraq, bu prosesi xarakterizə edən parametrlərdən birini müəyyən etmək tələb olunur. Çox vaxt bu tip problemlərdə naməlum kəmiyyəti təyin etmək tələb olunur: topdan atılan mərminin sürəti. Müvafiq olaraq, bütün digər dörd kəmiyyət məlumdur. Bu problemin analitik həlli enerjinin və impulsun saxlanması qanunlarından istifadəyə əsaslanır və heç bir xüsusi çətinlik

yaratmır.

$$S = \frac{1}{2\mu g} \left(\frac{m\omega}{M-m} \cos \alpha \right)^2$$

Bununla belə, tapılan həllin etibarlılığı şübhə doğura bilər. Eksperiment aparmaqla onun düzgünlüyünü və ya səhvlərin olmasını yoxlaya bilərsiniz. Bunun üçün problemin bütün verilmiş şərtlərini və tapılan sürətin qiymətini təyin etməli və topdan atəş açmaqla eksperimental yoxlama aparmalısınız. Silahın geri çəkilmə dəyəri problemin vəziyyətinə tam uyğun olmalıdır. Təcrübə probleminin yaradılmış modeli əsasında tərs məsələlər də yaradıla bilər. Bu vəziyyətdə tapşırıq növlərinin sayı model dəyişənlərinin sayına bərabər olacaqdır. Xüsusilə, digər məsələlərdə aşağıdakı kəmiyyətlərdən birinin naməlum qiymətləri ola bilər: silahın kütləsi, mərmirin kütləsi, atış bucağı və ya silahın səthdə sürtünmə əmsali. Real həyatda quraşdırılmış bir quraşdırma çərçivəsində təcrübə aparmaq təriflə mümkün deyil. Lakin bu modelin istifadəsi bu problemi həll etməyə imkan verir. Təcrübəni başa vuran tələbələr problemin həllində istifadə olunan fizika qanunlarının etibarlılığına əmin olurlar.



Şəkil 2. Fizikadan eksperimental məsələnin interaktiv elektron modeli

Şəkil 2. “Arximed qüvvəsinin və cazibə qüvvəsinin təsiri altında cismin hərəkəti” təcrübə məsələsinin yaradılmış modeli göstərilir. Modelin əsas işçi orqanı topdur, materialı dəyişdirilə bilər: mantar, şam, palıd. Bundan əlavə, bir maye olan bir qab var, onun maddəsi də seçim vasitəsi ilə dəyişdirilə bilər. Alətlər panelində Drag-and-Drop texnologiyasından və ya NumericStepper alətindən istifadə edən bədən maye ilə dolu bir qaba batırılır və özünə buraxılır. Maye tərəfdən hərəkət edən Arximed qüvvəsinin təsiri altında cisim sürətlənmə əldə edir və mayenin sərhədinə çatdıqda müəyyən bir ilkin sürətə malikdir. Bundan sonra bədən müəyyən bir hündürlüyə qalxır. Daldırma dərinliyi və maksimum bədən qaldırma hündürlüyü siçan göstəricisi ilə hərəkət edən hökmdar tərəfindən müəyyən edilir. Problemi tərtib edərkən bədən materiallarının və mayələrinin müxtəlif birləşmələrindən istifadə etmək mümkündür. Məsələnin klassik formalaşdırılmasında cismin materialının naməlum sıxlığını təyin etmək tələb olunur. Onu müəyyən etmək üçün mayeyə batırılmış cismin hündürlüyü üçün kifayət qədər sadə analitik həll tapılır.

$$H=h(rt/rt-1)$$

burada **h** cismin batırılma dərinliyi, **H** qalxmanın maksimum hündürlüyüdür. Maye səthindən yuxarıda **rl** və **rt** müvafiq olaraq maye və maddi cisimlərin sıxlıqlarıdır. Bundan istifadə edərək, bədən materialının sıxlığını təyin etmək asandır:

$$\rho_t = \rho_z h / (H/h + 1)$$

Bu modeldən istifadə edərək tərs məsələni həll etmək mümkündür: aşağıdakı ifadədən istifadə edərək, materialın sıxlığı məlumdursa, mayenin sıxlığını təyin etmək:

$$\rho_{zh} = (H/h+1) \rho_t$$



Şəkil 3. Fizikadan eksperimental məsələnin interaktiv elektron modeli

Şəkil 3. “Mayenin səthində cismin rəqsləri” eksperimental məsələsinin yaradılmış elektron modeli göstərilir. Model maye ilə bir qaba batırılmış silindrik şamandıra şəklində bərk cisimlə təmsil olunur. Siçan göstəricisi və Drag-an-Drop texnologiyasından istifadə edərək balanssız olduqda, float salınmağa başlayır. Tapşırıqın eksperimental qurulması saniyəölçən və Başla, Pauza və Sıfırla düymələri olan elektron bölmə tərəfindən idarə olunur. **"Başlat"** düyməsini istifadə edərək, saniyəölçən işə salınır və şamandıranın ən azı 20 salınımını etmək vaxtı ölçülür. Nəticədə, salınım-ların müddətini və ya tezliyini müəyyən etmək mümkündür. Mayeyə batırılmış cismin salınma dövrünün müvafiq asılılığı onun kütləsi və radiusundan, həmçinin mayenin sıxlığından asılıdır və formaya malikdir:

$$T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho_{жс} g}}$$

Bu dəyişənlərdən biri müəyyən edilməli olan naməlum kəmiyyət ola bilər. Bunun üçün müvafiq tərs məsələni həllini tapmaq lazımdır. Fizikada eksperimental problemin interaktiv elektron modelinin fərqli bir xüsusiyyəti **Şəkil 4.** göstərilmişdir. "Kondensatorun elektrik sahəsindəki riyazi rəqqasın rəqslərinin", elektrik yüklərinin zamanla tez boşalmağa meyilli olması səbəbindən real dünyada həyata keçirilə bilməməsi faktıdır. Bununla belə, xarici aləmdən təsirlənməyən ideal bir kompüter modeli asanlıqla yaradıla bilər ki, bu da bu işdə nümayiş etdirildi. Bu eksperimental problemin kompüter modeli kifayət qədər çox sayda parametərə malikdir, hər biri lazımı dəyər ola bilər, əgər onun dəyəri şərtə yoxdursa: riyazi rəqqasın uzunluğu, cismin maddi nöqtəsinin kütləsi və yükü, sarkaç gövdəsi, kondensator plitələri arasındakı gərginlik və aralarındakı məsafə. Rəqqasın rəqs müddəti təcrübədən müəyyən edilir. Bu rəqqasın rəqs dövrünün analitik ifadəsi düsturla müəyyən edilir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{l} \left(g + \frac{qU}{md} \right)}$$

Rəqs dövrünün eksperimental qiymətini bilməklə, məsələnin şərtində dəyəri olmayan naməlum kəmiyyətlərdən hər hansı birini hesablamaq olar.



Şəkil 4. Fizikadan eksperimental məsələnin interaktiv elektron modeli

Şəkil 5. “Maqnit sahəsində yüklü zərrəciklərin hərəkəti” eksperimental məsələsinin kompüter modeli göstərilir. Bu problem, məlum olduğu kimi, nəhəng sürətlərin, kiçik kütlələrin və zamanların olduğu mikrokosmosun prosesləri ilə bağlı hadisələri təsvir edir. Maqnit induksiya xətlərinə müəyyən bucaq altında maqnit sahəsinə uçmuş yüklü hissəciyin trayektoriyası spiral olacaqdır. Bu spiralın xüsusiyyətləri bir çox parametrlərdən asılı olacaq: sürət, kütlə və hissəcik, sürət istiqaməti ilə maqnit induksiya vektoru arasındakı bucaq. Spiralın hündürlüyü və radiusu kimi bu xüsusiyyətlər çox vaxt makroskopikdir və adi bir hökmdarla ölçülə bilər. Spiralın hündürlüyü aşağıdakı analitik ifadə ilə müəyyən edilir:

$$H = \frac{2\pi m v}{Bq} \cos \alpha$$

Eksperimental məsələnin elektron modelində siçan ilə hərəkət edən üfüqi və şaquli xətkəşlərdən istifadə etməklə spiralın hündürlüyü və radiusu ölçülür. Bu parametrlərin dəyərini bilməklə naməlum fiziki kəmiyyəti asanlıqla müəyyən etmək olar. Şagirdlə interaktiv dialoqun təşkili idrak fəaliyyətini aktivləşdirir və həvəsləndirir. Məlumatın təqdim edilməsinin əlavə üsullarından istifadə dərslər zamanı marağı artırır.



Şəkil 5. Fizikadan eksperimental məsələnin interaktiv elektron modeli

Təlim müəssisələrində nümayiş və laboratoriya işlərinə əlavə olaraq interaktiv materiallardan istifadə xüsusilə səmərəlidir. Fizikada virtual interaktiv eksperimental məsələlər bir neçə funksiyanı yerinə yetirə bilər. Onlar fiziki prosesləri onların simulyasiyası vasitəsilə tədqiq etməyə, tələbənin texniki bacarıqlarını inkişaf etdirməyə və birbaşa öyrənmək üçün əlçatmaz olan hadisələri təqdim etməyə imkan verir. Beləliklə, dünyanın daha dolğun fiziki mənzərəsi formalaşır və üfüqlər genişlənilir. Eksperimental məsələlərin yaradılmış əməliyyat modellərindən bəziləri ilə saytın fizika üzrə virtual işə həsr olunmuş açıq bölməsində tanış olmaq olar [8].

ƏDƏBİYYAT

1. Девяткин е.м.компьютерное моделирование экспериментальных задач по общей физике // современные проблемы науки и образования. –2017. –№6; url:<https://science-education.ru/ru/article/view?Id=27189> (дата обращения: 07.2022).
2. Гомулина н. Н. Компьютерные обучающие и демонстрационные программы. – газета «физика», 1999, № 12.
3. Белостоцкий п. И., Максимова Г. Ю., Гомулина Н.Н. «Компьютерные технологии: современный урок физики и астрономии». –Газета, «Физика», №20, 1999. –с. 3.
4. Seyfəddin Cəfərov. Yarımkəçiricilər fizikası və elektronikanın əsasları kursunda. Metodik vəsait. – Bakı: mütərcim, 2021. –104 səh.
5. Seyfəddin Cəfərov, Aygün Sultanova, Billurə Hacıyeva. Fizika. Dərs vəsaiti, – Bakı: mütərcim, 2022. – 230 s.
6. Cəfərov S.A., Hacıyevab.X. Fizikadan laboratoriya məşğələlərində yeni informasiya texnologiyalarından istifadə metodikasının ümumi məsələləri. Elmi əsərlər. Naxçıvan Müəllimlər İnstitu. 2021. N-2(64), səh. 109-113

YAQUT ŞÜKÜROVA
mehemmed1513mehemmed@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti

MAQNİT SAHƏSİNDƏ YÜKLÜ LEPTONLAR (ANTİLEPTONLAR) TƏRƏFİNDƏN NEYTRİNO CÜTLƏRİNİN BURAXILMASI PROSESİNDƏ ENERJİ İTKİLƏRİ

Yüklü leptonun spininin eninə polyarlaşması halı polyarlaşma tenzorunun maqnit sahəsi boyunca yönəlmiş komponenti olan μ_3 spin operatoru ilə təsvir olunur:

$$\mu_3 = \Sigma_3 + i\gamma^0\gamma^5 (\vec{\Sigma} \times \vec{P})_z = \frac{E}{m_e} \gamma^0 (\Sigma_3 + \gamma^5 p_z). \quad (1)$$

Burada $\vec{P} = -i\vec{\nabla} + e\vec{A}$ - kinetik impuls operatoru və m_e - yüklü leptonun kütləsidir. Bu halda yüklü leptonun ψ dalğa funksiyası μ_3 spin operatorunun məxsusi funksiyasıdır:

$$\mu_3\psi = \frac{E_{\perp}}{m_l} \zeta\psi. \quad (2)$$

Burada,

$$E_{\perp} = \sqrt{E^2 - p_z^2}. \quad (3)$$

$p_3 = 0$ olduqda, μ_3 operatoru eninə polyarlaşmanı dəqiq təsvir edir. $p_3 \neq 0$ olduqda isə, sahə boyunca (və ya onun əksinə) olan polyarlaşmadan danışmaq daha dəqiq olar. Yüklü leptonun eninə polyarlaşması halında $\zeta = +1$ qiyməti spinin maqnit sahəsi istiqaməti boyunca yönəlməsinə, $\zeta = -1$ qiyməti isə spinin maqnit sahəsinin əksi istiqamətində yönəlməsinə uyğun gəlir.

Eninə polyarlaşma halında yüklü leptonun spin əmsalları aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} B_3 (A_3 + A_4) \\ B_4 (A_4 - A_3) \\ B_3 (A_3 - A_4) \\ B_4 (A_4 + A_3) \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Burada,

$$A_3 = \sqrt{1 + \frac{p_z}{E}}, \quad (5)$$

$$A_4 = \zeta \sqrt{1 - \frac{p_z}{E}}, \quad (6)$$

$$B_3 = \sqrt{1 + \zeta \frac{m_l}{E_{\perp}}}, \quad (7)$$

$$B_4 = \zeta \sqrt{1 - \zeta \frac{m_l}{E_{\perp}}}. \quad (8)$$

(4-8) ifadələrinin köməyi ilə başlanğıc və son halda olan yüklü leptonların eninə polyarlaşmaları halında maqnit sahəsində yüklü leptonlar (antileptonlar) tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması prosesində 4-ölçülü cərəyanın keçid amplitudu üçün aşağıdakı ümumi ifadəni alırıq:

$$J^\alpha = \begin{pmatrix} g_V s_0 f_0 - g_A s_2 f_3 \\ g_V s_1 f_1 + i g_A s_3 f_2 \\ g_V s_1 f_2 - i g_A s_3 f_1 \\ g_V s_2 f_0 - g_A s_0 f_3 \end{pmatrix}, \quad (9)$$

Burada,

$$f_0 = B_3 B'_3 I_{n-1, n'-1} + B_4 B'_4 I_{n, n'}, \quad (10)$$

$$f_1 = B'_3 B_4 e^{i\lambda} I_{n, n'-1} + B_3 B'_4 e^{-i\lambda} I_{n-1, n'}, \quad (11)$$

$$f_2 = -i B'_3 B_4 e^{i\lambda} I_{n, n'-1} + i B_3 B'_4 e^{-i\lambda} I_{n-1, n'}, \quad (12)$$

$$f_3 = B_3 B'_3 I_{n-1, n'-1} - B_4 B'_4 I_{n, n'}, \quad (13)$$

$$s_0 = \frac{1}{4} (A_3 A'_3 + A_4 A'_4), \quad (14)$$

$$s_1 = \frac{1}{4} (A_3 A'_4 + A'_3 A_4), \quad (15)$$

$$s_2 = \frac{1}{4} (A_3 A'_3 - A_4 A'_4), \quad (16)$$

$$s_3 = \frac{1}{4} (A_3 A'_4 - A'_3 A_4). \quad (17)$$

(10-13) ifadələrində $I_{m'}$, $I_{n, n'-1}$, $I_{n-1, n'}$, $I_{n-1, n'-1}$ funksiyaları Lyaher funksiyaları olub,

$$I_{m'}(x) = \left(\frac{n'!}{n!} \right)^{1/2} e^{-x/2} x^{(n-n')/2} L_{n'}^{n-n'}(x) \quad (18)$$

kimi təyin edilir. $L_{n'}^{n-n'}(x)$ çoxhədlisi

$$x = \frac{q_x^2 + q_y^2}{2h} \quad (19)$$

arqumentindən asılı olan Lyaher çoxhədlisidir

$$L_{n'}^{n-n'} = \frac{1}{n'} e^x x^{n'-n} \frac{d^{n'}}{dx^{n'}} (e^{-x} x^n). \quad (20)$$

J^α cərəyanının komponentlərini nəzərə aldıqda yüklü leptonların eninə polyarlaşması halında R_0 kəmiyyəti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\begin{aligned} R_0 = & d_1 (t_1 I_4^2 + t_2 I_3^2 + 2t_3 I_3 I_4) + 2d_2 (t_4 I_1^2 + t_5 I_2^2) + d_3 (t_6 I_4^2 + t_7 I_3^2 + 2t_8 I_3 I_4) + \\ & + 4d_4 t_9 I_1 I_2 - 2d_5 (t_{10} I_4^2 + t_{11} I_3^2 + t_{12} I_3 I_4) - 2d_6 (t_4 I_1^2 - t_5 I_2^2) - \\ & - 2d_7 (t_{13} I_1 I_3 + t_{14} I_1 I_4 + t_{15} I_2 I_3 + t_{16} I_2 I_4) + 2d_8 (t_{17} I_1 I_3 + t_{18} I_1 I_4 - t_{19} I_2 I_3 - t_{20} I_2 I_4) + \\ & + 2d_9 (t_{17} I_1 I_3 + t_{18} I_1 I_4 + t_{19} I_2 I_3 + t_{20} I_2 I_4) + 2d_{10} (t_{13} I_1 I_3 + t_{14} I_1 I_4 - t_{15} I_2 I_3 - t_{16} I_2 I_4) \quad (21) \end{aligned}$$

Burada,

$$I_1 = I_{n,n'-1}, \quad (22)$$

$$I_2 = I_{n-1,n'}, \quad (23)$$

$$I_3 = I_{n-1,n'-1}, \quad (24)$$

$$I_4 = I_{n,n'} \quad (25)$$

$$d_1 = 1 + \cos \vartheta \cos \vartheta', \quad (26)$$

$$d_2 = 1 - \cos \vartheta \cos \vartheta', \quad (27)$$

$$d_3 = \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos(\alpha - \alpha'), \quad (28)$$

$$d_4 = \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos(\alpha + \alpha' - 2\varphi), \quad (29)$$

$$d_5 = \cos \vartheta + \cos \vartheta', \quad (30)$$

$$d_6 = \cos \vartheta - \cos \vartheta', \quad (31)$$

$$d_7 = \sin \vartheta \cos(\alpha - \varphi) + \sin \vartheta' \cos(\alpha' - \varphi), \quad (32)$$

$$d_8 = \sin \vartheta \cos(\alpha - \varphi) - \sin \vartheta' \cos(\alpha' - \varphi), \quad (33)$$

$$d_9 = \cos \vartheta \sin \vartheta' \cos(\alpha' - \varphi) + \cos \vartheta' \sin \vartheta \cos(\alpha - \varphi), \quad (34)$$

$$d_{10} = \cos \vartheta \sin \vartheta' \cos(\alpha' - \varphi) - \cos \vartheta' \sin \vartheta \cos(\alpha - \varphi), \quad (35)$$

və t_i ($i = 1, 2, \dots, 20$) spin əmsalları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$t_1 = \frac{1}{4} [g_+(1 + vv') + 2g_\perp(v + v')] (1 - \zeta\beta)(1 - \zeta'\beta'), \quad (36)$$

$$t_2 = \frac{1}{4} [g_+(1 + vv') - 2g_\perp(v + v')] (1 + \zeta\beta)(1 + \zeta'\beta'), \quad (37) \quad t_3 = \frac{1}{4} g_-(1 + vv') (1 - \beta^2)^{1/2} (1 - \beta'^2)^{1/2} \zeta\zeta', \quad (38)$$

$$t_4 = \frac{1}{8} [g_+(1 - vv') + g_-(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} \zeta\zeta' + 2g_\perp(v - v')] (1 - \zeta\beta)(1 + \zeta'\beta'), \quad (39)$$

$$t_5 = \frac{1}{8} [g_+(1 - vv') + g_-(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} \zeta\zeta' - 2g_\perp(v - v')] (1 + \zeta\beta)(1 - \zeta'\beta'), \quad (40)$$

$$t_6 = \frac{1}{4} g_-(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} (1 - \zeta\beta)(1 - \zeta'\beta') \zeta\zeta', \quad (41)$$

$$t_7 = \frac{1}{4} g_-(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} (1 + \zeta\beta)(1 + \zeta'\beta') \zeta\zeta', \quad (42)$$

$$t_8 = \frac{1}{4} g_+(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} (1 - \beta^2)^{1/2} (1 - \beta'^2)^{1/2}, \quad (43)$$

$$t_9 = \frac{1}{8} [g_+(1 - v^2)^{1/2} (1 - v'^2)^{1/2} + g_-(1 - vv') \zeta\zeta'] (1 - \beta^2)^{1/2} (1 - \beta'^2)^{1/2}, \quad (44)$$

$$t_{10} = \frac{1}{8} [g_+(v + v') + 2g_\perp(1 + vv')] (1 - \zeta\beta)(1 - \zeta'\beta'), \quad (45)$$

$$t_{11} = \frac{1}{8} [g_+(v + v') - 2g_\perp(1 + vv')] (1 + \zeta\beta)(1 + \zeta'\beta'), \quad (46)$$

$$t_{12} = \frac{1}{4} g_-(v + v') (1 - \beta^2)^{1/2} (1 - \beta'^2)^{1/2} \zeta\zeta', \quad (47)$$

$$t_{13} = \frac{1}{8} [g_+(1 - v^2)^{1/2} + g_-(1 - v'^2)^{1/2} \zeta\zeta' - 2g_\perp v' (1 - v^2)^{1/2}] (1 - \beta^2)^{1/2} (1 + \zeta'\beta'), \quad (48)$$

$$t_{14} = \frac{1}{8} \left[g_+ (1-v'^2)^{1/2} + g_- (1-v^2)^{1/2} \zeta \zeta' + 2g_{\perp} v (1-v'^2)^{1/2} \right] (1-\beta'^2)^{1/2} (1-\zeta\beta), \quad (49)$$

$$t_{15} = \frac{1}{8} \left[g_+ (1-v'^2)^{1/2} + g_- (1-v^2)^{1/2} \zeta \zeta' - 2g_{\perp} v (1-v'^2)^{1/2} \right] (1-\beta'^2)^{1/2} (1+\zeta\beta), \quad (50)$$

$$t_{16} = \frac{1}{8} \left[g_+ (1-v^2)^{1/2} + g_- (1-v'^2)^{1/2} \zeta \zeta' + 2g_{\perp} v' (1-v^2)^{1/2} \right] (1-\beta^2)^{1/2} (1-\zeta'\beta'), \quad (51)$$

$$t_{17} = \frac{1}{8} \left[g_+ v' (1-v^2)^{1/2} - g_- v (1-v'^2)^{1/2} \zeta \zeta' - 2g_{\perp} (1-v^2)^{1/2} \right] (1-\beta^2)^{1/2} (1+\zeta'\beta'), \quad (52)$$

$$t_{18} = \frac{1}{8} \left[g_+ v (1-v'^2)^{1/2} + g_- v' (1-v^2)^{1/2} \zeta \zeta' + 2g_{\perp} (1-v'^2)^{1/2} \right] (1-\beta'^2)^{1/2} (1-\zeta\beta), \quad (53)$$

$$t_{19} = \frac{1}{8} \left[g_+ v' (1-v^2)^{1/2} + g_- v (1-v'^2)^{1/2} \zeta \zeta' - 2g_{\perp} (1-v'^2)^{1/2} \right] (1-\beta'^2)^{1/2} (1+\zeta\beta), \quad (54)$$

$$t_{20} = \frac{1}{8} \left[g_+ v' (1-v^2)^{1/2} + g_- v (1-v'^2)^{1/2} \zeta \zeta' + 2g_{\perp} (1-v^2)^{1/2} \right] (1-\beta^2)^{1/2} (1-\zeta'\beta'). \quad (55)$$

(36)-(55) əmsallarındakı v , v' , β , β' , g_+ , g_- , g_{\perp} işarələmələri

$$v = \frac{p_z}{E}, \quad (56)$$

$$v' = \frac{p'_z}{E'}, \quad (57)$$

$$\beta = \frac{m_e}{\sqrt{E^2 - p_z^2}}, \quad (58)$$

$$\beta' = \frac{m_e}{\sqrt{E'^2 - p_z'^2}}, \quad (59)$$

$$g_+ = g_v^2 + g_A^2, \quad (60)$$

$$g_- = g_v^2 - g_A^2, \quad (61)$$

$$g_{\perp} = g_v g_A \quad (62)$$

kimi təyin edilir. (36)-(55) ifadələri ilə təyin edilən t_i əmsalları yüklü leptonların spin kvant ədədləri daxil olan yeni spin əmsallarıdır.

Nəticə.

1) Maqnit sahəsində yüklü leptonların eninə polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla yüklü leptonlar tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması prosesində enerji itkiləri “sol” polyarlaşmış yüklü leptonlar və “sağ” polyarlaşmış yüklü leptonlar üçün fərqlidir. Başqa sözlə, maqnit sahəsində yüklü leptonların eninə polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla yüklü leptonlar tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması prosesində “sol” polyarlaşmış yüklü leptonlar və “sağ” polyarlaşmış yüklü leptonlar asimmetrik soyuyur. Bu asimmetriyaya əsas payı yüklü leptonlar tərəfindən elektron neytrinosu cütlərinin buraxılması prosesi verir.

2) Maqnit sahəsində yüklü leptonların neytrino sinxrotron şüalanması prosesində yüklü leptonlar tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması hesabına vahid zamanda ulduz mühitinin vahid həcmindəki enerji itkiləri “sol” polyarlaşmış yüklü leptonlar halında elektron neytrinosu cütləri və müon (taon) neytrinosu cütləri üçün fərqli olur, yəni enerji itkiləri neytrino və antineytrinonun aromasına həssas olur. Bu fakt maqnit sahəsində yüklü leptonların neytrino sinxrotron şüalanması prosesində buraxılan neytrino və antineytrinoların aromasından asılı olaraq ulduz maddəsinin asimmetrik soyumasına gətirib çıxarır.

3) Göstərilmişdir ki, sabit, bircins maqnit sahəsində yüklü leptonların (antileptonların) spinini, maqnit sahəsinin intensivliyini, mühitin temperaturunu nəzərə almaqla ixtiyari Landau səviyyəsində yaranan yüklü leptonların (antileptonların) eninə polyarlaşmaları halında yüklü leptonlar (antileptonlar) tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması hesabına yüklü lepton və yüklü antilepton qazlarının soyumasının müəyyən edilməsi və bu zaman ortaya çıxan asimmetriyaların hesablanması mümkündür.

4) Müəyyən olunmuşdur ki, maqnit sahəsində yüklü leptonların elektron neytrinosu cütləri şüalandırması prosesində, spinləri maqnit sahəsinin əksi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyuması spinləri maqnit sahəsi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyumasından 3,17 dəfə böyükdür. Beləliklə, maqnit sahəsində yüklü leptonların elektron neytrinosu cütləri şüalandırması prosesində spinləri maqnit sahəsinin əksi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyuması dominantlıq təşkil edir. Yüklü leptonların müon və ya taon neytrinosu cütləri şüalandırması prosesində spinləri maqnit sahəsi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyuması spinləri maqnit sahəsinin əksi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyumasından 199 dəfə böyükdür.

Beləliklə, maqnit sahəsində yüklü leptonların müon və ya taon neytrinosu cütləri şüalandırması prosesində spinləri maqnit sahəsi istiqamətində polyarlaşmış yüklü leptonların soyuması dominantlıq təşkil edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Hüseynov V. A., Qasımova R. E. Maqnit sahəsində tərs yüklü lepton parçalanması proseslərində polyarlaşma effektləri // Fizikanın müasir problemləri I Respublika konfransı (6-8 dekabr 2007-ci il, Bakı, Azərbaycan Respublikası). Məqalələr toplusu. Bakı, 2007, s.25-26.
2. Борисов А. В., Морозова Л. В., Нанаа М. К. Обратный распад мюона в постоянном внешнем поле // Известия вузов. Физика, 1992, № 12, с.106-111.
3. Muxtarov A. İ. Kvant mexanikası: Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. Bakı: “Maarif” nəşriyyatı, 1999, 608 s.
4. Sadıxov F. S. (Mutlutürk). Kvant və yüksək enerjilər fizikasının əsasları. Bakı: “Avropa” nəşriyyatı, 2006, 320s.
5. Cəfərov İ. H., Quliyev N. A. Neytrino. Bakı: Elm, 2005, 116s.
6. Бакал Дж. Нейтринная астрофизика. М.: Мир, 1993.

TƏRANƏ CAMALOVA
terane.camalova08@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

FİZİKA DƏRSLƏRİNDƏ SƏRİŞTƏLİLİYİN FORMALAŞDIRILMASI TƏCRÜBƏSİNDƏN

Fizika bir tədris fənni kimi ümumtəhsil məktəblərində şagirdlərə təbiətdə baş verən dəyişikliklərin elmi əsasları haqqında biliklər verir. Lakin qazanılan bu biliklər bu günki, tez-tez dəyişən həyat şəraiti üçün heç də kifayətləndirici deyildir. Gələcək həyatda fəaliyyət göstərəcək insanların rastlaşdığı standart yaxud, qeyristandart həyatı situasiyalar olan baş açmaq və yaradıcılıqla həll etmələri üçün onları səriştəli şəxsiyyət kimi yetişdirmək ümumtəhsil məktəblərində tədris olunan fənlərin qarşısında duran başlıca məqsədlərdən biridir. Elmi-texniki informasiyaların artdığı bir zamanda bu yükün əsas ağırlığı fizika fənninin payına düşür. Deyilənləri nəzərə alaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, fizikanın təlim prosesində müxtəlif səriştəliklərin əsasını inkişaf etdirmək dərslərin məqsəd və vəzifələrinin dəyişdirilməsini zəruri hesab edir. Bu da dərslərin strukturunun, təlimin təşkilinin forma və üsullarının eyni zamanda müəllimin peşə hazırlığının təkmilləşdirilməsinə qarşı yanaşmanın dəyişdirilməsi ilə əlaqədardır. Səriştəli yanaşmaya keçməyin aktuallaşdırılması isə müəyyən sayda faktorlardan asılıdır:

1. İnformasiyanın kəskin şəkildə artması;
2. Təhsil paradiqmasının dəyişməsi nəticəsində təlimin məqsədlərinin, məzmununun, metod və yanaşmaların dəyişdirilməsi;
3. Fizika elminin praktik tətbiqlərinin insan həyatının müxtəlif sahələrində özünə geniş yer alması;
4. Müəllim və şagirdlərin yeni təlim texnologiyalarına adaptasiyasının ləngiməsi;
5. Təlim prosesində səriştəliklərin inkişaf etdirilməsi və formalaşdırılması üçün fənlərin inteqrasiyasının nəzərə alınması;
6. Elm və texnikanın inkişafına uyğun dərslərlərin lazımı şəkildə dəyişdirilməsi;
7. Praktiki yanaşmada fənn kabinetlərinin nəzərə alınması;
8. Təlim prosesində regional xüsusiyyətlərin nəzərə alınması;
9. Məzmun standartlarının tələbini ödəyən eksperimental xarakterli nümayiş təcrübələrinin aparılmasına imkan verən cihaz və avadanlıqların lazımı səviyyədə olması;
10. Müxtəlif səriştəliklərin əsaslarının inkişaf etdirilməsinə imkan verən standart və qeyri standart tapşırıqlara dair metodik vəsaitlərin olması.

Deyilənlərin həlli şəxsiyyətyönlü yanaşmada təhsilalanları müxtəlif həyatı situasiyaları həll etməyə imkan verən səriştəli insanlar kimi formalaşdırmağa şərait yaradır. Eyni zamanda faktların aradan qaldırılması təhsilin məqsədinə adaptasiya olmağa şərait yaradır.

Təhsilin məqsədinə uyğun yeni təhsil və qiymətləndirmə standartları yaradılmış təlim texnologiyaları, vasitələri, təlimin təşkili formaları, ümumi təlim strategiyaları nəzəri şəkildə dəyişdirilmiş, praktik yönümdə geniş həllini hələ ki, tapmamışdır. Fizika fənninin tədrisində məqsəduyğun dərslərin strukturunu, təlim strategiyasının və onlara verilən tələblərin müəyyənləşdirilməsi fənnin spesifik xüsusiyyətindən asılıdır. Çünki, əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi fizika tədris fənləri içərisində çətinliyi daha çox tətbiq spektri alan bir elmdir. Elmin əsaslarını dərk etməklə müxtəlif səriştəliklərə yiyələnmək üçün təlim prosesində şagirdlərin müstəqil fəaliyyətinə daha geniş zaman ayrılmalı və təhsilalanları passiv dinləyicidən prosesin fəal iştirakçısına çevirmək üçün səy göstərməlidir. Belə yanaşmanın nəticəsində şagirdlərin maraqlarına uyğun müxtəlif səriştəliklərin əsaslarının inkişaf etdirilməsinə və formalaşdırılmasına nail olmaq mümkündür. Məktəb təcrübəsində bu aydınlıqla müşahidə olunur. Səriştəli yanaşmada standartın tələbinə uyğun müəyyən edilmiş məqsədin əsas mərhələsinin həyata keçirilməsi və nəzərdə tutulan səriştəliliyin inkişaf etdirilərək formalaşdırılması təlim strategiyasının üzərinə düşür. Təlim strategiyasının düzgün qurulması fənn müəlliminin fəaliyyətinin müvəffəqiyyətidir. Bu prosesdə şagirdlərin qazanacağı

səriştəliklər diqqətdə saxlanılmalıdır. Didaktik məqsədə görə dərsin qarşısında duran vəzifələr müəyyən edilir. Vəzifə isə məqsədə çatmaq üçün fəaliyyətdir. Fəaliyyətlərin nəticəsində səriştəlilik inkişaf etdirilməklə formalaşdırılır. İxtiyarı bir məzmun xətti üzrə (fiziki hadisələr, qanunlar və qanunauyğunluqlar, maddə və sahə, qarşılıqlı təsir, əlaqəli sistemlər, Eksperimental fizika və müasir həyat) nəzərdə tutulan standartın elementlərini reallaşdırmağa imkan verən mövzunun məqsədini müəyyənləşdirmək üçün aşağıdakı ardıcılığa əməl etmək müsbət nəticə verir:

- fənnin məqsədindən kənara çıxmayan standartın tələbinə görə nəzərdə tutulan mövzunun məqsədinin təyin edilməsi;

- ümumi təlim məqsədinə uyğun fəaliyyət nəticəsində formalaşdırılacaq səriştəlik elementlərinə görə təlim vəzifələrinin proqnozlaşdırılması.

Məktəb təcrübəsi göstərir ki, fənniyönümlü ənənəvi yanaşma ilə səriştəyönümlü müasir yanaşma arasında nəzərə çarpacaq fərq var. Ənənəvi yanaşmada fizika fənninin tədrisi prosesində müəyyən bilik, bacarıq və vərdişlərin aşılmasının tələb olunmasına baxmayaraq, sinifdəki şagirdlərin çox az sayının fənn göstəriciləri qənaətləndirici olur. Qazanılmış bilik, bacarıqları yekun qiymətləndirmədə yoxladıqda yenə də kifayət qədər xətalər müşahidə olunur.

Bu xətalər indidə mövcuddur, səbəbi isə çox hallarda tədrisin ənənəvi üsulla davam etdirilməsidir. Göstərilənlərin mövcudluğu aşağıdakı səbəblərdən asılıdır:

- dərsin məqsədinin diaqnostik araşdırma aparmadan müəyyən olunmasından;

- gündəlik planlaşdırmada inteqrasiyanın nəzərə alınmamasından;

- təlim strategiyasının müəyyənləşdirilməsində fəal təlim üsullarından istifadəyə yer verilməməsindən;

- qiymətləndirmənin fənniyönümlü xarakterdə aparılmasından;

- Akademik biliklərin yoxlanılmasında həyatı əhəmiyyətli açıq tipli tapşırıqlara lazımı səviyyədə müraciət olunmamasından;

- təlim prosesində təhsilverənlərin və təhsilənlərin passiv fəaliyyətdə olmasından.

Məktəb təcrübəsinə münasibət bildirmək üçün keçmiş tarixə müraciət etsək görürük ki, fizikanın tədrisində (ənənəvi yanaşmada) mövzuya görə məqsədlər hadisələrə, anlayışlara, kəmiyyətlərə, qanunlara, qanunauyğunluqlara daha formal olaraq elmi dünyagörüşün formalaşdırmasına, məsələ həllinə və yaxud dərsin tipindən asılı olaraq yeni biliklərin verilməsinə, möhkəmləndirilməsinə görə müəyyən edilirdi. Müəyyən zaman keçməsinə baxmayaraq məktəb təcrübəsində yuxarıda deyilənlərə tez-tez rast gəlmək mümkündür. Şagirdlərin müəyyən edilmiş məqsədlərə görə anlayışları, hadisələri, keyfiyyətləri, qaydaları lüğət materiallarını mənimsəmələri son anda medal, tərifnamə, məktəbi bitirmələrinə dair sənəd almalarına baxmayaraq onlarda həyatı səriştəliklər lazımı səviyyədə formalaşma bilmirdi. Şagirdlərin rastlaşdığı standart və qeyri-standard həyatı situasiyaları düzgün həll etmələri üçün səriştəliklərin formalaşmasına imkan yaradan fəaliyyətlərə dərs prosesində xüsusi diqqətin yetirilməsi aktuallaşdırılmalıdır. Yəni, təlim zamanı praktik fəaliyyətin gücləndirilməsinə diqqətin artırılması, yaradıcı təfəkkürün inkişaf etdirilməsi üçün fəaliyyətlər planlaşdırılmalıdır. Lakin onu da qeyd edək ki, səriştəli yanaşma biliyin əhəmiyyətini inkar etmir. Bilik səriştəliliyin formalaşdırılmasında bir vasitədir. Səriştəli yanaşmanın inkişaf etdirilməsi biliklərin istifadə olunmasına diqqəti artırır. Ümumiləşdirmə apararaq belə nəticəyə gəlirik ki, səriştəyönümlü dərs elə dərsdir ki, bu prosesdə praktik fəaliyyətlər hesabına şagirdlərin inkişafına şərait yaradılmış olsun. Belə dərslər şagirdlərin şəxsi keyfiyyətlərini və səriştəliklərini yüksəltməklə onların müxtəlif həyatı situasiyaları düzgün həll etmələrinə imkan verir. Deyilənlərə istinad etməklə dərs nümunəsinə baxaq:

Sınıf 7.

Mövzu: Mayelərin təzyiqi

Məqsəd: Praktik fəaliyyət hesabına təhsil alanların idraki, kommunikativ səriştəliklərinin inkişafı.

Vəzifələr:

- Mayeni qabın dibinə və divarlarına təzyiqinin nəzəri şəkildə əsaslandırmaqla intellektual səviyyənin artırılması;

- Praktik fəaliyyət zamanı idraki, kommunikativ səriştəliklərin inkişaf etdirilməsi;

- Təhsilalanların qarşılıqlı xeyirxah münasibətə, ünsiyyət qurmağa istiqamətləndirilməsi.

İstifadə olunan metodlar: Problemlə təlim, qismən axtarıcılıq, tədqiqatçılıq, şagirdlərin müstəqil işləri.

Dərsin təşkil formaları: Bütöv siniflə, qruplarla, cütlərlə iş.

Təchizat: Mayelərin təzyiqinin müəyyən etmək üçün cihazlar, su ilə dolu plastik qablar.

Düşündürücü suallar: Nə üçün üzgüçü suyun daha dərin təbəqələrinə doğru üzərkən qulaqlarında ağrı hiss edir?

Bizim fərziyyələrimiz:

1. Paskal qanununa görə maye və qazlara edilən təzyiq dəyişmədən onun bütün nöqtələrinə bərabər ötürülür.

2. Üzgüçü suyun dərin qatlarına doğru hərəkət etdikdə, qulaqlarına doğru hərəkət etdikdə qulaqlarında ağrıların yaranması onun bədəninə səthinə və qulaq düşən pərdəsinə düşən suyun təzyiqindən asılıdır. Yəni, $p = pgh$.

Tədqiqatın aparılması planı:

1. Təcrübi olaraq göstərməli ki, həqiqətən suyun altında təzyiq mövcuddurmu?

2. Sübut etməli ki, müxtəlif dərinliklərdə təzyiq də müxtəlifdir.

3. Öyrənməli ki, suyun təzyiqi insan bədəninə necə təsir göstərir.

4. Müxtəlif dərinliklərdə insanın sağlamlıq durumunu müqayisə etməli.

5. Nəticə çıxarmalı ki, suyun altında olmaq asandırımı?

Təcrübi olaraq müəyyən edək ki, suyun altında təzyiq var. Bir tərəfi nazik rezin parça ilə bağlanmış şüşə boruya su tökək. Suyun çəkisi hesabına rezin pərdə qabaracaqdır.

Tədqiqatın nəticəsində aydın olur ki, rezin pərdə suyun təzyiqi hesabına qabarıq. Su borusunda suyun həcmi artdıqca təzyiqi də artacaqdır.

Təcrübi olaraq sübut edək ki, müxtəlif dərinliklərdə təzyiq müxtəlifdir. Buna görə bir ədəd plastik butulka götürüb müxtəlif səviyyələrdə üç dəşik açmaq. Butulkaya su tökdükdə hansı dəşikdən su daha uzağa axarsa, deməli həmin səviyyədə təzyiq daha böyükdür. Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunur ki, mayenin təzyiqi onun hündürlüyündən asılıdır. Alınan nəticəyə görə belə bir həyati əhəmiyyətli suala cavab verə bilərik.

Sual: İnsanın bədəninə su dərinlikdən asılı olaraq necə təsir göstərir? Daha böyük dərinliklərdə insanın bədəninə suyun təzyiqi onun daxili təzyiqindən çox böyük olduğundan insan nəfəs ala bilmir, o da insanın ölümünə səbəb olur. İnsan suyun altında 1,5 metr dərinlikdə özünü yaxşı hiss edir. Suyun dərinliyi artdıqca insan ağrıları daha çox hiss edir.

Tədqiqatdan alınan məlumatlar mübadilə olunmaqla müzakirə olunur və alınan nəticələrin həyati əhəmiyyəti müəyyənləşdirilir.

Nəticə. Suyun altında daha dərinliyə baş vurmaq üzgüçü üçün asan deyildir. Onun hərəkəti suyun dərinliyindən və orqanizmini məşq etdirməsindən asılıdır.

Dərsin tətbiq etmə mərhələsində müxtəlif məzmunlu məsələlər müstəqil həll etdirilir.

1. Hündürlüyü 50 sm, uzunluğu 70 sm, eni 30 sm olan akvariumun dibinə və divarlarına düşən təzyiqi hesablayın. Suyu akvariumun yuxarı səthindən 10 sm aşağı olduğunu nəzərə alın.

2. Dənizdə 4 m dərinlikdə insan bədəninə dəniz suyunun göstərdiyi təzyiqlə, yer səthində insan bədəninə hava təbəqəsinin göstərdiyi təzyiqi hesablayaraq müqayisə edin.

3. Xəzər dənizinin Lənkəran çökəkliyində (1025 m) suyun dənizin dibinə göstərdiyi təzyiqi hesablamalı.

4. Kür çayının Salyan rayonu ərazisində dərinliyi 7.2 m-dir. Suyun çayın dibinə göstərdiyi təzyiqi hesablamalı.

5. Sərbəst olaraq hesablayın ki, suyun olduğu qabın yan divarlarına göstərdiyi təzyiq eynidir.

Aldığımız nəticələrə ümumiləşdirici fikir söyləyin. Onu da qeyd edin ki, dərsin tətbiq etmə mərhələsində nəzərdə tutulan səriştəliyi inkişaf etdirmək üçün şagirdlərin maraq dairəsinə uyğun tapşırıqlardan istifadə oluna bilər. Nəticədə, müəllim səriştəliliyin inkişafı səviyyəsini müəyyən etmək üçün qiymətləndirmə meyarlarını hazırlayır, nəzarət ölçü vasitələrini seçir.

Refleksiya dərslərin bütün mərhələlərində aparılır. Şagirdlər təlim fəaliyyətini təhlil edirlər, çətinlikləri və həll olunmayan problemləri üzə çıxarırlar. Belə dərslərin sonunda alınan nəticələrə bütün şagirdlər yiyələnmiş olurlar. Fikrimizi ümumiləşdirməklə qeyd etmək istərdim ki, bu tipli dərslərin təşkili müəllimin məharətindən asılıdır. Aydın ki, istənilən şagirdin səviyyəsi müəllimindən artıq ola bilməz. Yüksək nəticə almaq üçün müəllim də yüksək səriştəliyə malik olmalıdır.

Problemin elmi yeniliyi: Fizikanın tədrisi prosesində səriştəliklərin formalaşdırılmasının məqsəd və vəzifələrinin faktları müəyyənləşdirilmişdir.

Problemin praktik əhəmiyyəti: Fizika fənninin tədrisi prosesində səriştəliklərin formalaşdırılma texnologiyalarına dair nümunələrin verilməsidir.

Problemin aktuallığı: Fizika fənninin tədrisi prosesində şagirdlərdə səriştəliklərin inkişaf etdirilməsi və formalaşdırılması qaydalarının müəyyən edilməsidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ümumi təhsilin fənn standartları (I-XI siniflər). Bakı: Mütərcim, 2012.
2. Гаврилова Е.В., Клеветова Т.В. Формирование ключевых компетенций учащихся при изучении физики в средней школе посредством решения физических задач. Волгоградский Государственный социально-педагогический университет. aterina5525@mail.ru
3. Пашкевич А.В. Компетентностно-ориентированный урок. Волгоград: Изд. Учитель, 2014.
4. Хуторский А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты //интернет-журнал ЭЙДОС, 2002.
5. Тряпицина А.П. Компетентностный подход в педагогическом образовании. СПб РГПУ им.А.И. Герцена, 2006.

ELDAR HƏSƏNOV
egasanov065@gmail.com
ŞƏHLA XƏLİLOVA
shahlaganbarova@gmail.com
RUHİYYƏ MUSTAFAYEVA
ruhi-qrk@mail.ru
Bakı Dövlət Universiteti

İKİ NÖV YÜK DAŞIYICISI OLAN AŞQARLI YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ DAYANIQSIZLIQ TERMOMAQNİT DALĞALARININ HƏYƏCANLANMASI

Giriş. Keçirici mühitlərdə yük daşıyıcılarının hidrodinamik hərəkətləri dəyişən maqnit sahəsi yaradır ki, bu da sabit temperatur qradienti $\vec{\nabla}T = const$ olduqda müəyyən tezliyə malik termomaqnit dalğaları (Гуревич, 1969, 1201-1206) həyəcanlandırır $\omega_T = -c\Lambda' \vec{k} \vec{\nabla}T$ (\vec{k} -dalğa vektoru, Λ' -Nerst-Ettinghausen effekti əmsalı). İzotrop və anizotrop keçirici mühitlərdə termomaqnit dalğaları uzununa $\vec{k} \parallel \vec{\nabla}T$ və eninə istiqamətlərdə yayıla bilər $\vec{k} \perp \vec{\nabla}T$ (Hasanov, 2016, 50-54).

Aşqarlı yük daşıyıcıları zamanla və rekombinasiya ilə dəyişir və yarımkeçirici qeyri-bərabər və tarazlıq vəziyyətinə keçir. Məsələn, GeAu tipli yarımkeçiricidə, qəfəsdəki qızıl (Au) atomları beş yük vəziyyətində, neytral, tək mənfi yük vəziyyətində və ikiqat mənfi yük vəziyyətində, üçqat mənfi yük vəziyyətində və müsbət yük vəziyyətində qablaşdırılır. Xarici şəraitdən (elektrik sahəsinin mövcudluğu, maqnit sahəsi, temperatur qiyməti və s.) asılı olaraq, bu aşqarlılıq səviyyələri az və ya çox dərəcədə aktivdir. Otaq temperaturunda Ge-də bir və iki dəfə mənfi qızıl çirkləri daha aktivdir (Hasanov, 2016, 50-54). GeAu birləşməsindəki qeyri-sabit vəziyyətlər (Hasanov, 2008 (1), 23-28), (Hasanov, 2008 (2), 455-457), (Hasanov, 2007, 134-136)-də nəzəri cəhətdən daha ətraflı öyrənilmişdir. Təbii ki, GeAu tipli yarımkeçiricilərdə termomaqnit dalğalarının həyəcanlanması elmi maraq doğurur.

Bu nəzəri işdə sabit temperatur qradienti olduqda iki növ yük daşıyıcısı (elektron və deşik) olan yarımkeçiricilərdə termomaqnit dalğalarının həyəcanlanması şərtlərini öyrənəcəyik. Yükdaşıyıcıların generasiyasını və rekombinasiyasını nəzərə alaraq, GeAu tipli yarımkeçiricilərdə qeyri-sabit termomaqnit dalğalarının həyəcanlanması zamanı xarici elektrik sahəsinin dəyişmə intervalını və generasiya və rekombinasiya tezlikləri arasında əlaqəni tapırıq.

Problemin əsas tənlikləri. Nümunənin daxilində hidrodinamik hərəkətlərin olması halında aşağıdakı elektrik sahəsi yaranır.

$$\vec{E}^* = \vec{E} + \frac{[\vec{g}\vec{H}]}{c} + \frac{T}{e} \left(\frac{\nabla n_+}{n_+^0} - \frac{\nabla n_-}{n_-^0} \right) \quad (1)$$

\vec{E} - xarici elektrik sahəsi, \vec{g} - hidrodinamik hərəkətlərin sürəti, \vec{H} - hidrodinamik hərəkətlərdə yaranan maqnit sahəsi, $\frac{T}{e} \frac{\nabla n_+}{n_+^0}$ и $\frac{T}{e} \frac{\nabla n_-}{n_-^0}$ dəliklərin və elektronların konsentrasiyası dəyişdikdə nümunə daxilində həyəcanlanan elektrik sahələri. Elektronların və dəliklərin sıxlığı aşağıdakı kimidir:

$$\begin{aligned} \vec{j}_- &= -\sigma_- \vec{E}^* - \sigma'_- [\vec{E}^* \vec{H}] - \alpha_- \vec{\nabla}T - \alpha'_- [\vec{\nabla}T \vec{H}] \\ \vec{j}_+ &= \sigma_+ \vec{E}^* + \sigma'_+ [\vec{E}^* \vec{H}] + \alpha_+ \vec{\nabla}T + \alpha'_+ [\vec{\nabla}T \vec{H}] \end{aligned} \quad (2)$$

$$\vec{j} = \vec{j}_+ - \vec{j}_- \quad (3)$$

$$\vec{j} = \frac{c}{4\pi} \text{rot}\vec{H} \quad (4)$$

σ_{\pm} -deşik və elektron keçiriciliklər, σ'_{\pm} -deşik və elektron Holl keçiricilikləri, α_{\pm} -deşik və elektron termoenerji, α'_{\pm} -deşik və elektron Holl termoenerjisi, \vec{H} -hidrodinamik hərəkətlə həyəcanlanan maqnit sahəsi. Problemi xarici maqnit sahəsi olmadan nəzərdən keçiririk və buna görə də $\vec{H} = \vec{H}'$, $H_0 = 0$. (4)-ə (1-3) əvəz etsək,

$$\vec{E} = -\frac{[\vec{\mathcal{G}}\vec{H}]}{c} + \Lambda'[\nabla TH] + \frac{c}{4\pi\sigma} \text{rot}\vec{H} + \frac{T}{e} \left(\frac{\nabla n_+}{n_+^0} - \frac{\nabla n_-}{n_-^0} \right) - \Lambda \nabla T \quad (5)$$

alırıq. Burada, $\sigma = \sigma_+ + \sigma_-$, $\Lambda = \frac{\alpha}{\sigma}$ - diferensial termogüc, $\Lambda' = \frac{\alpha'\sigma - \alpha\sigma'}{\sigma^2}$ - Nernst-Ettinieshausen effektinin əmsalı

$$(E', H') \sim e^{i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)}, H' = \frac{c}{\omega} [\vec{k}\vec{E}'], \frac{\partial H}{\partial t} = -c \text{rot}E \quad (6)$$

Yük daşıyıcılarının rekombinasiyası və generasiyası mövcud olduqda, elektronlar vədeşikləri üçün kəsilməzlik tənliyi belədir:

$$\frac{\partial n_-}{\partial t} + \text{div}\vec{j}_- = \left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_r, \quad \frac{\partial n_+}{\partial t} + \text{div}\vec{j}_+ = \left(\frac{\partial n_+}{\partial t} \right)_r \quad (7)$$

$$\frac{\partial n_-}{\partial t} = \gamma_-(0)n_{1-}N_- - \gamma_-(E)n_-N, \quad \frac{\partial n_+}{\partial t} = \gamma_+(E)n_{1+}N - \gamma_+(0)n_+N_- \quad (8)$$

Burada, N - bir dəfə mənfi mərkəz, N_- - iki dəfə mənfi mərkəz,

$$n_{1+} = \frac{\gamma_+(0)N_-^0}{\gamma_+(E_0)N^0} n_+^0, \quad n_{1-} = \frac{\gamma_-(E_0)N^0}{\gamma_-(0)N_-^0} n_-^0$$

tarazlıq vəziyyətində konsentrasiya.

Nəzəriyyə.

Dispersiya tənliyini əldə etmək üçün (5-6-7-8) və tənliyi birlikdə həll etməliyik.

$$\frac{\partial N_-}{\partial t} = \left(\frac{\partial n_+}{\partial t} \right)_r - \left(\frac{\partial n_-}{\partial t} \right)_r \quad (9)$$

$$N = N_+ + N_- = \text{const} \quad (10)$$

Aşağıdakı xarakterik tezlikləri daxil edirik:

$$\nu_- = \gamma_-(E_0)N^0, \quad \nu_+ = \gamma_+(0)N_-^0, \quad \nu_+^E = \gamma_+(E_0)N^0, \quad \nu_-(0) = \gamma_-(0)n_+, \quad \nu_+(0) = \gamma_+(0)n_+^0$$

Bütün $(E', H', n'_{\pm}) \sim e^{i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)}$ dəyişənləri nəzərə alaraq (5-10) tənliyindən E' və n'_{\pm} üçün aşağıdakı iki tənliyi asanlıqla əldə edirik:

$$\begin{aligned} & -i\omega n'_+ + \text{div} \left\{ \vec{\mathcal{G}}_+ n'_+ + n_+^0 \mu_+^0 \vec{E}' + \frac{n_+^0 \mu_+^0}{c} [\vec{\mathcal{G}}_0 \vec{H}'] + i \frac{n_+^0 \mu_+^0}{e} T \vec{k} \left(\frac{n'_+}{n_+^0} - \frac{n'_-}{n_-^0} \right) + \right. \\ & \left. + n_+^0 \mu_{1+}^0 [\vec{E}_0 \vec{H}'] + i \vec{k} \alpha_+ n'_+ \right\} = -\nu_+^E \frac{\nu_+(0)n'_+ - \nu_-(0)n'_-}{i\omega - \Omega} - \nu_+(0)n'_+ \end{aligned} \quad (11)$$

$$-i\omega n'_- + \operatorname{div} \left\{ -\vec{\mathcal{G}}_n n'_- - n^0 \mu^0 \vec{E}' - \frac{n^0 \mu^0}{c} [\vec{\mathcal{G}}_0 \vec{H}'] - i \frac{n^0 \mu^0 T}{e} \vec{k} \left(\frac{n'_+}{n^0_+} - \frac{n'_-}{n^0_-} \right) + \right. \quad (12)$$

$$\left. + n^0 \mu^0 [\vec{E}_0 \vec{H}'] - i \vec{k} \alpha_- n'_- \right\} = \nu_-(0) \frac{\nu_+(0) n'_+ - \nu_- n'_-}{i\omega - \Omega} - \nu_- n'_-$$

$$\left(1 + \frac{2\omega_T}{\omega} - \frac{2\vec{k} \vec{\mathcal{G}}_0}{a\omega} + i \frac{c^2 k^2}{4\pi a \sigma \omega} \right) \vec{E}' = \frac{iT}{e} \vec{k} \left(\frac{n'_+}{n^0_+} - \frac{n'_-}{n^0_-} \right) + \frac{2\Lambda \vec{\nabla} T \gamma}{E_0^2} \vec{E}_0 \vec{E}' \quad (13)$$

$$\Omega = \nu_+ + \nu_- + \nu_+(0) + \nu_-(0), a = 1 + \frac{2\vec{k} \vec{\mathcal{G}}_0}{\omega}, \vec{\mathcal{G}}_{\pm} = \mu_{\pm} \vec{E}_0$$

(13)-ü (11-12) ilə əvəz edərək, alırıq

$$\left[-i\omega + ik\mathcal{G}_+ - \frac{\mu_+ T k^2}{e} - k^2 \alpha_+ + \nu_+(0) + \frac{\nu_+^E \nu_+(0)}{i\omega - \Omega} - \mu_+ \phi \vec{k} \vec{E}_x \right] n'_+ + \quad (14)$$

$$+ \left[\frac{n^0_+}{n^0_-} \cdot \frac{T k^2 \mu_+}{e} + \frac{\nu_+^E \nu_-}{i\omega - \Omega} + \mu_+ \frac{n^0_+}{n^0_-} \phi \vec{k} \vec{E}_x \right] n'_- = 0$$

$$\left[\frac{n^0_-}{n^0_+} \cdot \frac{T k^2 \mu_+}{e} - \frac{\nu_-(0) \nu_+(0)}{i\omega - \Omega} + i\mu_- \frac{n^0_-}{n^0_+} \phi_1 \vec{k} \vec{E}_x \right] n'_+ + \quad (15)$$

$$+ \left[-i\omega - ik\vec{\mathcal{G}}_- - \frac{\mu_- T k^2}{e} + k^2 \alpha_- + \nu_- - \frac{\nu_-(0) \nu_-}{i\omega - \Omega} - \mu_- \phi_1 \vec{k} \vec{E}_x \right] n'_- = 0$$

$$\phi = 1 + \frac{2ik\vec{\mathcal{G}}_0}{a\omega} + \frac{2i\mu_{1+} c^2 k^2}{\mu_+ a^2 \omega^2}, \phi_1 = 1 + \frac{2ik\vec{\mathcal{G}}_0}{a\omega} + \frac{2i\mu_{1-} c^2 k^2}{\mu_- a^2 \omega^2}, \quad (16)$$

işarə etsək,

$$\Omega_+ = ik\vec{\mathcal{G}}_+ - ik\vec{\mathcal{G}}_{1+} - k^2 \alpha_+ + \nu_+(0), \Omega_- = -ik\vec{\mathcal{G}}_- - ik\vec{\mathcal{G}}_{1-} + k^2 \alpha_- + \nu_- \quad (17)$$

$\alpha_+ = \frac{\nu_+(0)}{k^2}$, $\alpha_- = -\frac{\nu_-(0)}{k^2}$ olduqda, dispersiya tənlikləri (15-16)

$$\left[-i\omega(i\omega - \Omega) + \omega_+(i\omega - \Omega) + \nu_+(0) \nu_+^E + \vec{k} \mathcal{G}_{+x} A_+(i\omega - \Omega) \right] n'_+ + \quad (18)$$

$$+ \left[\frac{n^0_+}{n^0_-} \vec{k} \vec{\mathcal{G}}_{1+} (i\omega - \Omega) + ik\vec{\mathcal{G}}_{+x} \frac{n^0_+}{n^0_-} A_+(i\omega - \Omega) + \nu_+^E \nu_- \right] n'_- = 0$$

$$\left[\frac{n^0_-}{n^0_+} \vec{k} \vec{\mathcal{G}}_{1-} (i\omega - \Omega) - \nu_-(0) \nu_+(0) + ik\vec{\mathcal{G}}_{-x} \frac{n^0_-}{n^0_+} A_-(i\omega - \Omega) + \nu_+^E \nu_- \right] n'_+ + \quad (19)$$

$$+ \left[-i\omega(i\omega - \Omega) + \omega_-(i\omega - \Omega) - \nu_-(0) \nu_- - \vec{k} \mathcal{G}_{-x} A_-(i\omega - \Omega) \right] n'_- = 0$$

kimi yazaq.

Burada ,

$$\vec{k} \mathcal{G}_{\pm x} = \frac{\mu_{\pm} E_1 k^2}{\varphi_1} \left(1 + \frac{2\Lambda_0 \vec{\nabla} T \vec{E}_0}{E_0^2} \right), \quad \omega_{\pm} = \pm i k \vec{\mathcal{G}}_{\pm} - \vec{k} \vec{\mathcal{G}}_{1\pm}, \quad A_{\pm} = 1 + i \frac{2\vec{k} \vec{\mathcal{G}}_0}{a\omega} + i \frac{2\mu_{1\pm}}{\mu_{1\pm}} \frac{c^2 k^2}{a^2 \omega^2}$$

$$\vec{k} \perp \vec{v}_0, \quad \mu_- \gg \mu_+, \quad \frac{v_-(0)}{v_+^E} = \left[\frac{v_+(0)}{v_-} \right]^{1/3}, \quad E_0 \perp \nabla T \text{ olduqda, (18-19)-dan aşağıdakı dispersiya}$$

tənliklərini alırıq.

$$x^6 - (b + ib_1)x^5 + (d + i\varphi)x^4 - (\theta + i\theta_1)x^3 + (\gamma + i\gamma_1)x^2 + (r + ir_1)x - u = 0 \quad (20)$$

$$b_1 = \frac{ck}{2\pi\sigma} + \frac{\Omega}{ck} + \frac{\mathcal{G}_- k}{ck}, \quad d = \frac{4\omega_T^2}{c^2 k^2} + \frac{c^2 k^2}{16\pi^2 \sigma^2} - \frac{\Omega_-}{2\pi\sigma} - \frac{\mathcal{G}_+ \mathcal{G}_-}{c^2} - \frac{\mathcal{G}_- k}{4\pi\sigma} - \frac{\Omega_+ \mathcal{G}_-}{c^2 k} - \frac{n_-^0 \mathcal{G}_- \mathcal{G}_{1+}}{n_+^0 c^2}$$

$$\theta = \frac{4\omega_T \mathcal{G}_- \mathcal{G}_+}{c^3 k} + \frac{2\omega_T \Omega_+ \mathcal{G}_{1+}}{c^3 k} + \frac{2\omega_T \mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^3 k} - \frac{n_-^0 \mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} k}{n_+^0 4\pi\sigma} \quad x = \frac{\omega}{ck}, \quad E_0 > \frac{c[\Lambda' \nabla T]^{1/3}}{[2\sqrt{2}\mu_+ \mu_-^2]^{1/3}},$$

$$\theta = \frac{2\mathcal{G}_+ \mathcal{G}_-}{4\pi\sigma ck} + \frac{\Omega_+ \mathcal{G}_{1+} k}{4\pi\sigma} + \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} k}{4\pi\sigma} - \frac{n_-}{n_+} \frac{2\omega_T \mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^3 k} \quad E_0 < E_1 \left(\Lambda' \nabla T \frac{\sigma}{ck} \right)^{1/2},$$

$$\Lambda' \nabla T > \left(\frac{ck}{\sigma} \right)^6 \left[\frac{c}{E_1 (2\sqrt{2}\mu_+ \mu_-^2)^{1/3}} \right]^6, \quad d_1 = \frac{\omega_T}{\sigma} + \frac{4\omega_T \Omega_-}{c^2 k^2} + \frac{2\mathcal{G}_{1-} \omega_T}{c^2 k} - \frac{n_-}{n_+} \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^2}$$

$$r_1 = \frac{2\omega_T \mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} \alpha_+}{c^3 k} - \frac{n_-}{n_+} \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} k}{4\pi\sigma} \quad b = \frac{4\omega_T}{ck}, \quad \gamma = \frac{4\omega_T^2 \mathcal{G}_- \mathcal{G}_+}{c^2 k^2} - \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{16\pi^2 \sigma^2} - \frac{2n_-}{n_+} \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^2}$$

$$r = \frac{2\omega_T \mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^2 ck} - \frac{\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} k}{4\pi ck \sigma}, \quad \gamma_1 = \frac{\omega_T \mathcal{G}_- \mathcal{G}_+}{c^2 \sigma} + \frac{2\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+}}{c^2} \left(2 + \frac{n_-}{n_+} \right) + \frac{2\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} \alpha_+}{c^2} \quad E_1 = \frac{Tk}{e},$$

$$u = \frac{4\mathcal{G}_{1-} \mathcal{G}_{1+} \alpha_+ \alpha_-}{c^2} \quad x = \frac{\omega}{ck} \quad \text{u} \quad x = x_0 + ix_1, \quad x_1 \ll x_0 \quad \text{əvəz etsək, (20)-dan} \quad \omega = \omega_0 + \omega_1,$$

$$\omega_0 = \frac{10}{3} \omega_T, \quad x_1 = \frac{\theta_1}{4} \quad \text{alarıq və qeyri-sabitlik üçün alırıq.}$$

$$40\omega_T > 3ck\theta_1 \quad (21) \quad \frac{n_-}{n_+} = \frac{2\pi\omega_T \sigma \alpha_+}{c^2 k^2} \quad (22) \quad \alpha_T = \frac{\mu_+ H_0}{c} \ll 1 \quad E_0 > \frac{4\omega_T}{k\mu_-} \quad (23)$$

Beləliklə, GeAu tipli yuxarıda göstərilən aşqarlı yarımkəçiricilərdə, hidrodinamik hərəkətlər nəticəsində sabit temperatur qradienti olduqda, qeyri-sabit termomaqnit dalğası həyəcanlanır. Xarici elektrik sahəsi müəyyən bir intervalda dəyişərsə, termomaqnit dalğası həyəcanlanır.

ƏDƏBİYYAT

1. Гуревич Л.Э., Гасанов Э.Р. 1969, Теория спонтанных колебаний тока в кристаллах типа германия, легированного золотом, Санкт-Петербург, Россия, ФТП т.3, N8, стр. 1201-1206
2. Hasanov E.R., Islamzade A.V., Hasanov H.Sh. Thermomagnetic waves in anisotropic conductors, 2016, International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), Ankara, Turkey, Issue 26, Vol. 8 N1, p. 50-54
3. Hasanov E.R., Novruzov M.F., Panahov A.Z., Demirel A.I. 2008/1, “Instability of Thermomagnetic Waves in the GeAu Semiconductors with Impurities”, India, International Journal of Pure and Applied Physics, ISSN 0973-1776, Vol. 4, No. 1, pp. 23-28.
4. E.R.Hasanov, M.F.Novruzov, A.Z.Danahov, A.I.Demirel, 2008/2 “Energy Generation and Amplitude of Thermomagnetic Waves in the Conducting Medium”, London, England, Modern Phys. Lett., B, Vol.22, No.6, pp. 455-457.
5. Новрузов А.Н., Гасанов Э.Р. 2007, Терромагнитные волны в примесных полупроводниках. Баку, Азербайджан, АМЕА, Fizika İnstitutu, “Fizika”, №1-2, cild XIII, стр.134-136.

NƏRMİN İSMAYILOVA
ismayilova_narmin_84@mail.ru
SƏİDƏ ƏSƏDULLAYEVA
sasadullayeva@mail.ru
GÜLBƏNİZ QAFAROVA
gul_qafarova@mail.ru

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

ZN TEOGALLAT BİRLƏŞMƏSİNİN ELEKTRON VƏ OPTİK XASSƏLƏRİ

Giriş. $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$ tipli üçlü almazabənzər yarımkeçiricilər geniş şəffafliq intervallarına, optik aktivliyə, yüksək fotohəssaslığa və intensiv lüminessensiyaya malikdir. Bu üstünlüklər qadağan zonanın böyük eni ilə birlikdə optoelektronikada $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$ birləşmələrindən istifadə perspektivlərini müəyyən edir [Taboureta 2009, 100007-100016]. Bu baxımdan, $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$ sinfinə daxil olan ZnGa₂Se₄ üçlü birləşməsinin optik xassələrinin tətbiqi hərtərəfli öyrənilməsi maraqlıdır.

[Asadullayeva 2021, 2100101-2100110] işində defekt quruluşlu ZnGa₂S₄ birləşməsinin fotolüminessensiya və həyəcanlanma spektrləri və Raman səpilməsi eksperimental olaraq tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, fotolüminessensiyanın intensivliyi temperaturun azalması ilə artır. Daha yüksək korrelyasiya edilmiş rəng temperaturu (CCT) > 6000 K bu materialın işıq yayan diodlar üçün uyğun olduğunu göstərir. [Turowskit 1984, L661-L66] işi ZnGa₂Se₄ birləşməsinin əks etdirmə qabiliyyətinə dair ilkin tədqiqatları əks etdirir. ZnGa₂Se₄-ün optik xassələri tədqiq edilmiş və qadağan zolaq 2,17 eV olub fundamental udma kənarının düz keçidlə formalaşdığı müəyyən edilmişdir [Chang 2001, 127-139].

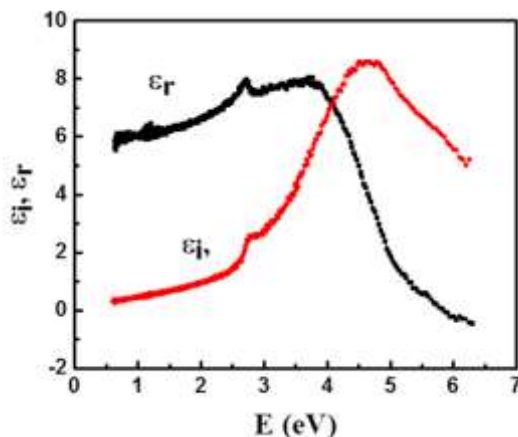
Nəzəri [Xiaoshu 2004, 035201-035214] işinin müəllifləri minimal sayda parametrlərlə sadə empirik zolaq eninin korreksiyasından istifadə edərək ZnGa₂Se₄ üçün eksperimentlə müvafiq uyğunluq təşkil edən nəticə aldılar. Onlar birləşmənin düz keçidli zona quruluşuna malik olduğunu göstərərək zona dispersiyasının tendensiyasını izah etdilər.

Göründüyü kimi, məlum ədəbiyyatda bu birləşmənin qadağan zolaq eni üçün müxtəlif qiymətlər alınmışdır. Bununla əlaqədar olaraq, birləşmənin elektron quruluşuna və optik sabitlərinə təcrübi və nəzəri cəhətdən yanaşmağı zəruri hesab etdik. ZnGa₂Se₄ kristalın müvafiq olaraq struktur və optik xassələrini tədqiq etmək üçün, ellipsometrik ölçmələr və DFT hesablanması aparılmışdır. ZnGa₂Se₄-ün zolaq eninin enerjisi udma əmsalı spektrinin təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir. Ellipsometrik ölçmələrdən və heç bir düzəliş edilmədən aparılan nəzəri hesablamalardan əldə edilən qadağan zolaq eni bu günə qədər aparılan tədqiqatlar arasında bir-birinə uyğun gələn ən dəqiq nəticədir. Bu nəticələr bu birləşmədən günəş batareyasının istehsalı kimi optoelektronik tətbiqlər üçün perspektivli material kimi istifadə etməyə imkan verir.

Metod. M-2000 (ABŞ) Spektroskopik Ellipsometr uzaq ultrabənövşəyidən yaxın infraqırmızıya qədər bütün spektral diapazonu əhatə edən ölçmələr saniyələr ərzində yerinə yetirilir. M-2000 yüzrlə dalğa uzunluğunu eyni vaxtda ölçmək üçün CCD dedektorundan istifadə edir. Ellipsometrik ölçmələrimiz 190-1700 nm spektral diapazonda aparılmışdır. Ölçmə işıq bucaqları 5° addımla 55 ilə 75° arasında dəyişdirilmişdir.

Elektron və optik hesablamalar DFT daxilində Atomistix Tool Kit proqramından (ATK, <http://quantumwise.com/>) istifadə edilməklə aparılmışdır. Müxtəlif psevdopotensiallar ilə LDA, GGA mübadilə korrelyasiya funksiyalarının birgə kombinasiyasından istifadə edilmişdir. Brillouin zonası inteqrasiyası Monkhorst-Pack sxemi tərəfindən avtomatik olaraq yaradılan 7 × 7 × 7 k-nöqtəli qəfəs üzrə həyata keçirilir. Bütün hesablamalarda Zn, Ga və Se atomlarının valent elektronları müvafiq olaraq Zn (3d¹⁰4s²), Ga (4s²4p¹) və Se (4s²4p⁴) ilə təsvir edilir. **Nəticə və müzakirə.** Spektroskopik ellipsometrik ölçmələrdən alınmış dielektrik funksiyasının spektri **şəkil 1**-də verilmişdir. Şəkildə 0,7-dən 6,5 eV-ə qədər spektral diapazonda əldə edilmiş real ϵ_r və xəyali ϵ_i dielektrik funksiyaları göstərilir. ZnGa₂Se₄-ün qadağan zolaq eninə kimi olan hissədə xəyali ϵ_i , zolaq

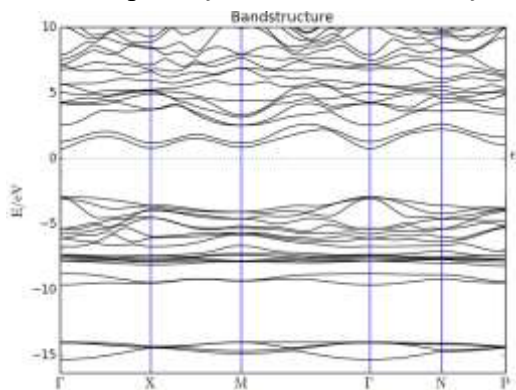
eninin heç bir mümkün vəziyyətinin aşkar edilmədiyini göstərən təxminən xətti asılılıq göstərir. Foton enerjisinin artması ilə ϵ_i spektrində təxminən 2,8 eV qiymətində pik müşahidə olunur. Bu da öz növbəsində qadağan zolaq eninin qiymətinə uyğundur.



Şəkil 1. Dielektrik funksiyaları

Fotonun enerjisindən optik udma əmsalı asılılığı qadağan zolaq eninin və elektronların keçid növünü təhlil etməyə imkan verir. $(\alpha h\nu)^2$ -nin xətti hissəsinin $h\nu$ ekstrapolyasiyası ilə ellipsometriya məlumatlarının təhlili nəticəsində birləşmənin müəyyən edilmiş zolaq eni 2,81 eV alınmışdır.

Ümumiləşmiş qradiant yaxınlaşmasından istifadə edərək hesablanmış qadağan zolaq eni 2,71 eV, onu göstərir ki, təməl prinsiplərdən yerinə yetirilmiş hesablama etibarlıdır və eksperimental (2,71 eV) [3], həmçinin nəzəri hesablama nəticələri ilə birlikdə keyfiyyət təhlili aparmaq üçün istifadə edilə bilər. Birləşmənin elektron zona quruluşu **şəkil 2**-də verilmişdir.



Şəkil 2. Elektron zona quruluşu

Zona quruluşunda hallar sıxlığının əsas xüsusiyyətləri aşağıda verilmişdir:

1. Valent zonanın dibində yerləşən səviyyələr (-8 ÷ -6 eV) əsasən Zn-nin d-səviyyələri və Ga-nın s- səviyyələrinin kiçik töhfəsi ilə təmin edilir.
2. -5 ÷ -3,2 eV interval arasında yerləşən zonalar Se-nin p-halları, Ga-nın p-hallarının kiçik töhfəsi ilə böyük töhfəsindən yaranır.
3. Növbəti qrup zonalar valent zonanın maksimumu, yəni -2,3 ÷ -1,46 eV enerji diapazonu Se-nin p-hallarından ibarətdir.

Fermi səviyyədən bir qədər yuxarı vəziyyətlər, yəni 1,38 ÷ 2,5 eV enerji diapazonu Se və Ga-nın s və p-hallarından törəyir. 3 ÷ 3,2 eV və 4,8 ÷ 5 eV- intervalındakı dar zolaqlar əsasən Zn-nin p-halları ilə əmələ gəlir.

ƏDƏBİYYAT

1. V.Taboureta, B.Vianab, J.Petita, (2019) *Optical Materials*: X 1 100007-100016.
2. S.Asadullayeva, Z.Jahangirli, T.Naghiyev and D.Mammadov, (2021) *Physica Status Solidi B* 258 2100101-2100110.
3. M.Turowskit, A.Kisielt and W.Giriatf, (1984) *Journal of Physics C: Solid State Physics*. 17 L661-L66.
4. C.Chang, K.Hong, J.Jeong, H.Baek, K.Jeong, J.Bang, C.Park, (2001) *Korean Journal Crystallography* 12 127-139.
5. X.Jiang and R.Lambrecht, (2004) *Phys. Rev. B* 69 035201-035214.

SƏİDƏ ƏSƏDULLAYEVA

sasadullayeva@mail.ru

NƏRMİN İSMAYİLOVA

ismayilova_narmin_84@mail.ru

AYNURƏ HADİYEVA

aynure_82@mail.ru

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

NADİR TORPAQ ELEMENTLƏRİ İLƏ AŞQARLANMIŞ ARSENİD SULFİD BİRLƏŞMƏSİNİN FOTOLÜMINESSENSİYA VƏ FONON SPEKTRİNİN TƏDQIQI

Optoelektronik qurğularda (lazer, ekran, ağ işıq diodları daxil olmaqla) nadir torpaq elementləri (NTE) ilə legirə olunmuş şüşələrin praktik tətbiqi onların optik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə böyük maraq yaradır. Belə ki, şüşələrdə (NTE) arasında enerji ötürülməsi yüksək effektiv şüalandırıcı mənbələrin yaradılmasına imkan verir (Se Ho Park2002). Şüşə xolkoqenidlərdə ilk fotolüminessensiya tədqiqatlarından biri də Kolomiets və onun əməkdaşları tərəfindən aparılmışdır. Burada rekombinasiya fermi səviyyəsi yaxınlığında dərin məskən səviyyələrlə izah edilmişdir [4] [5]–də (Pr³⁺, Sm³⁺, Er³⁺ və Dy³⁺) ionları ilə aşqarlanmış As₂S₃ birləşməsində 1.3 mkm və 1.5mkm dalğa uzunluğuna düşən şüalanmanın (⁶F_{7/2}→⁶H_{13/2} və ⁶F_{5/2}→⁶H_{11/2} (Dy³⁺) və ¹G_{4/1}→³H₆ və ³F₃→³H₄(Pr³⁺), müvafiq olaraq keçidlərlə bağlı olduğu aydınlaşdırılmışdır. As₂S₃ birləşməsinin optik keçidlərinin bəzilərinin nadir torpaq ionlarının şüalanma xətləri ilə üst-üstə düşməsi səbəbindən As₂S₃ birləşməsinin geniş oblastında udulan fotonun enerjisi nadir torpaq elementlərinə ötürülür, bu da fotolüminessensiyanın effektivliyini artırır. Bu vacib faktdan praktikada fiber-optik gücləndiricilərdə istifadə olunur (Hewak (Ed). 1998).

Nadir torpaq elementləri ilə legirə olunmuş şüşələrin praktik tətbiq nöqtəyi nəzərindən maraqlı olduğunu nəzərə alaraq bu işdə (La₂O₃)_{0.05}(As₂S₃)_{0.90}(Er₂O₃)_{0.05} birləşməsinin fotolüminessensiya xassələri geniş tədqiq olunmuşdur.

Bizim təcrübələrdə ilkin komponent kimi As₂S₃, A-La₂O₃ və C-Er₂O₃-dən istifadə edilmişdir. Tədqiq olunan sistemdə ilkin komponentlərdən stexiometrik tərkibdə çəkilmiş nümunələr əqiq həvəngdə toz halına salındıqdan sonra kvars ampulada yerləşdirilmiş stekloqrafit butaya tökülür. Ampula 0,133 Pa təzyiqə qədər havasızlaşdırılaraq qaz alovunda əridilib bağlanır. Sintez mərhələli aparılır. Əvvəlcə 850 K temperaturda kvars ampula 3 saat saxlanılır. Sonra temperatur 875-1050 K-ə qədər qaldırılaraq sintez 4 saat müddətində davam etdirilir. Kəskin soyuma prosesi havada aparılır.

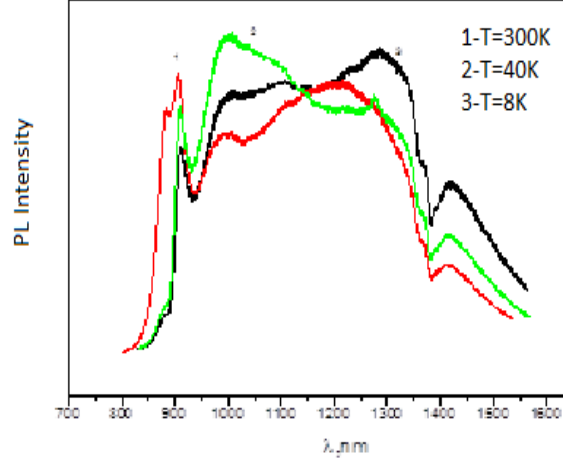
Lüminessensiya tədqiqatları PL/PLE/Raman spektrometrində (Tokyo Instruments, Inc.) aparılmışdır. Həyəcanlandırıcı mənbə kimi 532nm (Nd YAG), 642nm, 785nm lazerlərindən istifadə olunmuşdur. Spektrlərin qeydə alınması MS3507İ (800-2000nm) spektrometrindən istifadə olunmuşdur (SOL Instruments, Inc).

(Bishop S, 1973) işlərində qeyd edildiyi kimi spektrin infraqırmızı oblastında a-As₂S₃ birləşməsi optik xüsusiyyətləri ilə əhəmiyyətli material hesab olunur. Bu maddələrdə ərimə temperaturunun aşağı olması isə (T≈583K) onlardan nazik optik liflərin alınmasını olduqca sadələşdirir. **Şəkil 1**-də təsvir edilmiş FL xətləri əsasən qadağan zonanın mərkəzində yerləşən Fermi səviyyəsi və defekt hallarla əlaqədardır. Bu oblastda aldığımız fotolüminessensiya spektrləri (800-950 nm-də) bizdən əvvəlki (Street R 1973) işlərdə də müşahidə edilmişdir.

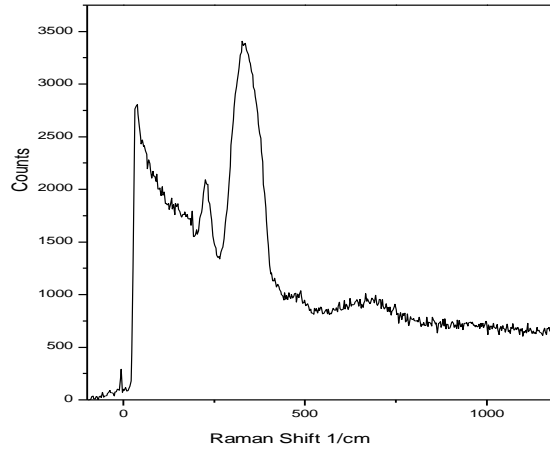
İlk dəfə tərəfimizdən İQ oblastda müəyyən edilmiş aşağı enerjili həyəcanlanmalarda 1.4 əB və 1.35əB-a uyğun olan FL-nın cüt xətləri isə (Şək.1) bizim tərəfimizdən analiz edilib, hansı ki, digər işlərdə bu FL maksimumları haqqında heç bir məlumat yoxdur.

Enerjinin E≈1.4əB qiymətinə uyğun yerləşmiş FL-nın iki komponentli xəttindən birincisi, E≈1.359əB enerjiyə uyğun ikinci xətdən 41məB az enerjiyə malikdir. Bu fərq fonon spektri oblastında ümumi şüalanma spektrindən müəyyən edilmiş ən intensiv TO fononunun enerjisinə uyğun gəlir.

FL xəttinin intensivliyinin 1.359əB qiymətində zəif dəyişdiyi halda $E \approx 1.4$ əB qiymətinə uyğun FL-nın intensivlik xətti temperaturun düşməsi ilə kəskin azalır. Bu iki fakt onu göstərir ki, FL-nın birinci xətti, 1.36əB qiymətinə uyğun gələn ikinci FL xəttinin fonon təkrarlanmasıdır, yəni birinci FL xətti eyni zamanda enerjisi 41məB olan TO fononunun buraxılması ilə müşahidə edilir. Bu spektr lazer şüalanması $\lambda = 532$ nm, olan konfokal Raman spektrometrində alınmışdır (Şək.2).

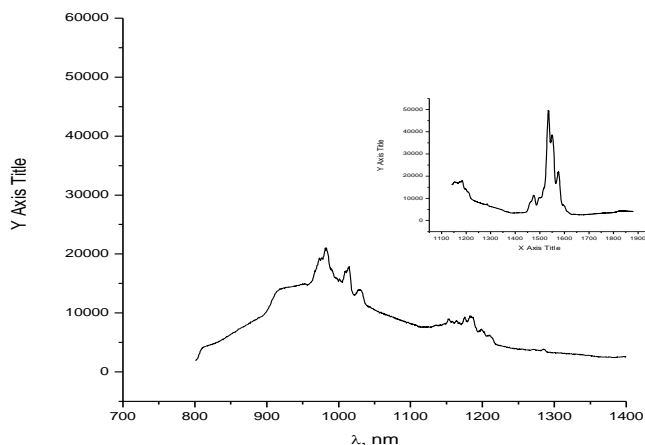


Şəkil 1. As₂S₃ birləşməsinin fotolüminessensiya spektri



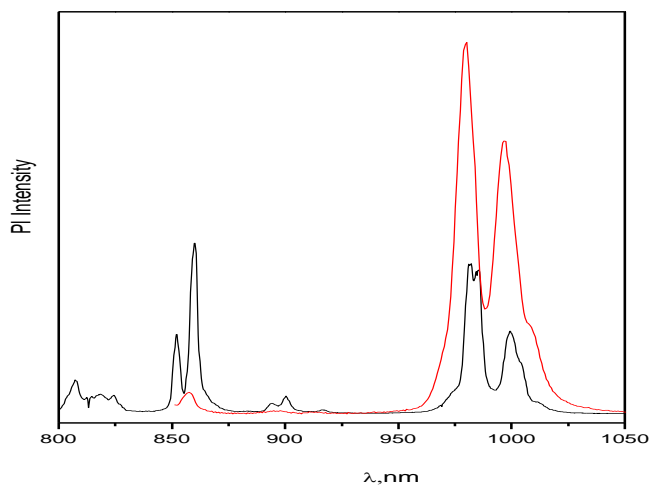
Şəkil 2. As₂S₃ birləşməsinin fonon spektri

Tədqiqatların davamı olaraq digər birləşmələrin lüminessensiya spektrləri tədqiq olunmuşdur. As₂S₃:Er₂O₃ birləşməsinin fotolüminessensiyasının tədqiqi zamanı biz As₂S₃ birləşməsindəki geniş pikin intensivliyinin nisbətən azalması və bu pikin üzərində Erbium atomunun daxili keçidləri hesabına yaranan zəif lüminessensiya maksimumlarını (${}^4J_{2/11} - {}^4J_{15/2}$ və ${}^4J_{2/13} - {}^4J_{15/2}$) müşahidə edirik (Şəkil 3).



Şəkil 3. $As_2S_3:Er_2O_3$ birləşməsinin fotoluminensensiya spektri

Bu birləşməyə La_2O_3 əlavə daxil edilməsi ilə ($(La_2O_3)_{0.05}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.05}$) isə erbinin $^4J_{2/11}-^4J_{15/2}$ (1000nm) atom daxili keçidinin hesabına baş verən lüminessensiyanın intensivliyinin kəskin artımını müşahidə edirik (Şəkil 4). Belə ki, həyəcanlandırıcı mənbə kimi müxtəlif lazerlərdən (532nm, 642nm, 785nm) istifadə olunur. Bütün hallarda bu pikin intensivliyi nisbətən artsa da, həyəcanlandırıcı mənbə kimi enerjisi 532nm (NdYAG) lazerindən istifadə olunduqda bu pikin intensivliyinin təxminən 20 dəfə artımı müşahidə olunur. La_2O_3 məxsus güclü şüalanma pikləri bu zaman tamamilə itir (digər lazerlərlə həyəcanlanma zamanı lüminessensiya spektrlərindən fərqli olaraq). Ehtimal olunur ki, müxtəlif həyəcanlanma mənbələrindən istifadə zamanı fotoluminensensiyanın effektivliyinin artması, As_2S_3 birləşməsinin optik keçidlərinin Er atomunun şüalanma xətləri ilə üst-üstə düşməsi səbəbindən As_2S_3 birləşməsinin geniş oblastında udulan fotonun enerjisinin bu atoma ötürülməsi, eyni zamanda məlum olduğu kimi Lantan elementinin bütün nadir torpaq elementləri üçün sensibilizator rolu oynaması səbəb ola bilər (La ionlarının 4f elektronları olmadığından Lantandan Er atomuna enerji ötürülə bildiyini deyə bilmərik). Lakin 532nm lazerlə həyəcanlanma zamanı intensivliyin daha kəskin artma səbəbini aydınlaşdırmaq üçün Er aşqarının konsentrasiyasını dəyişməklə $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.03}$ birləşməsinin lüminessensiya spektri tədqiq olunmuşdur. Müşahidə olunmuşdur ki, bu zaman konsentrasiya azaldıqca 850nm ($^4S_{3/2} \rightarrow I_{12/3}$) düşən pikin intensivliyi artmış, 1000nm ($^4J_{2/11}-^4J_{15/2}$) pikin intensivliyi isə kəskin azalmışdır. Piklərin yeri və forması dəyişməmişdir. Tədqiq olunmuş həyəcanlanma spektrini də nəzərə alsaq, burda bir Er atomunun digər qonşu Er atomuna enerji ötürməsinin cross relaksasiya mexanizmi vasitəsilə baş verdiyini deyə bilərik.



Şəkil 4. $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.03}$ və $(La_2O_3)_{0.05}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.05}$ birləşmələrinin fotoluminensensiya spektrləri

ƏDƏBİYYAT

1. Se Ho Park, Dong Chin Lee, Jong Heo and Dong Wook Shin (2002) Appl. Phys. 91, 9072
2. Hewak (Ed), (1998) Properties, Processing and Applications of Glass and Rare Earth Doped Glasses For Optical Fibres, London, pp. 2033.
3. S.G. Bishop and D.L.Mitchell (1981) Physical review B 8. Photoluminescence in amorphous As_2S_3 , pp. 266-269
4. Street, R.A, Searle T.M and Austin I.G., 1973 Phys. C: Solid State Phys.6. Photoluminescence in amorphous As_2S_3 pp. 1903

ARZU DAŞDƏMİROV
adashdemirov@gmail.com
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

NADİR TORPAQ METALLARININ GeS KRİSTALININ STRUKTURUNA VƏ FİZİKİ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Keçən əsrin 60-cı illərinə kimi elmi ictimaiyyətdə belə bir fikir mövcud idi ki, lantanidlər (NTM) fiziki-kimyəvi xassələrinə görə bir-birinə çox yaxın elementlərdir. Materiallar texnologiyasının sürətli inkişafı nəticəsində məlum oldu ki, NTM mürəkkəb elektron konfigurasiyasına malik olub yarımqeçiricilərdə, metallarda atom klasterləri, aqlomeratlar yaratmaqla matrisanın quruluşuna, fiziki-kimyəvi xassələrinə olduqca fərqli təsir göstərməklə onların praktiki tətbiq imkanlarını genişləndirir.

GeS laylı monokristalı spektrin görünən və yaxın infraqırmızı oblastlarında fotohəssas kristal olunub, keçən əsrin 70-ci illərindən tədqiq edilmişdir. Yüksək təmizlik dərəcəsinə malik silisiumun kütləvi istehsalı, böyük təbii ehtiyatlara, texniki cəhətdən əlverişli parametrlərə malik olması digər yarımqeçirici elementlərə və birləşmələrə marağı azaltdı. Yalnız 2013-cü ildə ABŞ-ın Şimali Korolina Universitetinin alimləri GeS-dən qərənfil çıxəyinə oxşar superkondensator hazırlamaqla həmin birləşməyə olan marağı artırdılar. Hazırda, ABŞ-ın bir çox aparıcı universitetləri və laboratoriyaları GeS əsaslı nanoölçülü sahə tranzistorları hazırlamışlar.

NTM monoselenidlərinin, ümumiyyətlə, monohalqogenidlərin fərqli xüsusiyyəti onların kimyəvi valentliyinin adi qaydasına tabe olmalarıdır. Rabitənin ion xarakterinin üstün olmasından fərz etmək olar ki, metal atomu iki 6s valent elektronlarını hallogen atomuna verir. Bir 5d valent elektronu lokallaşmamış olur və metallik rabitədə iştirak edir. Başqa sözlə, demək olar ki, *LnSe (LnS, LnTe)*-də metallik rabitə qonşu NTE atomlarının 5d dalğa funksiyasının örtülməsi nəticəsində yaranır ki, birləşmələrdə atomların arasındakı məsafə metallardakı məsafə ilə müqayisə olunandır və 5d qatının effektiv radiusundan kiçikdir.

Monoselenidlərin əksər fiziki xassələrinin izahı üçün kimyəvi rabitənin ion-metallik modeli yararlıdır. Bu zaman xarici elektronlar (b.s. valent rabitənin yaranmasında iştirak edən elektronlar) 5d - və 6s - elektronları hesab olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, NTM-nin əsas halda sərbəst atomlarının 5d - və 6s -orbitlərinin enerjiləri bir-birindən az fərqlənir, buna görə də $f - d - s$ - üzrə elektronların keçidi və *LnSe* - də metallik rabitə icazə veriləndir.

Mövcud ədəbiyyat materiallarında *GeS*-in fotoqeçiriciliyin spektral xarakteristikasının tətbiqinə aid bir neçə material vardır [1]. Fotoqeçiriciliyin spektral xarakteristikasının qısa dalğa oblastında səth rekombinasiyası ilə əlaqədar olaraq kəskin azalma müşahidə olunur. $p - \text{GenS}$ ($n=10^{16} \div 10^{17} \text{sm}^{-3}$) nümunələrdə fotoqeçiricilik $h\nu = 0.4 \div 2.4 \text{eV}$ spektral intervalında 35÷300K temperaturlarda tədqiq olunmuşdur. Fotoqeçiricilik spektrini tədqiq edərkən qadağan olunmuş zonanın düz ($1.43 \pm 0.02 \text{eV}$) və düz olmayan ($1.13 \pm 0.02 \text{eV}$ (300K) və $1.22 \pm 0.02 \text{eV}$ (77K)) keçidləri müəyyən olunmuşdur. Polyarizələnmiş işıqla şüalandırıldıqda fotoqeçiriciliyin spektrində məxsusi udma oblastında iki maksimum müşahidə olunur. Müəlliflər maksimumları ayırmaq üçün fotoqeçiriciliyin spektrinin polyarizələnmiş işıqla ölçülməsini aparmışlar [2].

Optik oxa perpendikulyar və paralel polyarizasiyalarda kompleks dielektrik nüfuzluğunun xəyali və həqiqi hissələrinin hesabları aparılmış, həmçinin geniş enerji diapazonunda əsas fundamental optik funksiyalar hesablanmışdır. $e_{||c}$ və $e_{\perp c}$ polyarizasiyalarında SnS birləşməsinin sındırma əmsalının, qaytarma əmsalının, optik elektrik keçiriciliyinin həqiqi və xəyali hissələrinin, elektronların xarakteristik enerji itkisi funksiyasının və effektiv hal sıxlığının spektral asılılıqları qurulmuşdur [3, 4]. Nümunə üzərində düşən polyarizələnmiş işıq E elektrik vektoru kristalın *a* maksimum müşahidə olunur. Belə hesab edirlər ki, $E||a$ polyarizasiyasında fotoqeçiricilik spektrində müşahidə olunan 1.43eV uyğun maksimum icazə verilən düzgün zona keçidi ilə əlaqədardır. 1.13eV -a uyğun olan pik isə $E||b$ polyarizasiyasında icazə verilən düzgün olmayan keçid ilə əlaqədardır.

Qadağan olunmuş zonanın temperatur asılılığı 90 – 300K temperatur intervalında xəttidir və $dE/dT = 5 \cdot 10^{-4} \text{ eV/dər}$ [3].

Aparılmış kompleks fiziki-kimyəvi analizlərin nəticələri göstərir ki, $(\text{GeS})_{1-x}(\text{LnS})_x$ sistem ərintiləri də əsas maddə olan GeS kimi ortorombik sinqoniyada kristallaşır. Lakin ərintilərin tərkibində LnS -in faizlə miqdarı artdıqca kristal qəfəsin elementar özəyinin parametrlərinin, sıxlıqlarının və mikrobərkliklərinin zəif artımı, ərimə temperaturları və digər termik qızma effektlərinin isə nisbətən aşağı temperatur oblastına tərəf sürüşməsi müşahidə olunur. Bütün tərkiblərdə rentgenoqrafik metodla hesablanmış sıxlıq piknometrik üsulla təyin edilmiş sıxlığın qiymətindən böyük olur. Bu alınmış sistem ərintilərinin quruluş elementlərinin vakansiyalarından ibarət defektlərlə zəngin olduğunu göstərir.

0-3 mol% intervalında rentgenoqrammalarda difraksiya xətlərinin sürüşməməsi və yalnız intensivliklərinin dəyişməsi göstərilən intervalda GeS əsasında bərk məhlulların əmələ gəldiyini göstərir. Qəfəs parametrlərinin müşahidə olunan artımı Ge atomlarının qismən böyük radiuslu Ln atomları ilə yaxşı uzlaşması və Veqard qanununun ödənilməsi GeS əsasında əvəzətmə tipli bərk məhlulların yarandığını söyləməyə əsas verir.

Tərəfimizdən aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, GeS matrisasına vurulan NTM aşqarları, kristalın simmetriya qrupuna təsir etməsə də, qəfəs parametrlərini deformasiya edir, kristalın ərimə temperaturunu (658°C) $\sim 50^\circ$ aşağı salır.

Maddənin fotoelektrik xassələrinə gəldikdə, adi baxımdan anomal görsənən, lakin real qeydə alınan orta temperaturalarda ($T \geq 200\text{K}$) eksiton keçiriciliyi baş verir. Bunun səbəbi NTM aşqarlarının kristalda miqrasiya edən eksitonlarla mürəkkəb komplekslər yaratmasıdır. İstiliyin təsiri ilə həmin eksitonun elektron-deşik cütünə generasiya etməsi ilə spektrdə eksiton keçiriciliyi qeydə alınmışdır.

NTM-nın digər mühüm xüsusiyyəti onların düzkeçidli yarımkəçiricilərdə, hətta Si -da şüalı rekombinasiya mərkəzləri yaratmasıdır. Digər lüminesensiya şüalanmalarından fərqli olaraq, belə şüalanmalar yuxarı temperaturalarda (hətta otaq temperaturunda da) müşahidə olunmasıdır. Bunun səbəbi xarici elektron təbəqələri ilə ekranlanmış 4f- mərkəzdaxili elektron keçidlərinin baş verməsidir.

Bütün qeyd olunan faktlar onu deməyə əsas verir ki, NTM ilə aşqarlanmış GeS laylı monokristal həm foto, həm də optoelektronika üçün perspektivli material hesab oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. A.O Dashdemirov, S.G Asadullayeva, A.S Alekperov, N.A İsmayilova, S.H Jabarov Electronic and optical properties of GeS and GeS: Gd. International Journal of Modern Physics B. Vol. 35, No. 30, 2150305. 2021
2. A. S. Alekperov, A. O. Dashdemirov, N. A. İsmayilova and S. H. Jabarov, Fabrication of a Ge–GeS: Nd heterojunction and investigation of the spectral characteristics. Semiconductors, 2020, Vol. 54, No. 11, pp. 1406–1409.
3. A.S.Abiyev S. G. Asadullaeva, A.O. Dashdemirov, A. S. Alekperov, S.H.Jabarov, N.A.İsmayilova, A.A,Hadiyev, A.N.Gafarova. Infrared luminescence of GeS: Nd layered crystals. Advanced Physical Research Vol 5, No.1, pp.12-18
4. S.H. Jabarov, S.I.Ibrahimova, F.V Həjjiyeva, E.M Huseynov, Y.I Aliyev. Structural, Vibrational, and Dielectric Properties of CuInZnSe_3 Chalcogenide Compound. Arabian Journal for Science and Engineering 47 (6), 7817-7823

AYGÜN AYDIN ORUCOVA
aygun.orucova1987@gmail.com
Mingəçevir Dövlət Universiteti

NANOLİFLİ $A^3B^3C^6_2$ TİP KRİSTALLARIN Γ -RADİASİYASININ YARATDIĞI SUPERİON KEÇİRİCİLİK VƏ SPESİFİK TƏSİRLƏR

Giriş. Superion keçiricilər son zamanlarda bir çox tədqiqatçının diqqətini cəlb edən xüsusi bir maddələr sinfini təşkil edir. Bu maddələrin qeyri-adi xassələri həm kondensasiya olunmuş maddə fizikasının fundamental problemlərinin həlli, həm də fiziki kimya və təbiiqlər üçün maraqlıdır (Parfen`eva et al., 2003; Gurevich, 1982). Superion keçiricilərinin mühüm xüsusiyyəti onların anomal yüksək ion keçiriciliyidir, onların böyüklük sırası güclü elektrolitik keçiricilərin ərimə və konsentrat məhlullarına xas olana yaxındır. Beləliklə, superion keçiriciləri hibrid xassələri olan maddələr hesab edilə bilər: maye ərimə və ya məhlulun keçiriciliyi və bərk maddənin mexaniki gücü.

Bundan sonra superion kristalları adlandırılacaq struktur pozğunluğu olan kristallar iki köklü fərqli fazada tapıla bilər: Kritik temperaturdan aşağı temperaturda onlar adi ion kristalları (dielektrik faza) kimi davranırlar; kritik temperaturdan yuxarı temperaturda onlar xüsusi, superion vəziyyətinə keçirlər (elektrolitik faza).

TlGaTe₂ yarımkəçirici birləşmə tetraqonal fəza qrupunda kristallaşır və bir ölçülü (1 D) çubuq quruluşuna malikdir. TlGaTe₂ birləşməsinin elektrik xassələri Hüseynov (1967) və başqalarında (1970) tədqiq edilmişdir. TlGaTe₂-nin enerji zolağının strukturunun hesablamaları göstərdi ki, valentlik zolağının yuxarı hissəsi Brilluen zonasının səthində T yüksək simmetriya nöqtəsində, keçiricilik zolağının dibinə isə D xəttində yerləşir (Godzhaev et al., 2004). Aparılan hesablamalar nəticəsində əldə edilən zolaq boşluğunun 0,86 eV-ə bərabər olduğu müəyyən edilmişdir.

Bu yazıda biz Tl Ga Te₂ birləşməsinin 300 K-dən yuxarı temperaturda dielektrik və elektrik xassələri üzrə eksperimental nəticələri təqdim edirik. Bizim seçimimiz onun kristal quruluşuna görə TlGaTe₂ birləşməsinin superion keçiriciliyi ilə perspektivli materiallar kimi qəbul edilməsi təklifi ilə müəyyən edilmişdir. Dövlətlərin sıxlığında psevdoqapın olması və bu sinfin kristallarında son nəticədə anizotrop (1D) və çubuqvari quruluşun olması elektrik keçiriciliyinin spesifik xüsusiyyətlərini gözləməyə imkan verir; bu xüsusiyyətlər strukturun aşağı ölçülü tipi ilə bağlıdır. Təqdim olunan iş çərçivəsində biz həmçinin TlGaTe₂ kristallarında elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının spesifik xüsusiyyətlərini (I-V xarakteristikalarının həm xətti, həm də qeyri-xətti bölgələrində) və bu anizotropiyanın həm kristalın struktur xüsusiyyətləri, həm də radiasiya qüsurları ilə əlaqəsini öyrəndik. Biz kristalın induktivliyini Mott və Pool-Frenkel modelləri (Mott, 1979 və Frenkel, 1975) baxımından təhlil etmək niyyətindəyik.

2. Eksperimental Nəticələr və Müzakirələr

2.1. Eksperimental Quraşdırma

TlGaTe₂, TlInTe₂ və TlInSe₂ birləşmələrinin nümunələri evakuasiya edilmiş kvarts hüceyrələrində başlanğıc komponentləri (təmizliyi 99,99 %-dən az olmayan) əritməklə sintez edilmişdir, müvafiq monokristallar dəyişdirilmiş Bridqman üsulu ilə yetişdirilmişdir. Kristaloqrafik oxu c boyunca təzəcə kəsilmiş nümunələr təxminən 5 mm qalınlığında düzbucaqlılar şəklində hazırlanmışdır.

TlGaTe₂ kristallarının keçiriciliyinin və elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığını ölçmək üçün biz dielektrik kimi xidmət edən tədqiq olunan materialların lövhələri ilə kondensatörlər hazırladıq. Keçiricilik və elektrik keçiriciliyi 100-450 K temperatur diapazonunda 1 MHz tezliyində E7-20 rəqəmsal immitans ölçmə cihazı (Web-1) ilə tədqiq edilmişdir.

Nümunələr ilk dəfə THz zaman-domen spektroskopiyası (Duvillaret et al., 1996) ilə tədqiq edilmişdir ki, bu da bir ölçmədə bütün THz spektral reaksiyasını (0,1-3 THz) qeyd etməyə imkan verir.

2.2. Superion keçiricilik

Kristalda fəvqəladə keçiricilik qüsurları vəziyyətinə elektrik sahəsinin yaratdığı faza keçidi və

elektrik sahəsinin qüsurlar əmələ gəlməsi enerjisinə təsiri nəzəriyyəsi. TlGaTe₂ birləşməsinə dair araşdırmalarımız belə nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, kristalın yüksək keçiricilik vəziyyəti kristal qızdırmadan kation Tl⁺ alt qəfəsinin elektrik sahəsində induksiya edilmiş “əriməsi” ilə əldə edilə bilər.

Tədqiqatda (Kharkats, 1981) kationların aralıqlar üzərində paylanması nisbətən sadə modelindən və sistemdə Frenkel qüsurlarının qarşılıqlı təsirinin ən sadə qanunundan istifadə edilmişdir.

2.3. Terahertz zaman-domen spektroskopiyası

Terahertz spektroskopiyası bir neçə onlarla gigahertzdən bir neçə terahertsə qədər uzanan geniş tezlik diapazonunda maddi tədqiqatlar üçün güclü bir texnikadır. Parametrlərin çıxarılması üçün terahertz ovlslarının temporal profilləri iki dəfə qeydə alınır, birinci dəfə səciyyələndiriləcək nümunəsiz, ikinci dəfə isə nümunə ilə. Sonra onların Furye çevrilmələrinin nisbəti tezlik funksiyası kimi nümunənin kompleks ötürmə əmsalını verir. Uzaq infraqırmızı bölgədə aparılan araşdırmalar bu nanolifli kristalların fizikası haqqında əlavə məlumat verə bilər. γ -şüalanmış nümunələrin infraqırmızı (THz) spektrləri bildirilmiş tədqiqatlar çərçivəsində ölçülməmişdir, çünki fikrimizcə, γ -şüalanma vibrasiya spektrinə mühüm təsir göstərməyəcək; şüalanmanın yaratdığı qüsurlar isə əsasən keçiriciliyə və dielektrik keçiriciliyə təsir göstərir. Bununla belə, biz bu tip kristalların vibrasiya spektrlərinə γ -şüalanmanın təsirini araşdırmağı planlaşdırırıq.

ƏDƏBİYYAT

1. Duvillaret, L., Garet, F. and Coutaz, J.-L. (1996). A reliable method for extraction of material parameters in terahertz time-domain spectroscopy, *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, 2, 739-746.
2. Frenkel, Ya.I., *Collection of Selected Works* (Nauka, Moskow, 1975), 2, p. 217 [in Russian]
3. Godzhaev, E. M., Orudzhev, G. S., Kafarova D. M. (2004). Band structure and permittivity of the TlGaTe₂ compound, *Physics of Solid*, 46, 833-835
4. Gurevich, Yu. Ya., Kharkats Yu. I. (1982). Features of the thermodynamics of superionic conductors, *Sov. Phys. Usp.* 25, 257-276
5. Guseynov, G. D., Abdullayev, G.B., Bidzinova, S. M., Seidov, F. M., İsmailov, M. Z., Pashayev, A. M. (1970). On new analogs of TlSe-type semiconductor compounds, *Physics Letters A*, 33, 421-422.
6. Guseynov, G. D., Ramazanzade, E. M., Kerimova, E. M., İsmailov, M. Z., (1967). About a Group of Three-Component Compounds being Analogous to Binary Semiconductors of the AIII BVI Type, *Phys. Stat. Solidi* (b), 22, K117-K122
7. Kharkats, Yu.I. (1981). Fast ion transport in solids induced by an electric field, *Solid State Ionics*, 2, 301-308.
8. Mott, N.F. and Davis, E. A. (1979). *Electronic Processes in Non-Crystalline Materials*, Clarendon, Oxford, p. 604
9. Parfen'eva, L.S., Shelykh, A. I., Smirnov, I. A., Prokof' ev, A. V., Assmus, V., Misiorek, Kh., Mukha, Ya., Jezhovski, A., Vasil' eva, I. G. (2003). Heat Transport over Nonmagnetic Lithium Chains in LiCuVO₄, a New One-Dimensional Superionic Conductors, *Physics of Solid State*, 45, 2093-2098.
10. Sardarly, R. M., Samedov, O.A., Abdullayeva, A. P., Huseynov, E. K., Salmanova, F. T., Safarova, G. R. (2010). Specific Features of Conductivity of γ -Irradiated TlGaTe₂ Crystals with Nanochain Structure, 44, *Semiconductors*, 1-5

XƏYALƏ HÜSEYNZADƏ
khayala.huseynzada@gmail.com
AYTAC CAVADOVA
aytach.cavad@mail.ru
MƏRYƏM ƏSƏDOVA
esedova.m92@gmail.com
Mingəçevir Dövlət Universiteti

MİKROPIKSELLİ SELVARI FOTODİODLARININ FOTOCAVAB FORMASININ ANALİTİK TƏSVİRİ

Giriş. Hal-hazırda selvari fotodiodları, xüsusən də mikro piksellə selvari fotodiodları (MSFD) elmi təcrübələrdə geniş istifadə olunur [1-8]. Geniş tətbiqinə baxmayaraq, MSFD-də foto cavab xassəsini təsvir edən analitik ifadə hələ verilməmişdir. Bu yarımkeçiricidə selvari prosesi təsvir edən tənliklər sisteminin riyazi həllindəki çətinliklərlə əlaqədardır. Bu işdə, müəyyən yaxınlaşmalarda MSFD fotocavab forması üçün analitik bir ifadə alınmışdır.

Analitik iş. Sərt silisium p-n keçidində selvari prosesi təsvir edən tənliklər sistemini nəzərdən keçirək. Tənliklər sisteminə elektronlar və dəşiklər üçün davamlılıq tənlikləri, həcmi yüklər oblastında (HYO) potensial paylanması təsvir edən Puasson tənliyi daxildir [9, s.167]. Yarımkeçiricinin HYO-da yük daşıyıcılarının yaranma sürətinin onların rekombinasiya sürətini əhəmiyyətli dərəcədə üstələdiyini nəzərə alsaq, yarımkeçiricilərdə selvari prosesin bir ölçülü yaxınlaşmada təsvir edən əsas tənlikləri aşağıdakı formaya malikdir:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \alpha v_s n + \beta v_s n + \frac{1}{q} \frac{\partial J_n}{x} + G$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \alpha v_s n + \beta v_s n - \frac{1}{q} \frac{\partial J_p}{x} + G \quad (1)$$

$$J_n = q v_s n$$

$$J_p = q v_s p$$

$$\frac{\partial^2 V}{x^2} = \frac{q N_a}{\epsilon_s}$$

Aşağıdakı şərtlər olduqda,

$$p(0, t) = 0; n(W, t) = 0; V(x = W) = 0; \frac{\partial V}{\partial x}(x = W) = 0$$

burada, x- yarımkeçirici səthdən hesablanır, V -dioda tətbiq olunan gərginlik, q -elektron yükü, ϵ_s – yarımkeçirici keçiricilik, N_a - kompensasiya olunmamış ionlaşmış akseptor tipli aşqar konsentrasiyası, G - həcmli yük oblastında zərrəciyin əmələ gəlmə sürəti, W – maksimum p-n keçidinin parçalanması zamanı əldə edilən HYO-nın qalınlığı, v_s - yük daşıyıcılarının maksimum sürəti, n –elektron konsentrasiyası, J_n - cari elektron komponent sıxlığı, α - elektronlar üçün ionlaşma əmsalı. Oxşar qeydlər dəşiklər üçün də aparılır. Elektronlar və dəşiklər üçün ionlaşma əmsalları (yəni, $\alpha=\beta$) şərti ilə (1) sisteminin ilk iki tənliyindən əldə etmək olar:

$$\frac{\partial J}{\partial t} = 2\alpha v_s J + v_s \frac{\partial (J_n - J_p)}{\partial x} + 2q v_s G \quad (2)$$

Burada, $J = J_n + J_p$ - yarımkeçiricinin HYO bölgəsində ümumi keçirici cərəyanıdır.

$J_n(0)=J_t$, $J_p(0)=0$, $J_n(W)=0$ və $J_p(W)=J_t$ ilkin şərtlər altında tükənmiş təbəqənin qalınlığı üzərində (2) tənliyini inteqrasiya edərək əldə edirik.

$$\frac{J_t}{\partial t} + \frac{2v_s}{W} (1 - \alpha W) J_t = \frac{2v_s i_a}{W} \quad (3)$$

Harada ki, $J_t = \frac{1}{W} \int_0^W (J_n + J_p) dx$ - ümumi cərəyan, $i_a = q \int_0^W G(x) dx$ selvari prosesini başlanan qeyri-stasionar cərəyan (məsələn, foto cərəyan). Burada (3) tənliyini inteqralladıqda ionlaşma əmsalının yarımkəçiricinin həcmi yüklər oblastı bölgəsinin bütün eni boyunca sabit olduğu qəbul edilmişdir. (3) tənliyinin $(1-\alpha W)$ ifadəsinin qiymətindən asılı olaraq aşağıdakı iki həlli var:

$$J_t(t) = \frac{2}{\tau} \exp(-Lt) \int_0^t i_a \exp(Lt') dt' \quad (4)$$

$\alpha W \neq 1$ -də, harada ki, $\tau = W/vs$ yarımkəçirici HYO vasitəsilə yük daşıyıcılarının uçuş vaxtı

$$J_t(t) = \frac{2}{\tau} \int_0^t i_a dt' \quad (5)$$

at $\alpha W = 1$. İfadə (4) göstərir ki, $\alpha W > 1$ yenidən istənilən forma və formata malik başlanğıc cərəyan selvari fotodiodunda selvari cərəyanının sonsuz artımına səbəb olur. Tək fotoelektron vasitəsilə başlanan impulsu cərəyanın əmələgəlmə prosesi böyük maraq doğurur. Bu proses təsvir etmək üçün $i_a = q \times \delta(t)$ ifadəsindən istifadə edə bilərik, burada q - elektron yükü, δ - Dirak funksiyasıdır. Bu halda (4) və (5) ifadəsini inteqral olaraq əldə edirik.

$$J_t(t) = \frac{2q}{\tau} \exp(-Lt) \quad \alpha W < 1 \quad J_t(t) = \frac{2q}{\tau} = const \quad \alpha W > 1. \quad (6)$$

Görünür ki, tək fotoelektronlar da αW ifadəsinin qiymətindən asılı olaraq eksponensial azalan və ya daimi selvari artan cərəyanına səbəb ola bilər. $\alpha W < 1$ şərti altında siqnalın fotocavabı stasionar selvari prosesi başlanan cərəyan bitdikdən sonra proses sönür. Nümunə olaraq, cihazın düzbucaqlı işıq impulsu fotocavab şəklini keçirə bilər. Belə bir düzbucaqlı işıq impulsunun forması kimi ifadə istifadə edə bilər:

$$i_a(t) = I_0 \times \eta(t - t_1) \times \eta(t_2 - t), \quad (7)$$

Harada ki, η tək funksiya, başqa sözlə, $\eta = 1$ diapazonda $t_1 < t < t_2$ və $\eta = 0$ at $t < t_1$ və $t > t_2$. (7) əldə etməklə (4) ifadələrini birləşdirərək, fotocavabın ön hissəsini təsvir edən ifadəni alırıq.

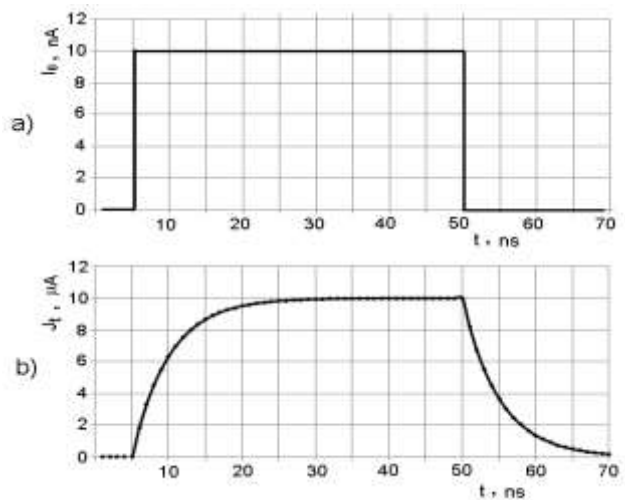
$$J_t = I_0 M \times (1 - \exp(-\frac{2}{\tau M} \times t)) \quad (8)$$

(6) ifadəsinə uyğun olaraq siqnalın arxa kənarı düsturla təsvir edilir.

$$J_t = I_0 M \times \exp(-\frac{2}{\tau M} \times t) \quad (9)$$

Şəkil 1-də düzbucaqlı işıq impulsunun qeyd olduğu zaman selvari fotodiodun fotocavabını göstərir. Hesablamalarda bəzilərdən istifadə edilmişdir: gücləndirmə əmsalı

$M = 1/(1-\alpha W) = 1000$, $I_0 = 10$ nA, $t_1 = 5$ ns, $t_2 = 50$ ns, $\tau = 10$ ps.



Şəkil 1. $M=1000$ tezlikdə selvari fotodiodunun işıq siqnalının (a) və fotocavabının forması (b).

Görünür ki, fotocavab cəbhələri $\tau_i = (\tau M/2)$ kimi olan selvari proses vaxtında müəyyən edilir. Cihazın ötürmə qabiliyyətini nəzərə alsaq, $\Delta f = 1/\tau_i$, onda $\Delta f \times M = (2/\tau) = \text{const}$ alırıq. Bu o deməkdir ki, selvari fotodiodunun deşilmə gərginliyi altında işləyən bant genişliyi selvari prosesin qazancı ilə tərs mütənəsbdir.

Nəticə. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda selvari prosesin yalnız orta statistik parametrləri nəzərdən keçirildi, məsələn, $v=1$, yarımkəçiricinin kasıblamış bölgəsindən keçən bir fotoelektronun orta hesabla bir ikincil elektron yarada biləcəyi deməkdir. Bu vəziyyətdə, bir fotoelektron tərəfindən selvari prosesinin başlanmasının aşağı səmərəliliyi əldə edilir. Məsələn, selvari prosesindəki dalğalanmaların Puasson təbiəti fərziyyəsində bunu göstərmək olar: $v=1$ elektronların çoxalmadan HYO-dan keçmə ehtimalı $\sim 40\%$ -a çatır. Beləliklə, deşilmə gərginliyini aşan şəraitdə işləyən selvari fotodiodları, yəni mikro piksel selvari fotodiodları digər anoloqlarından xeyli üstünlüyə malikdir. MSFD $N \gg 1$ -də işləyə bilər və buna görə selvari prosesi daha sürətli olur. Beləliklə, cihazın iş parametrlərini öyrənməyə imkan verən selvari fotodiodunun fotocavabı üçün analitik ifadə əldə edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Renker D., Lorenz E. // J. Instrumentation. 2009. V. 4. P. 04004.
2. Sadygov Z. et al. // Nucl. Instr. and Meth. A. 2006. V. 567. P. 70.
3. F. Ahmadov et al., New gamma detector modules based on micropixel avalanche photodiode, 2017 JINST 12 C01003.
4. Z.Sadygov et al., Development of scintillation detectors based on micro-pixels avalanche photodiodes, PoS (PhotoDet 2012)037.
5. G.Ahmadov, F.Ahmadov, M.Holik et al, Gamma-ray spectroscopy with MAPD array in the readout of LaBr₃:Ce scintillator, 2021 JINST 16 P07020
6. M.Holik et al., Miniaturized read-out interface “Spectrig MAPD” dedicated for silicon photomultipliers, Nucl. Instrum. Meth. A 978 (2020) 164440.
7. F. Ahmadov et al., Development of compact radiation detectors based on MAPD photodiodes with lutetium fine silicate and stilbene scintillators, 2015 JINST 10 C02041.
8. Z. Ya. Sadygov, I. M. Zheleznykh, N. A. Malakhov, V. N. Jejer, and T. A. Kirillova, “Avalanche semiconductor radiation detectors” IEEE Trans. Nucl. Sci. 43, 1009–1013 (1996).
9. Зи С.// Физика полупроводниковых приборов: в 2-х книгах. Кн. 2. М.: Мир, 1984, 456 с.

SARA YASİNOVA
sara.novruzova@yahoo.com

Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

İRADƏ MƏMMƏDOVA

irada_mamedova@yahoo.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

KİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ YOLU İLƏ MÜXTƏLİF TEMPERATURLARDA ALINMIŞ PbSe NARIN TOZLARININ RAMAN SPEKTRİ

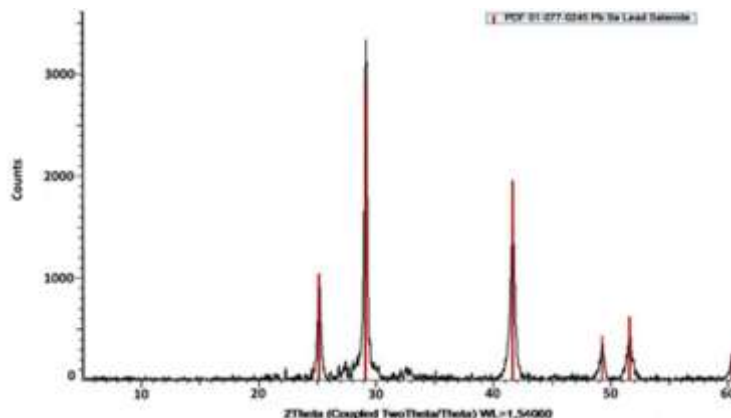
Yarımkəçirici materiallar son zamanlar geniş elmi və texnoloji tələbat sahəsi olduğundan böyük marağa səbəb olmuşlar. Bərk cisim elektronikasının inkişafı nanoelektronikada - superkondensatorlar, ionistorlar (ifrat yüksək tutumlu kondensatorlar), elektron çeviricilər kimi cihazların yaradılmasında böyük əhəmiyyətə malikdir.

PbS, PbSe və PbS_xSe_{1-x} nanokristalları əsasında və PbX nanokristalları arasında günəş batareyalarının hazırlanması haqqında məlumatlar vardır. PbSe nazik təbəqəsindən detektorlar [1], fotoluminesans [2], diod lazer [3], yuxarı çevrilmə görüntüləmə cihazları [4], görüntüləmə sensoru cihazları [5], termoelektrik soyuducular [6], günəş batareyalarının [7] hazırlanmasında geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Son zamanlarda isə fotodetektorların [8,9], elektrolüminessent [10], termoelektrik [11] və sahə effektiv tranzistorlarının [12] hazırlanmasında istifadə olunur. Qurğuşun selenin nanokristalları nanokristal günəş elementləri və infraqırmızı detektorlarda da tətbiq olunur [13].

PbSe nazik təbəqəsinin və narın tozunun kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınması üçün istifadə olunan məhlul aşağıdakı qaydada hazırlanmış və məhlulların hər birindən eyni qədər (həcm ölçüsü ilə) götürməklə hazırlanır: qurğuşun asetat $Pb(CH_3COO)_2$ - 0,07 M; natrium hidroksid (NaOH)-0,3 M; trietanolamin $N(CH_2CH_2OH)_3$ -0,06 M; natrium selenosulfat Na_2SSeO_3 -0,17 M. Məhlula selen komponentinin daxil olunması üçün istifadə olunan natrium selenosulfat məhlulu 0,425 q. metal selen tozu və 1,245 q. natrium sulfidin 100 ml distillə suyunda 90⁰ C-də əks soyuducuda 7 saat müddətində qaynadılması yolu ilə alınmışdır [16].

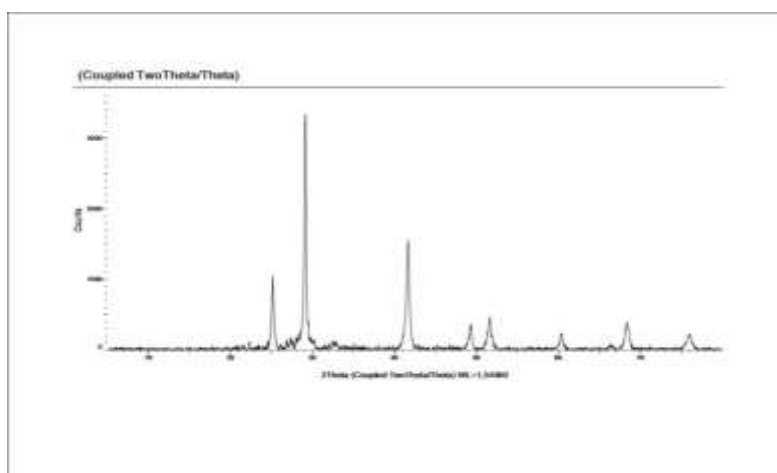
Kimyəvi çökdürmə prosesi 60 mm-lik laboratoriya stəkanının içərisində 60⁰C temperaturda aparılmışdır. Məhlulun içərisinə əvvəlcədən şaquli vəziyyətdə şüşə altlıq yerləşdirilir və bütün proses müddətində məhlul maqnit qarışdırıcı ilə daima qarışdırılır. 20 dəqiqədən sonra şüşə altlıq məhluldan çıxarılır və distillə suyunda yuyularaq qurudulur. Bu prosedən sonra şüşə altlıq üzərində və istifadə olunan laboratoriya stəkanının divarlarında tünd qəhvəyi rəngli, yaxşı adgeziyaya malik, bircins nazik təbəqə alınmışdır. Nazik təbəqələrin alınması prosesində əsas kütlə olaraq məhluldan çöküntü şəklində ayrılan PbSe narın tozu distillə suyu ilə yuyub qurudulduqdan sonra ayrıca tədqiq olunmuşdur.

PbSe nazik təbəqəsi və narın tozu eyni zamanda otaq temperaturunda alınmışdır. Qurğuşun asetat $Pb(CH_3COO)_2$ - 0,07 M; natrium hidroksid (NaOH)-0,3 M; trietanolamin $N(CH_2CH_2OH)_3$ -0,06 M; natrium selenosulfat Na_2SSeO_3 -0,17 M hər bir məhluldan eyni miqdarda (12 ml) 60 millilitrlik laboratoriya stəkanına əlavə etməklə, sınaq şüşəsini şaquli istiqamətdə yerləşdirməklə alınır. Otaq temperaturunda 40 dəqiqə maqnit qarışdırıcı vasitəsilə qarışdırdıqdan sonra 1 sutka (24 saat) heç bir müdaxilə etmədən saxlayırıq. Nəticədə, həm sınaq şüşəsində, həm də laboratoriya stəkanının divarında yaxşı adgeziyaya malik PbSe nazik təbəqəsi alınır. PbSe narın tozu isə məhlulun dibində çöküntü şəklində alınır. Çöküntü distillə suyu vasitəsilə yuyulub təmizləndikdən sonra tədqiqat işləri görülür.



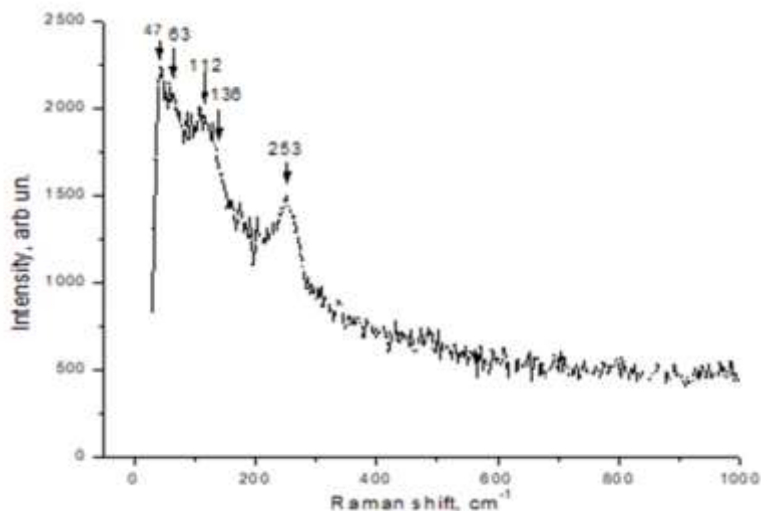
Şəkil 1. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə otaq temperaturunda alınmış PbSe narin tozunun Rentgen spektri

Şəkil 1. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə otaq temperaturunda alınmış PbSe narin tozunun Rentgen spektri verilmişdir. Şəkildən də görüldüyü kimi Rentgen spektrinin pik nöqtələri $2\theta = 28$ və $2\theta = 42$ qiymətlərinə uyğun qiymətlər almışdır. Belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, PbSe nazik təbəqəsinin bütün piklərinin yerləri və intensivlikləri PbSe standartları ilə üst-üstə düşmüşdür.



Şəkil 2. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə 60°C temperaturda alınmış PbSe narin tozunun Rentgen spektri

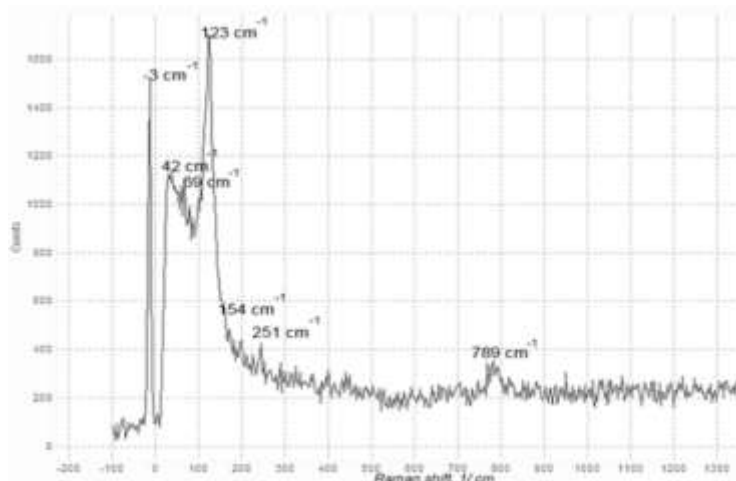
Şəkil 2. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış PbSe narin tozunun Rentgen spektri "D-8 ADVANCE" difraktometrində çəkilmişdir. Spektrdən görüldüyü kimi PbSe nazik təbəqəsinin bütün piklərinin yerləri və intensivlikləri PbSe standartları ilə üst-üstə düşmüşdür. Şəkildən də görüldüyü kimi Rentgen spektrinin pik nöqtələri $2\theta = 27$ və $2\theta = 44$ qiymətlərinə uyğun gəlmişdir.



Şəkil 3. Otaq temperaturunda kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış PbSe tozunun Raman spektri

Şəkil 3. Otaq temperaturunda kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmış PbSe narın tozunun Raman spektri verilmişdir. Müşahidə olunan tezliklər 47 , 63 cm^{-1} , 112 cm^{-1} , 136 cm^{-1} , 253 cm^{-1} -dir. Ədəbiyyatlarda [14] PbSe nanohissəcikləri üçün ~ 45 cm^{-1} , 70 cm^{-1} , 118 cm^{-1} tezlikli modlar müəyyən olunmuşdur. Həmçinin araşdırılmış ədəbiyyatlarda [15] PbSe nazik təbəqələr üçün 83 cm^{-1} , 136 cm^{-1} , 275 cm^{-1} fonon tezlikləri müşahidə olunmuşdur.

PbSe narın tozunun Raman ölçmələri ədəbiyyatlarında [14] 140 cm^{-1} tezliyi LO(Γ) kimi müəyyən edilmişdir, bu, kimyəvi çökdürmə yolu ilə otaq temperaturunda alınmış PbSe narın tozunun Raman spektrində müşahidə olunmuş 136 cm^{-1} -ə uyğundur. PbSe narın tozunun Raman spektrində 112 cm^{-1} və 253 cm^{-1} tezlikləri [15]-də müşahidə olunan 136 cm^{-1} və 275 cm^{-1} piklərinə uyğundur. Müəlliflər qeyd edirlər ki, bu tezliklərin LO və 2LO fononları olmaqla lazer şüalanması altında aktiv fotooksidləşmə prosesləri ilə nəticəsində qurğuşun oksidinə aiddir.



Şəkil 4. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə 60°C temperaturda alınmış PbSe narın tozunun Raman spektri

Həmçinin PbSe narın tozunun Raman spektri Raman ölçmələri ədəbiyyatlarında [14] qeyd olunmuş 140 cm^{-1} tezliyi LO(Γ) ilə kimyəvi çökdürmə yolu ilə 60°C temperaturda alınmış PbSe narın tozunun Raman spektrində müşahidə olunmuş 154 cm^{-1} tezliyi ilə üst-üstə düşdüyü hesab olunur.

PbSe narın tozunun Raman spektrində müşahidə olunmuş 123 cm^{-1} və 251 cm^{-1} tezliklərinin pikləri isə [15]-də müşahidə olunan 136 cm^{-1} və 275 cm^{-1} piklərinə uyğundur. Müəlliflər bunu tezliklərin LO və 2LO fanonları olmaqla lazer şüalanması altında aktiv fotooksidləşmə prosesləri ilə nəticəsində qurğuşun oksidinə aid olması ilə əlaqələndirirlər.

Sonda belə bir nəticəyə gəlmək olarki ki, kimyəvi çökdürmə yolu həm otaq temperaturunda, həm də 60°C temperaturda standartlara uyğun PbSe narın tozu alınmışdır. Alınmış narın tozların Raman spektrlərində müşahidə olunmuş piklər ədəbiyyatlarla üst-üstə düşür.

ƏDƏBİYYAT

1. Ren Y. X. et al. Evidences of sensitization mechanism for PbSe thin films photoconductor //Vacuum. – 2018. – T. 149. – C. 190-194.
2. Heredia-Cancino J. A. et al. Cds/pbse heterojunction made via chemical bath deposition and ionic exchange processes to develop low-cost and scalable devices //Applied Sciences. – 2021. – T. 11. – №. 22. – C. 10914.
3. Feit Z. et al. Liquid phase epitaxy grown PbSnSeTe/PbSe double heterostructure diode lasers //Infrared physics & technology. – 1996. – T. 37. – №. 4. – C. 439-443.
4. Sarusi G. et al. Architecture, development and implementation of a SWIR to visible integrated up-conversion imaging device //Nanophotonics VI. – SPIE, 2016. – T. 9884. – C. 85-100.
5. Gupta M. C., Harrison J. T., Islam M. T. Photoconductive PbSe thin films for infrared imaging //Materials Advances. – 2021. – T. 2. – №. 10. – C. 3133-3160.
6. Namitha Asokan T., Urmila K. S., Pradeep B. Structural, optical, transient photoconductivity studies and low temperature thermoelectric power measurements on reactively evaporated lead selenide thin films //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2016. – T. 27. – C. 5646-5653.
7. Weng B. et al. Recent development on the uncooled mid-infrared PbSe detectors with high detectivity //Quantum Sensing and Nanophotonic Devices XI. – SPIE, 2014. – T. 8993. – C. 178-185.
8. Zhang H. et al. High performance PbSe colloidal quantum dot vertical field effect phototransistors //Nanotechnology. – 2016. – T. 27. – №. 42. – C. 425204.
9. Gao J. et al. Solution-processed, high-speed, and high-quantum-efficiency quantum dot infrared photodetectors //ACS photonics. – 2016. – T. 3. – №. 7. – C. 1217-1222.
10. Steckel J. S. et al. $1.3\text{ }\mu\text{m}$ to $1.55\text{ }\mu\text{m}$ tunable electroluminescence from PbSe quantum dots embedded within an organic device //Advanced Materials. – 2003. – T. 15. – №. 21. – C. 1862-1866.
11. Liang W. et al. Field-effect modulation of Seebeck coefficient in single PbSe nanowires //Nano letters. – 2009. – T. 9. – №. 4. – C. 1689-1693.
12. Oh S. J., Kim D. K., Kagan C. R. Remote doping and Schottky barrier formation in strongly quantum confined single PbSe nanowire field-effect transistors //ACS nano. – 2012. – T. 6. – №. 5. – C. 4328-4334.
13. Shuklov I. A., Razumov V. F. Lead chalcogenide quantum dots for photoelectric devices //Russian Chemical Reviews. – 2020. – T. 89. – №. 3. – C. 379.
14. Manciu F. S. et al. Size-dependent Raman and infrared studies of PbSe nanoparticles //Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering. – 2008. – T. 39. – №. 9. – C. 1135-1140.
15. Kuzivanov M. O. et al. Raman scattering in lead selenide films at a low excitation level //Optics and Spectroscopy. – 2015. – T. 119. – C. 938-942.
16. J. M. Luther, M. Law, M. C. Beard, Q. Song, "Shottky solar cells based on colloidal nanocrystal films", Nano Lett. 8, pp. 3488-3492, 2008.

AYDIN ƏLƏKBƏROV

aydin60@inbox.ru

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

ER AŞQAR ATOMLARININ GAS LAYLI MONOKRİSTALININ FOTOELEKTRİK SPEKTRİNƏ TƏSİRİ

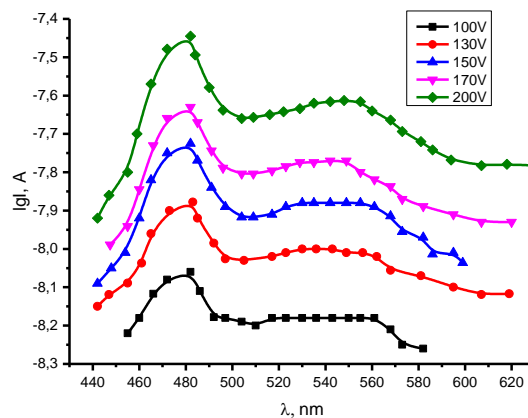
GaS monokristalın enli zolaqlı ($T=300\text{K}$ temperaturda $E_g=2,5\text{ eV}$) spektrin görünən və ultrabənövşəyi oblastlarında fotonəzəs, yarımkeçirici maddədir (В.П.Мушинский, 1975, 79) Kristalın tətbiq imkanlarını genişləndirmək üçün tətbiq olunan metodlardan biri müxtəlif atom aşqarlarından istifadə etməkdir. Son onilliklərdə aşqar atomları kimi nadir torpaq metallarından (NTM) daha geniş istifadə edilir.

Keçən əsrin 60-cı illərindən başlayaraq NTM-dan bərk cisim elektronikasında, xüsusilə lazerlərin hazırlanmasında istifadə olunması onlara olan marağı kəskin artırdı. Lakin bəzi NTM-nın sürətlə oksidləşməsi, yüksək təmizliklə alınmaması müəyyən texnoloji çətinliklərə səbəb oldu. NTM ilə bağlı digər problem onların ion radiuslarının Ge, Si kimi ənənəvi yarımkeçirici elementlərinin ion radiuslarından ~50% böyük olması, halkogenlərlə mürəkkəb komplekslər yaratması oldu.

Həcmi kristallardan fərqli olaraq laylı yarımkeçirici kristallarda laylar arasında zəif molekulyar rabitənin (Van-der-Vaals rabitəsinin) mövcudluğu NTM-nın laylar arasına interkalyasiya etməsinə imkan verir. Bu səbəbdən də laylı monokristalların elektrofiziki, fotoelektrik və optik xassələrinə NTM təsir göstərməsi, onları dəyişməsi çoxsaylı strukturların və elektron cihazlarının yaranmasına səbəb olmuşdur.

Yuxarıda göstərilən faktorları $A^{III}B^V$ tip yarımkeçiricilərdən olan p-GaS kristalına da aid etmək olar. Digər kristallardan fərqli olaraq laylı kristallar güclü anizotropluğa malikdir. Ona görə də Bricmen metodu ilə yetişdirilmiş p-GaS kristalının, otaq temperaturunda, c oxu istiqamətində xüsusi müqaviməti $3 \cdot 10^7 \text{Om} \cdot \text{sm}$ olduğu halda, səth boyunca $2 \cdot 10^9 \text{Om} \cdot \text{sm}$ təşkil edir. Bu keyfiyyət kristalın fotoelektrik spektrinə də öz təsirini göstərir. Fotoelektrik xassələrini tədqiq etmək üçün, tərəfimizdən, omik kontakt qismində indiumdan istifadə olunmuş, aşqar olaraq NTM-dan Er seçilmişdir.

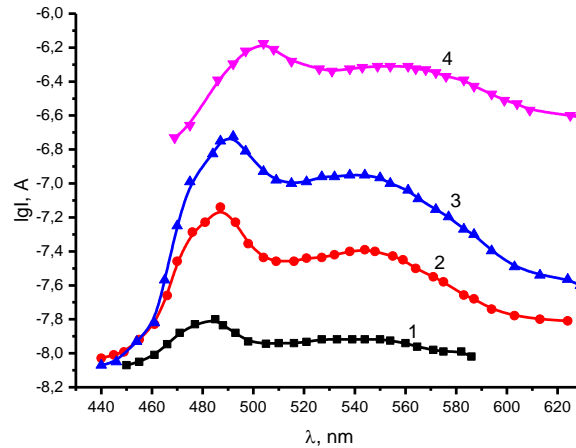
GaS və GaS:Er laylı monokristallarının fotokeçiricilik spektri 1-ci şəkildə göstərilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, fotokeçiricilik spektrinin maksimumunu fundamental udulma oblastının kənarına yaxın $h\nu = 2,45\text{ eV}$ -a təsadüf edir. Optik ölçmələrdən, otaq temperaturunda, qadağan olunmuş zonanın eni üçün alınmış qiymət $E_g = 2,4\text{ eV}$ təşkil etmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi kristalın fotonəzəslik oblastı dalğa uzunluğunun $450 \div 630\text{ nm}$ intervalını əhatə edir. Əsas maksimum $\lambda=486\text{ nm}$, əlavə maksimumlar isə $\lambda=463\text{ nm}$ və $\lambda=543\text{ nm}$ dalğa uzunluqlarında qeydə alınmışdır. Elektrodlar arasında gərginlik artdıqca fotonəzəyanın da artdığı müşühidə olunur.



Şəkil 1. Müxtəlif gərginliklərdə GaS:Er, Yb monokristalının fotokeçiricilik spektri.
1– $U=100\text{V}$; 2– $U=150\text{V}$; 3– $U=170\text{V}$; 4– $U=200\text{V}$

Digər yarımkeçirici kristallarda olduğu kimi, fotokeçiricilik spektrinə təsir edən xarici

faktorlardan biri temperaturdur. Temperaturun artması ilə fotocərəyan artsa da maksimum uzun dalğa oblastı istiqamətində sürüşür (Şəkil 2). Aparılan tədqiqatların nəticələrini təhlil etsək, deyə bilərik ki, 460 nm uyğun maksimum eksitonun fotoaktiv parçalanması ilə bağlı olduğu halda (Г.Л.Беленкий, 1977, 385). 300K temperaturunda, 503 nm uyğun maksimum çər eksitonların fotoaktiv parçalanması ilə baş verir (A.Mercier, 1973, 241; H.Serzava, 1980, 490; Б.Г.Тагиев, 1984, 29). Aşqarların faiz nisbətinin artması ilə GaS:Er kristalının ftohəssaslığı azalır.



Şəkil 2. GaS:Er monokristalının fotokeçiricilik spektri.
1 – $T=100K$; 2 – $T=200K$; 3 – $T=300K$; 4 – $330K$ ($U=150V$).

Qeyd olunan faktlar onu deməyə əsas verir ki, Er aşqarları kristalda, müəyyən temperaturda, sürətli rekombinasiya mərkəzləri yaradır. Temperaturun sonrakı artımı ilə kristal ftohəssaslığını itirir.

GaS laylı monokristalının Er ilə aşqarlanması onu deməyə əsas verir ki, bu atomlar kristalda şüalı rekombinasiya mərkəzləri yaradır ki, həmin kristallardan yaşıl və göy işıq şüalandıran optoelektron cihazlar hazırlamaq mümkündür.

Mürəkkəb elektron quruluşuna malik nadir torpaq metallarının mərkəzdaxili $f \rightarrow f$ keçidlərinin bir çox yarımkeçirici matrisalarda şüalı rekombinasiya mənbəyi olması son dövrlərdə optoelektron cihazların hazırlanmasında onlara olan marağı artırmışdır. Bir çox dünya ölkələrinin alimləri kimi Azərbaycan alimləri də bu sahədə mühüm nailiyyətlərə imza atmışlar (Г.Б.Абдуллаев, 1984, 406; В.Г.Тагиев, 1983, 13; Г.М. Нифтиев, 1983, 25; Б.Г.Тагиев, 1987, 557) Tədqiqat işlərində NTM-nin GaS, GaSe, InSe kimi laylı kristalların elektrik, fotoelektrik, optik xassələrinə təsiri öyrənilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. В.П.Мушинский, М.И.Караман. *Фотоэлектрические и люминесцентные свойства халькогенидов галлия и индия*. Кишинев, 79 с. 1975.
2. Г.Л.Беленкий, М.О.Годжаев, Э.Ю.Салаев. Письма в ЖЭТФ. 26, (5) 385 (1977).
3. A.Mercier, E.Mooser, J.P.Voitkovsky. J. Luminescence. (7) 241, (1973).
4. H.Serzava, V.Sasaki, V.Nishina. J. Phys. Soc. Jap. 48, (2) 490 (1980).
5. Б.Г.Тагиев, Г.М.Нифтиев, С.А.Абушев. Электрическая техника, серия и материалы. (2) с.29, (1984).
6. Г.Б.Абдуллаев, С.А.Абушев, Ч.М.Брискина, В.Ф.Солин, В.М.Маркушев, Г.М.Нифтиев, Б.Г.Тагиев. Квантовая электроника. (11), 406 (1984).
7. В.Г.Тагиев, Г.М.Нифтиев, С.А.Абушев. Phys. Stat. Sol. (b) 118, 13 (1983).
8. Б.Г.Тагиев, С.А.Абушев, Г.М.Нифтиев. ФТП. 18, (3) 1904 (1984).
9. Г.М.Нифтиев, Б.Г.Тагиев, С.А.Абушев. Доклады АН Азерб. ССР. 39, (2) 25 (1983).
10. Б.Г.Тагиев, В.Ф.Солин, Г.М.Нифтиев, Ч.М.Брискина, В.М.Маркушев, С.А.Абушев, Ф.Ш.Айдаев. Оптика и спектроскопия. 63, (3) 557 (1987).

AYTƏN KƏRİMOVA
aytenkerimova567@gmail.com

Təbii Ehtiyatlar İnstitutu

OĞUZ NƏCƏFLİ

sinyorsdes@gmail.com

Naxçıvan Qarnizon tam orta məktəbi

FİZİKADA CİSİMLƏRİN TEMPERATURUNUN SÜRƏTLƏ ARTMASININ HƏLLİ KİMİ: “SİLAHLARIN TEMPERATURUNUN ÖLÇÜLMƏSİ VƏ SOYUDULMASI SİSTEMİ”

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölməsi və Naxçıvan Muxtar Respublikası Təhsil Nazirliyinin birgə təşkilatçılığı ilə həyata keçirilən “Sabahın tədqiqatçıları” layihəsi üçün “Silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sistemi” layihəsini hazırladıq. Bildiyimiz kimi intensiv istifadə zamanı əksər qurğuların temperaturu sürətlə artır. Fizikada bir çox qurğularda bunun üçün həll yolu tapılsa da, silahlar, xüsusilə yüngül odlu silahlar həll yolu tapılmayanlar kateqoriyasına daxildir. Dünyada ilk dəfə olaraq silah XIV əsrdə Çində yaranmışdır. Hazırda mövcud olan silahlar soyuq və odlu silahlar olmaqla iki yerə bölünür. Hal-hazırda bütün dünyada sadəcə ağır odlu silahların soyudulmasına üstünlük verilir. Mühəribə, təlim, hərbi kəşfiyyat və digər hərbi əməliyyatlar zamanı silahların temperaturunun tez bir zamanda artması əsgər və zabitlər üçün daima problem olmuş və hələ də həllini tapmamışdır. Biz bunun həlli kimi “Silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sistemi” layihəsini hazırladıq. Bu layihəni hazırlayarkən həm fizika, həm mühəndislik, həm kodlaşdırma, həm də 3D çap bilik və bacarıqlarından istifadə olunmuşdur. Məqalədə layihənin hazırlanma prosesi haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Ölkədə elm, texnika və sənayenin inkişafı üçün müasir texnologiyalar əsasında yeni məhsul yaratmışıq. Hazırladığımız prototipin reallaşması Azərbaycanın hərbi cəhətdən rolunun dünyaya göstərilməsi baxımından vacib rol oynayacaq. Yaradılan bu yeni layihə ölkəmizin iqtisadi göstəricilərinin yüksəlməsinə, fizika elminin və texnikanın inkişafına və irəli getməsinə müsbət təsir göstərəcəyinə inanırıq.

Açar sözlər: fizika, silah, temperatur, texnologiya, arduino

Artıq bir neçə ildir ki, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölməsi və Naxçıvan Muxtar Respublikası Təhsil Nazirliyinin birgə təşkilatçılığı ilə “Sabahın tədqiqatçıları” layihəsi həyata keçirilir. Layihədə şagirdlər bir neçə sahə üzrə elmi rəhbərləri ilə birlikdə elmi-tədqiqat işləri aparır, araşdırmalar edir, əhəmiyyətli layihələr ərsəyə gətirirlər. Biz də fizika sahəsi üzrə çalışaraq, “Silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sistemi” layihəsini yaratdıq.

Silahlar insanların və ya ölkələrin başqa bir insana və ya ölkəyə qarşı istifadə etdiyi müqavimət və müdafiə sistemidir. Dünyada ilk silah XIV əsrdə Çində yaranmışdır. Tarixdə ilk silahlı hərəkət birlikləri XV yüzillikdə Osmanlı imperiyası tərəfindən qurulmuşdur. Hazırda mövcud olan silahlar soyuq və odlu silahlar olaraq iki yerə ayrılır. Hərbi sahədə ən çox istifadə edilən silah növü odlu silahlardır. Mərmisi barıtın yanması ilə meydana gələn təzyiqli nəticəsində istiqamətlənmiş hərəkət edən və hədəfi məhv etmək qabiliyyətinə malik olan silaha odlu silah deyilir.

Ordumuzun Şanlı Tarix yazdığı 44 Günlük Vətən müharibəsi bizə müasir texnologiyanın, yeni nəsillərin bu dövrdə gedən döyüşlərdə çox vacib olduğunu sübut etdi. Müasir texnologiyaların tətbiqi ilə döyüşlər zamanı ordumuz daha az itki verdi. Hətta Qarabağın döyünən ürəyi Şuşa şəhərinin işğaldan azad olunması əməliyyatında yüngül odlu silahlardan istifadə olunması buna bir nümunədir. Bu zaman əsgər və zabitlərimiz alternativ variant olaraq əlbəyaxa döyüş taktikasını seçdilər. Onlar yüngül silahlarla meşələrdən, dərələrdən, qayalardan, dağlardan keçərək düşməni üzbəüz döyüşdə məğlub etdilər. Təkcə bu əməliyyata nəzər salsaq, yüngül texnikanın nə qədər əhəmiyyətli olduğunu görə bilərik.

Mühəribə və hər hansı bir kəşfiyyat əməliyyatı zamanı silahların tez bir müddətdə isinməsi əsgər və zabitlər üçün daima problem olmuşdur. Silahlar uzun müddət istifadəsi silindrdə istilik ötürülməsinin aşınması və eroziya sürəti artır. Bu zaman silahın lülə, lülə qutusu, nişangah

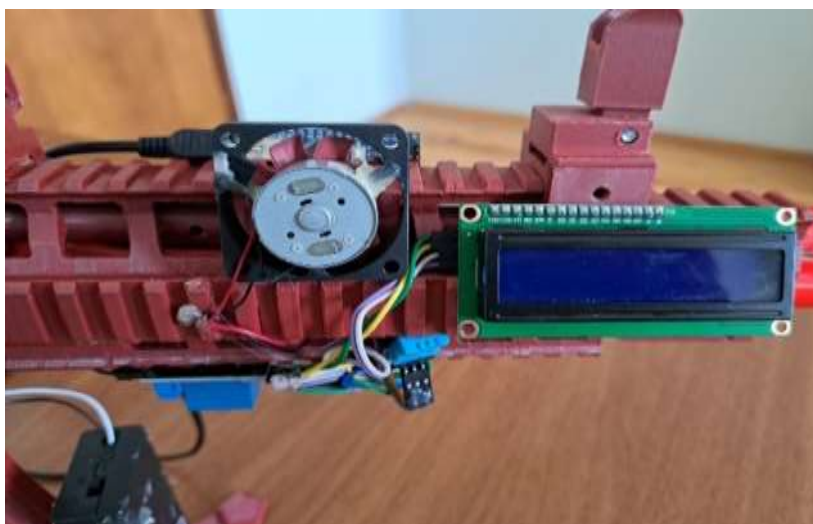
mexanizmi, qundaq və lülə yatağının isinməsi döyüş şəraitində həm zabit, həm də silah üçün çətinlik yaradır (Слинкин. 2019, s.8-16).

Hal-hazırda bütün dünyada olduğu kimi ölkəmizdə də sadəcə ağır odlu silahların soyudulmasına üstünlük verilir. Bu da avtomat tipli silahların soyudulması problemini ortaya çıxarır. Bu problemin həllinin tapılması üçün silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sisteminin yaradılması vacib tələblərdəndir.

Həmçinin, çağdaş dövrdə ölkələrin iqtisadiyyatının inkişafının əsas bazasını yeni texnologiyalar təşkil edir. Hazırda texnologiyaların istifadəsinin ən yüksək səviyyədə olduğu sahələrdən biri hərbi sənayedir. Müharibə, təlim, hərbi kəşfiyyat və digər hərbi əməliyyatlar zamanı silahların tez bir müddət ərzində isinməsi əsgər və zabitlər üçün daima problem olmuş və hələ də həlli tapılmamışdır. Nəzərə alsaq ki, atış zamanı silahın lülə, lülə qutusu, nişangah mexanizmi, qundaq və lülə yatağı isinir, bu silahın vacib bir qismini təşkil edir. Bu da döyüş şəraitində həm hərbi üçün, həm də silahın mexanizminin qorunması üçün çətinlik yaradır. Bu problemin həllinin tapılması üçün silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sisteminin yaradılması əsas tələblərdəndir.

Hazırladığımız “Silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sistemi” layihəsi bu çətinliyi aradan qaldırmağa imkan yaradır. Bu baxımdan layihə çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Çünki silahların isinməsi döyüş şəraitində həm hərbiyə fiziki olaraq zərər görməsinə, həm də silahın mexanizminin xəsarət almasına səbəb olur. Düşünürəm ki, hazırladığımız bu prototip ucuz başa gəlməklə, eyni zamanda çox faydalı imkanlar vəd edir (Шутикова. 2017, s.31-34).

Layihəni hazırlayarkən həm fizika, həm mühəndislik, həm kodlaşdırma, həm də 3D çap bilik və bacarıqlarından istifadə olunur. Layihədə istilik sensoruna gələn məlumat ona birləşdirilən arduino nanoya, yəni sistemə daxil olur. Temperatur verilən limiti keçərsə, yerləşdirilmiş ekranda həmin temperatur əks olunur və bu zaman yaradılan sistem vasitəsilə signal ötürülür. Sonda isə fan işə düşür və bunun sayəsində silahın mexanizmi soyuyur (İlyasov. 2016, s.240)



Şəkil 1.

Layihənin hazırlanması üçün KY 028 istilik sensorundan, arduino nanodan, pərlərdən, RF300 motorundan, LCD ekranlardan, prototipin çap edilməsi üçün filamentdən, 3D printerdən, silahın boyanması üçün müxtəlif rəngli boyalardan, buzzerdən, dövrələrin birləşdirilməsi jumper naqillərdən, enerji mənbəyi kimi lipo batareyalardan və batareya qutusundan istifadə olunmuşdur (şəkil 1).

Layihənin həyata keçirilməsi zamanı arduino nanoya KY 028 istilik sensoru birləşdirilir, temperatur təyin edildikdən sonra məlumat sistemə daxil olur. Əgər temperatur qoyulan limitdən çox olarsa, yerləşdirilən LCD ekranda bu haqda məlumat əks olunur. Bu prosesdən sonra buzzer vasitəsilə səs siqnalları ötürülür, motor və pərlərdən hazırlanmış fan işə düşür və son olaraq mexanizm soyumağa başlayır. Əlavə olaraq layihənin prototip versiyasında hissələrin hər biri Sharp 3D

proqramında dizayn edildi, Ultimaker Cura 3D printerində çapa hazır vəziyyətə gətirildi. Sonda hissələrin hər biri 3D printerdə çap olundu və birləşdirildi (<https://www.arduino.cc/>).



Şəkil 2.

Silahın isinməsi zamanı iç mexanizm az da olsa zərər görür. Bunun birinci səbəbi silahın həddindən artıq isinməsi zamanı silahın aşınmasıdır. Bunun qarşısının alınması üçün silah soyulmalıdır. Silahın soyudulması isə döyüş şəraitində olduqca çətindir. Biz isə silahın həm döyüş şəraitində, həm də hərbi təlim zamanı soyumasını təmin edən sistem hazırlamışıq (şəkil 2).

Hərbi sənayenin inkişafı üçün müasir texnologiyalar əsasında yeni məhsul yaratmışıq. Düşünürük ki, bu layihə hərbi təlimlər və kəşfiyyat əməliyyatları zamanı əsgər və zabitlərin işinə çox böyük kömək göstərəcək və silahların uzun ömürlülüyünü təmin edəcəkdir. Hazırladığımız prototipin reallaşması Azərbaycanın hərbi cəhətdən rolunun dünyaya göstərilməsi baxımından vacib rol oynayacaq. Yaradılan bu yeni layihə ölkəmizin iqtisadi göstəricilərinin yüksəlməsinə müsbət təsir göstərəcək.

ƏDƏBİYYAT

1. Слинкин Д.А. Образовательная робототехника: основы взаимодействия между наставником и командой / Д.А.Слинкин., В.Слинкина // Информатика в школе. 2019. № 4. с.8-16
2. Шутикова М.И. Использование робототехнического оборудования на платформе Arduino при организации проектной деятельности обучающихся / М.И. Шутикова., В.И. Филиппов // Информатика и образование. ИНФО. 2017. № 6. с.31-34
3. Ильясов Д.Ф. Образовательный технопарк: новые возможности повышения качества образования / Д.Ф.Ильясов, В.Н.Кеспиков, М.И.Солодкова, Е.А.Коузова. Пенза: Издательский Дом “Академия Естествознания”, 2016. с.240
4. <https://www.arduino.cc/>

SUMMARY

Ayten Karimova

TEMPERATURE OF BODIES IN PHYSICS AS A SOLUTION FOR RAPID INCREASE: “GUN TEMPERATURE MEASUREMENT AND COOLING SYSTEM”

We prepared the “Weapon temperature measurement and cooling system” project for the “Researchers of Tomorrow” project, jointly organized by the Nakhchivan Branch of the Azerbaijan National Academy of Sciences and the Ministry of Education of the Nakhchivan Autonomous Republic. As we know, the temperature of most devices increases rapidly during intensive use. While many devices in physics have solutions for this, weapons, especially light firearms, fall into the category of non-solutions. For the first time in the world, the weapon appeared in China in the 14th century. Currently available weapons are divided into two parts, cold weapons and firearms. Currently, cooling of heavy firearms is preferred all over the world. During war, training, military reconnaissance and other military operations, the rapid increase in temperature of weapons has always been a problem for soldiers and officers and has not yet been solved. As a solution to this, we developed the “Weapons temperature measurement and cooling system” project. Physics, engineering, coding, and 3D printing knowledge and skills were used while preparing this project. The article provides detailed information about the project development process. We have created a new product based on modern technologies for the development of science, technology and industry in the country. The realization of the prototype we prepared will play an important role in showing the military role of Azerbaijan to the world. We believe that this newly created project will have a positive effect on the rise of the economic indicators of our country, the development and advancement of physical science and technology.

Key words: *physics, weapon, temperature, technology, arduino*

II BÖLMƏ

ABDULLA HƏSƏNOV
hesen.1955@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti

HƏRƏKƏTLİ CİSİMLƏRİN DİNAMİK YÜKLƏNMƏSİNDƏ ƏTALƏT QÜVVƏLƏRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASI

Giriş

Texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiq edilən konstruksiyalar - tikinti, bina, körpü, maşın hissələri və s. işləmə şəraitindən asılı olaraq, xarici qüvvələrin təsirinə - statik və dinamik yüklənməyə məruz qalırlar.

Statik yüklənməyə məruz qalan konstruksiyanın hesablanması yük məlum hesab edilir və onun ədədi qiyməti yerdəyişmədən asılı olmur. Statik yüklənmədə qüvvə son qiymətini çox yavaş sürətlə alır və onun son qiyməti uzun müddət dəyişməz olaraq qalır. Bu zaman konstruksiyanın elementlərində deformasiyanın artma sürəti çox kiçik olduğundan yaranan ətalət qüvvəsini nəzərə almamaq olar.

İstismar prosesində konstruksiyalar, o cümlədən, tikililər, maşın hissələri müxtəlif növ dinamik təsirlərə məruz qalırlar. Belə dinamik təsirlərə külək və hərəkətli yüklənmələri; sənaye binalarının aparıcı konstruksiyalarına işləyən maşınlardan və avadanlıqlardan dövrü vibrasiyalı (titrəyişli) və ya zərbə təsirləri; bünövrənin məcburi hərəkətlərinə səbəb olan binalara və tikililərə seysmik təsirli yüklənmələr və s. aiddir. Dinamik yüklənmə prosesində yükün qiyməti çox kiçik zaman fasiləsində artır, konstruksiyanın elementlərində və ya onunla təmasda olan hissələrdə təcillə müşayiət olunur. Ona görə də, dinamik yüklənmə konstruksiyaların elementlərində əhəmiyyətli dərəcədə ətalət qüvvələrinin yaranmasına səbəb olur ki, hesablamalarda da bunu nəzərə almaq zəruridir. Əks halda konstruksiyaların etibarlı işləməsi təmin edilməz. Bundan başqa, dinamik yüklənmə zamanı, xüsusilə də dəfələrlə təkrarlanan, dəyişən yükün təsiri altında işləyən konstruksiyanın materialının möhkəmliyi kəskin şəkildə azalır, deformasiya prosesi və mexaniki xassələri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Belə ki, statik yüklənmə zamanı plastiklik xassəsi göstərən çox material, dinamik yüklənmə zamanı (zərbə zamanı) kövrəklik xassəsi göstərir.

Dinamik yüklənməyə məruz qalan konstruksiyaların etibarlı işləməsinin təmin edilməsi üçün onların hesablanmasında ətalət qüvvələrinin, gərginlik və deformasiyanın təyin edilməsi metodları ilə yanaşı, konstruksiya materialının xassələrinin də təyin edilməsi metodlarından istifadə olunmalıdır. Bu səbəblərdən də konstruksiyaların dinamik yüklənməyə hesablanması daha mürəkkəbdir. Ona görə də dinamik yüklərin təsiri altında işləyən konstruksiyaların hesablanması aşağıdakı istiqamətlərdə aparılmalıdır:

- a) yarana biləcək ətalət qüvvələrinin maksimal qiymətinin təyin edilməsi;
- b) yarana biləcək dinamik deformasiyaların və gərginliklərin maksimal qiymətinin tapılması;
- c) yaranan gərginliklərdə materialların mexaniki xassələrinə təsirinin öyrənilməsi.

Hərəkətli konstruksiyalarda dinamik yüklənmənin təsirlərindən yaranan ətalət qüvvələrinin təyin edilməsinin ümumi metodu Dalamber prinsipinə əsaslanır: hərəkət edən hər hansı bir cismə ona təsir edən xarici qüvvələrlə yanaşı, ətalət qüvvələrini əlavə etməklə cismə ani tarazlıq vəziyyətində olan cisim kimi baxılır.

Ətalət qüvvələri məlum olduqdan sonra, kəsmə üsulunu tətbiq etməklə daxili qüvvələri təyin etmək üçün tarazlıq tənliklərindən istifadə edilə bilər. Ətalət qüvvələrini müəyyən etmək çətin olduğu hallarda (məsələn, zərbə zamanı) dinamik gərginlikləri və deformasiyaları tapmaq üçün enerjinin saxlanması qanunundan istifadə olunur.

Təcilin dəyişmə qanunundan asılı olaraq cismin deformasiya və dağılma xarakteri də dəyişir. Təcil işarəsini dəyişmərsə və müəyyən bir qiymətə malikdirsə, əlavə gərginlikləri hesablayarkən ətalət qüvvələri hesablamaya daxil edilir. Əgər təcil dövrü olaraq işarəsini dəyişdirsə, onda bu zaman

deformasiyaların və təcilin kəskin artması ilə əlaqəli rezonans hadisəsi yarana bilər. Təcil kiçik zaman fasiləsində çox böyük qiymət alarsa, bu zaman cismin sürəti kəskin dəyişir və zərbə baş verir.

Dinamik yüklənmə problemlərinin araşdırılmasına aşağıdakılar daxildir:

1. Ətalət qüvvələrini nəzərə alaraq konstruksiya elementlərinin hesablanması;
2. Zərbə yüklərinin təsirinin hesablanması;
3. Rəqslər zamanı hesablamalar.

Bu məqalədə hərəkətli konstruksiyalarda və onların elementlərində yarana biləcək ətalət qüvvələrinin və gərginliklərin tapılması üsulları tədqiq edilmişdir.

Ətalət qüvvələri nəzərə alınmaqla hərəkət edən cisimlərin möhkəmliyə hesablanması

Bir çox hallarda maşın hissələrinin hərəkətində təcil məlum olur. Əgər dinamik yükləmə prosesində təcil qiymət və istiqamətcə dəyişirsə, onda cismin materialının xassələrində heç bir fərqli xüsusiyyət müşahidə olunmur. Təcilin mövcudluğu onun istiqamətinin əksinə yönəldilmiş ətalət qüvvələrinin meydana gəlməsinə səbəb olur. Dinamik yüklənmə zamanı konstruksiyada yaranan gərginliklər və deformasiyalar xarici qüvvələr və ətalət qüvvələri ilə müəyyən edilə bilər.

Cismə təsir edən ətalət qüvvəsi ümumi halda həcm qüvvələridir və təcillə hərəkət edən cismin hər bir hissəciyinə təsir edir. Cismin elementar hissəciyinin həcmi dV ilə, kütləsini dm ilə, çəkisini dP ilə, ona təsir edən ətalət qüvvəsini dF ilə işarə edək. Təcil bütün nöqtələrdə sabit olduğundan,

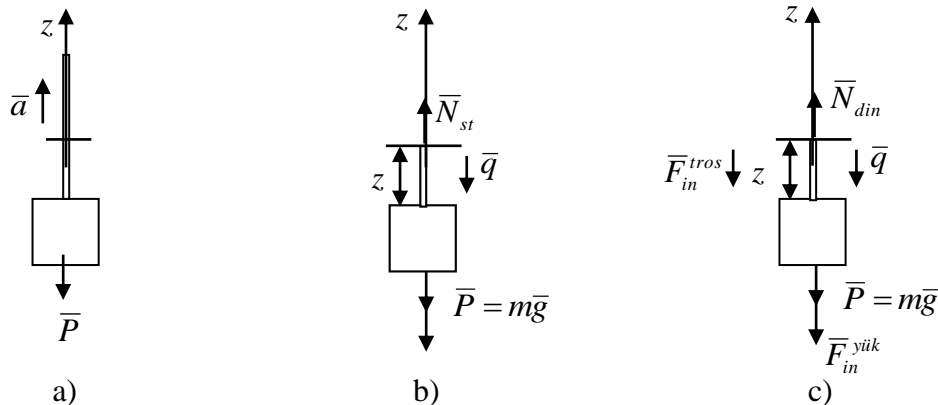
$$dF = dm \cdot a.$$

$$dm = \frac{dP}{g} = \frac{\gamma \cdot dV}{g}, \quad dF = \frac{dP}{g} \cdot a = \frac{\gamma \cdot dV}{g} \cdot a.$$

Burada, a – təcil, γ – materialın xüsusi çəkisi ($[\gamma] = kN/m^3$), g – sərbəst düşmə təcilidir.

Ətalət qüvvələrinin konstruksiyanın möhkəmliyinə necə təsir etdiyini sadə tipik bir nümunə ilə izah edək. Tutaq ki, çəkisi P olan cisim tros vasitəsi ilə qaldırılır (şəkil 1a). Trosun vahid uzunluğuna düşən xüsusi çəkisini də nəzərə almaqla onda yaranan gərginliyi təyin edək.

Trosun vahid uzunluğuna düşən çəkisini (uzunluğa görə xüsusi çəki) q ilə işarə edirik.



Şəkil 1.

Əvvəlcə, statik yüklənmə halına baxaq. Yəni, yük bərabərsürətli qaldırılır (şəkil 1b). Təcil $a=0$ olduğundan ətalət qüvvələri sıfıra bərabər olur. Trosun en kəsiyində yaranan normal qüvvəni (N_{st}) tapaq. Bunun üçün kəsmə üsulundan istifadə edirik. Trosun fikrən kəsilmiş kəsiyində yaranan normal qüvvə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$N_{st} - P - qz = 0 \Rightarrow N_{st} = P + qz. \quad (1)$$

Kəsikdə yaranan statik gərginliyi

$$\sigma_{st} = \frac{N_{st}}{S} = \frac{P + qz}{S}$$

kimi tapırıq.

Burada, S trosun en kəsiyinin sahəsidir.

İndi isə tutaq ki, yük sabit təcillə qaldırılır: $a = const$. Bu halda trosun en kəsiyində yaranan gərginliklərin hesablanmasında ətalət qüvvələrini də nəzərə almaq lazımdır (şəkil 1c).

Çubuq sistemlərini hesablayarkən, həcm ətalət qüvvələri hər çubuğun oxunun uzunluğu boyunca paylanmış ətalət qüvvələri ilə əvəz olunur. Bu halda ətalət qüvvələrinin intensivliyi çubuğun uzunluğundan asılı olaraq dəyişir.

1. Yüke təsir edən ətalət qüvvəsi

$$F_{in}^{yük} = ma = \frac{P}{g} \cdot a.$$

2. Trosun aşağı ucundan z məsafədə olan hissəsindəki ətalət qüvvəsi

$$F_{in}^{tros} = \frac{qz}{g} \cdot a.$$

Trosa təsir edən qüvvələrə ətalət qüvvələrini də əlavə etsək, tarazlıq tənliyi aşağıdakı kimi olur:

$$N_{din} - P - qz - F_{in}^{yük} - F_{in}^{tros} = 0,$$

$$N_{din} = P + qz + \frac{P}{g} \cdot a + \frac{qz}{g} \cdot a = (P + qz) \left(1 + \frac{a}{g} \right).$$

Kəsikdə yaranan dinamik gərginlik

$$\sigma_{din} = \frac{N_{din}}{S} = \frac{P + qz}{S} \cdot \left(1 + \frac{a}{g} \right). \quad (2)$$

(1)-i (2)-də nəzərə alsaq,

$$\sigma_{din} = \frac{N_{din}}{S} = \sigma_{st} \cdot \left(1 + \frac{a}{g} \right). \quad (3)$$

(3) bərabərliyində $\left(1 + \frac{a}{g} \right)$ ifadəsini k_d ilə işarə edək. $k_d = 1 + \frac{a}{g}$ dinamik əmsal adlandırılır.

(3)-dən mühəndislik təcrübəsində geniş istifadə olunur. Bu halda, dinamik gərginlikləri təyin edərkən, müvafiq statik məsələni həll etmək kifayətdir və sonra nəticədə həlli dinamik əmsala vurmaq lazımdır. Bu zaman k_d -nin (dinamik əmsalın qiymətini) ya nəzəri (nümunədə olduğu kimi), ya da eksperimental yolla tapmaq olar. Qeyd edək ki, bu qayda ilə tapılan dinamik əmsal cismin a təcili ilə şaquli istiqamətdə hərəkət etdiyi dinamika məsələlərinin bütün sinfini həll etmək üçün tətbiq oluna bilər.

Trosdakı gərginliyin ədədi qiymətini tapmaq üçün a təcilini tapmaq lazımdır. t zaman fasiləsində gedilən yolu L ilə işarə etsək,

$$a = \frac{2L}{t^2}.$$

Konstruksiyanın işləmə şəraitinə uyğun olaraq çubuğun en kəsiyində yaranan gərginlik müəyyən edildikdən sonra həmin gərginliyə dözə biləcək material seçilməlidir. Materialların müqavimətindən məlumdur ki, materialın möhkəmlik şərti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\sigma_{din}^{max} = \sigma_{stat}^{max} \cdot k_d \leq [\sigma],$$

Burada, $[\sigma]$ - yol verilən ən böyük gərginlikdir.

Fırlanan halqanın en kəsiyində gərginliyin hesablanması

Sürətlə fırlanan halqada (təkərlərdə, nazimçarxın çənbərində) gərginliklərin müəyyənləşdirilməsi problemini nəzərdən keçirək (şəkil 2). Halqa sabit ω bucaq sürəti ilə fırlanır. Bu zaman, bucaq təcili $\varepsilon = 0$ olduğundan tangensial təcil $a_t = 0$ olur. Mərkəzəqaçma (radial) təcili isə

$$a_n = \omega^2 r = \frac{v^2}{r},$$

Burada, v -çənbərin nöqtələrinin sürəti, r -çənbərin baxılan nöqtəsinin cızdığı çevrənin radiusudur.

Halqa sabit bucaq sürəti ilə fırlandığına görə onun hər bir elementar hissəciyinə mərkəzəqaçma təcilinin əksinə yönələn

$$dF = a_n \cdot dm = \omega^2 r \cdot dm \text{ və ya } dF = a_n \cdot dm = \frac{v^2 \cdot dm}{r}$$

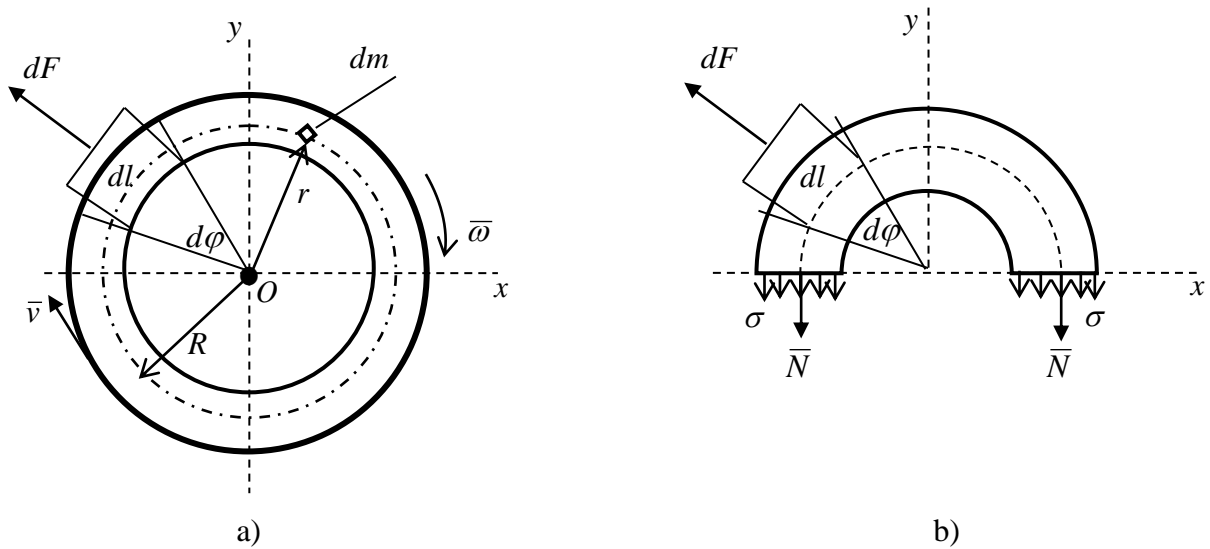
ətalət qüvvəsi təsir edəcək. Burada, dm baxılan elementar hissəciyin kütləsidir.

Halqanın en kəsiyinin sahəsini S ilə, elementar hissəciyin uzunluğunu (qövsün uzunluğunu) dl ilə işarə edək (şəkil 2a). Onda elementar hissəciyin kütləsi

$$dm = S \cdot \rho \cdot dl = \frac{S \cdot \gamma \cdot dl}{g}, \quad dl = r \cdot d\varphi$$

$$dF = a_n \cdot \frac{S \cdot dl \cdot \gamma}{g} = \frac{v^2}{r} \cdot \frac{S \cdot dl \cdot \gamma}{g} = S \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 r \cdot dl = S \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \omega^2 r^2 \cdot d\varphi.$$

Burada, $d\varphi$ uyğun dl qövsünün radianla ölçüsü, ρ halqanın hazırlandığı materialın sıxlığı, γ halqanın hazırlandığı materialın xüsusi çəkisi, g sərbəstdüşmə təcildir.



Şəkil 2.

Halqanı diametri boyunca kəsək. Kəsilən hissənin təsirini N dartıcı qüvvələri ilə əvəz edək (şəkil 2b). Yarımhalqanın müvazinət tənliklərini y oxu üzərinə proyeksiyalarda yazaq:

$$-N - N + \frac{S\gamma}{g} \cdot \omega^2 r^2 \int_0^\pi \sin \varphi d\varphi = 0,$$

$$2N - \frac{S\gamma}{g} \cdot \omega^2 r^2 \cdot (-\cos \varphi) \Big|_0^\pi = 0,$$

$$2N + \frac{2S\gamma}{g} \cdot \omega^2 r^2 = 0 \Rightarrow N = \frac{S\gamma\omega^2 r^2}{g}.$$

Kəsik boyunca gərginliyin müntəzəm paylandığını fərz etsək,

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{\gamma \omega^2 r^2}{g} = \frac{\mathcal{W}^2}{g}. \quad (4)$$

(4) bərabərliyindən fırlanan halqanın möhkəmlik şərti aşağıdakı kimi tapılır:

$$\sigma_{din}^{max} = \frac{\mathcal{W}_{max}^2}{g} \leq [\sigma].$$

Buradan da fırlanan halqa üçün maksimal sürət həddi tapılır:

$$v_{max} \leq \sqrt{\frac{g \cdot [\sigma]}{\gamma}}.$$

Beləliklə, fırlanan halqada yaranan gərginlik onun materialının həcm çəkisindən və fırlanma sürətindən asılıdır. Birinci yaxınlaşma kimi alınan bu təqribi həll nazimçarxın hesablanmasında və bu kimi digər analogi məsələlərin həllində istifadə edilə bilər.

Əgər, halqa dəqiqədə n dövr edərsə, onda

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}.$$
$$\sigma = \frac{\gamma \omega^2 r^2}{g} = \frac{\gamma \cdot \pi^2 n^2 \cdot r^2}{g \cdot 30^2} = 0,0011 \gamma n^2 r^2.$$

ƏDƏBİYYAT

1. Həsənov A.İ. Nəzəri mexanika. Dərslik. Bakı: 2022. s.313
2. Həsənov A.İ. Mühəndis məsələlərinin həllində dalamber prinsipindən istifadə. “From January the 20th to Karabakh Victory” adlı XXXIV Beynəlxalq elmi konfrans. The 28th of January 2023. Kars / Türkiyə.
3. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Учебник. Минск: 2007. с.797

SAHİB ƏLİYEV
sahib1960elm@gmail.com
ELŞAD AĞAYEV
elsad.agayev.56@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti
AYGÜN MƏMMƏDOVA
aygunefendiyeval1961@gmail.com
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu

ÇEBİŞEV – LAQER ÇOXHƏDLİLƏRİ VƏ TƏTBİQLƏRİ

Biz klassik ortoqonal çoxhədlilərindən olan Çebişev, Lejandr çoxhədlilərinə və onların tətbiqlərinə baxılmışdır [1].

Bu çoxhədlilərdən biri olan Çebişev–Laqer çoxhədlilərini araşdıracağıq. Tutaq ki, həqiqi oxun müsbət hissəsində aşağıdakı çəki funksiyası verilmişdir.

$$h(x) = x^\alpha e^{-x}, \quad x \in (0, \infty), \quad \alpha > -1$$

İki funksiya hasilinin diferensiallanması haqda Leybnis düsturuna görə,

$$(x^{\alpha+n} e^{-x})^{(n)} = \sum_{k=0}^n C_n^k (x^{\alpha+n})^{(n-k)} (e^{-x})^{(k)}$$

Sonuncu bərabərliyin sağ tərəfindəki k hədd $h(x) = x^\alpha e^{-x}, \quad x \in (0, \infty), \quad \alpha > -1$ funksiyası ilə k dərəcəli çoxhədlinin hasilidir. Aşkardır ki,

$$L_n(x; \alpha) = \frac{1}{n!} x^{-\alpha} e^x (x^{\alpha+n} e^{-x})^{(n)}$$

n dərəcəli çoxhədlidir. Bu çoxhədlini aşkar şəkildə yazmaq.

1. $n = 0, L_0(x, \alpha) = x^{-\alpha} e^x \cdot x^\alpha e^{-x} = 1$
2. $n = 1, L_1(x, \alpha) = x^{-\alpha} e^x \cdot (x^{\alpha+1} e^{-x})' = x^{-\alpha} e^x [(\alpha + 1)x^{-\alpha} e^{-x} - x^{\alpha+1} e^{-x}] = \alpha + 1 - x$
3. $n = 2, L_2(x, \alpha) = \frac{1}{2} x^{-\alpha} e^x [x^{\alpha+2} e^{-x}]'' = \frac{1}{2} x^{-\alpha} e^x [(x^{\alpha+2} e^{-x})']' = \frac{1}{2} x^{-\alpha} e^x [(\alpha + 2)x^{\alpha+1} e^{-x} - x^{\alpha+2} e^{-x}]' = \frac{1}{2} x^{-\alpha} e^x \cdot [(\alpha + 2)(\alpha + 1)x^\alpha e^{-x} - (\alpha + 2)x^{\alpha+1} e^{-x} - (\alpha + 2)x^{\alpha+1} e^{-x} + x^{\alpha+2} e^{-x}] = \frac{1}{2}(\alpha + 1)(\alpha + 2) - \frac{1}{2}(\alpha + 2)x - \frac{1}{2}(\alpha + 2)x + \frac{1}{2}x^2$

Biz hələlik Çebişev-Laqer çoxhədlisini 3 həddinə baxacağıq. Yəni, $L_0(x, \alpha), L_1(x, \alpha), L_2(x, \alpha)$. Göstərək ki, bu çoxhədlilər $h(x)$ çəki funksiyasına nəzərən ortoqonaldır.

$$1. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_0(x, \alpha) L_1(x, \alpha) dx = 0$$

Doğrudan da

$$\int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} (\alpha + 1 - x) dx = (\alpha + 1) \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} dx - \int_0^{+\infty} x^{\alpha+1} e^{-x} dx = (\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 1) - \Gamma(\alpha + 2) = (\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 1) - (\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 1) = 0$$

$$2. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_0(x, \alpha) L_2(x, \alpha) dx = \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} \left[\frac{1}{2}(\alpha + 1)(\alpha + 2) - (\alpha + 2)x + \frac{1}{2}x^2 \right] dx = \frac{1}{2}(\alpha + 1)(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 1) - (\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) + \frac{1}{2}\Gamma(\alpha + 3) = \frac{1}{2}(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) - (\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) + \frac{1}{2}\Gamma(\alpha + 3) = \frac{1}{2}\Gamma(\alpha + 3) + \frac{1}{2}\Gamma(\alpha + 3) - \Gamma(\alpha + 3) = 0$$

$$3. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_1(x, \alpha) L_2(x, \alpha) dx = \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} \left[\frac{1}{2}(\alpha + 1)^2(\alpha + 2) - (\alpha + 1)(\alpha + 2)x + \frac{1}{2}(\alpha + 1)x^2 - \frac{1}{2}(\alpha + 1)(\alpha + 2)x + (\alpha + 2)x^2 - \frac{1}{2}x^3 \right] dx = \frac{1}{2}(\alpha + 1)^2(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 1) -$$

$$\begin{aligned}
 &(\alpha + 1)(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) + \frac{1}{2}(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) - \frac{1}{2}(\alpha + 1)(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) + \\
 &(\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 3) - -\frac{1}{2}\Gamma(\alpha + 4) = \frac{1}{2}(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) - (\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) + \\
 &\frac{1}{2}(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) - \frac{1}{2}(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) - \frac{1}{2}(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 3) + (\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 3) - \\
 &\frac{1}{2}(\alpha + 3)\Gamma(\alpha + 3) = 0
 \end{aligned}$$

Əgər, hər bir normanı müəyyənləşdirsək, onda

$$1. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_0(x, \alpha) dx = \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} dx = \Gamma(\alpha + 1)$$

Onda,

$$\bar{L}_0(x, \alpha) = \frac{1}{\sqrt{\Gamma(\alpha + 1)}} \cdot L_0(x, \alpha)$$

$$2. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_1^2(x, \alpha) dx = \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} (\alpha + 1 - x)^2 dx = \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} [(\alpha + 1)^2 - 2x(\alpha + 1) + x^2] dx = (\alpha + 1)^2 \Gamma(\alpha + 1) - 2(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 2) + \Gamma(\alpha + 3) - -(\alpha + 1)\Gamma(\alpha + 2) + (\alpha + 2)\Gamma(\alpha + 2) = -\Gamma(\alpha + 2)$$

$$\bar{L}_1(x, \alpha) = -\frac{1}{\sqrt{\Gamma(\alpha + 2)}} L_1(x, \alpha)$$

$$3. \int_0^{+\infty} x^\alpha e^{-x} L_2(x, \alpha) dx = 2\Gamma(\alpha + 3)$$

$$L_2(x, \alpha) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\Gamma(\alpha + 3)}} L_2(x, \alpha)$$

Xüsusi halda $\alpha = 1$ olduğunu araşdıraq. Onda,

$$\bar{L}_0(x, 1) = \frac{1}{\sqrt{\Gamma(2)}} = 1.$$

Qeyd edək ki, $\alpha = 1$ olduqda $\bar{L}_1(x, 1)$ tapmaq nisbətən çətinləşir. Lakin $\bar{L}_1(x, 1)$ üçün daha sadə formaya gətirmək olur. Yəni,

$$\begin{cases} C_{01}\Gamma(2) \cdot \frac{1}{\Gamma(2)} + C_{11}\Gamma(3) \frac{1}{\Gamma(2)} = 0 \\ C_{01}^2\Gamma(2) + 2C_{01}C_{11}\Gamma(3) + C_{11}^2\Gamma(4) = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{01} + 2C_{11} = 0 \\ C_{01}^2 + 4C_{01}C_{11} + 6C_{11}^2 = 1 \end{cases}$$

Onda həll yenə

$$C_{01} = -\sqrt{2} C_{11} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Nəticədə,

$$\bar{L}_1(x, 1) = -\sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}x \cdot \bar{L}_2(x, 1) \text{ -i müəyyənləşdirsək onda, } \alpha = 1 \text{ olduğu üçün } h(x) = xe^{-x}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_0^{\infty} x e^{-x} \left(C_{02} + C_{12} \frac{x-2}{\sqrt{2} \sqrt{\Gamma(2)}} + C_{22} x^2 \right) dx = 0 \\ \int_0^{\infty} x e^{-x} \left(C_{02} \frac{1}{\sqrt{2}} + C_{12} \frac{x-2}{\sqrt{2} \sqrt{\Gamma(2)}} + C_{22} x^2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right) dx = 0 \\ \int_0^{\infty} x e^{-x} \left(C_{02} + C_{12} \frac{x-2}{\sqrt{2} \sqrt{\Gamma(2)}} + C_{22} x^2 \right)^2 dx = 1 \end{array} \right.$$

Onda, həll aşağıdakı kimi olur:

$$C_{02} = \frac{3}{\sqrt{\Gamma(2)}} = 3.$$

$$C_{22} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Gamma(2)}} = \frac{1}{4\sqrt{3}}.$$

Onda,

$$\bar{L}_2(x, 1) = C_{02} \bar{L}_0(x, 1) + C_{12} \bar{L}_1(x, 1) + C_{22} x^2$$

$$\bar{L}_2(x, 1) = 3 - \frac{3}{\sqrt{2}} x + \frac{1}{4\sqrt{3}} x^2.$$

ƏDƏBİYYAT

1. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены, Изд.2-е. Главная редакция физико-математической литературы издательства “Наука”, М., 1979, 416 стр.
2. S.Əliyev, E.Ağayev, S.Əliyev “I növ Çebişev çoxhədlilər sisteminin qurulması”. Elmi əsərlər. Naxçıvan. NDU. 2019. № 4, (101)
3. S.Əliyev, E.Ağayev. “Çəki funksiyasına nəzərən ortonormal çoxhədlilər sisteminin mövcudluq və yeganəlik şərti”. Elmi əsərlər, Naxçıvan, NDU-2017 №4

RÖVŞƏN HƏSƏNOV
h.rovsen.2020@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

RİYAZİYYAT TƏLİMİNDƏ BƏZİ CƏBRİ ANLAYIŞLARIN DAXİL EDİLMƏSİNİN METODİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Riyaziyyat təlimində fəndaxili əlaqələrin yaradılmasının öyrənilən nəzəriyyənin mənimsənilməsində böyük rolu vardır. Təqdim olunan işdə cəbri anlayışların daxil edilməsinin bəzi metodiki xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Təbiidir ki, yeni anlayış daxil edilərkən, bundan öncə verilmiş anlayış və təkliflərdən istifadə edilməsi fəndaxili əlaqələrin müəyyənləşdirilməsinə ciddi təkan verir. Lakin bir sıra hallarda verilən anlayışla, istinad edilən anlayış səhvən eyniləşdirilir.

Cəbr kursunun fundamental anlayışı – matris anlayışına nəzər yetirək [1].

“Elementləri P meydanından olan düzbucaqlı şəklindəki

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

cədvələ $m \times n$ ölçülü (tərtibli) matris deyilir”. Burada P ya R və ya C meydanıdır; m sətirlərin, n isə sütunların sayıdır.

Bu tərifdən belə çıxır ki, matris cədvəldir. Əslində isə matris cədvəl şəklində təsvir olunur, özü isə müəyyən bir inikasdır [2].

Tutaq ki, $N_m = \{1, 2, \dots, m\}$ və $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ çoxluqları verilmişdir. $N_m \times N_n$ çoxluğunun S çoxluğuna hər bir

$$\alpha: N_m \times N_n \rightarrow S$$

inikasına S çoxluğunda $m \times n$ ölçülü matris deyilir. α inikasının (i, j) cütündəki qiyməti α_{ij} kimi işarə edilir. Bu matris

$$\alpha = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

cədvəli şəklində təsvir olunur.

Nəzərə almaq lazımdır ki, burada təsvir anlayışı riyazi anlayışdır. Məsələn, qrupun təsviri anlayışı aşağıdakı kimi müəyyən edilir [3].

“ φ inikası G qrupunun G' qrupuna homomorfizimdirsə, yəni $\varphi: G \simeq G'$ olarsa, onda deyilir ki, G qrupunun elementlərinin G' qrupunun elementləri ilə təsviri verilmişdir və bu təsvir elə φ homomorfizimdir”.

Yuxarıda göstərdiyimiz aspektli məsələlər ali pedaqoji məktəblərin cəbr kursunda az deyildir. Onlardan xətti inikasa onun bazislər cütü üzrə matris arasında əlaqə daha qabarıq nəzərə çarpır.

Tutaq ki, F meydanı üzərində uyğun olaraq m və n ölçülü U və V vektor fəzaları verilmişdir.

$$u_1, u_2, \dots, u_m \text{ və } v_1, v_2, \dots, v_n \quad (2)$$

uyğun olaraq U və V fəzalarının bazisləridir.

$\varphi: U \rightarrow V$ xətti inikasına baxılır. V fəzasının $\varphi(u_1), \varphi(u_2), \dots, \varphi(u_m)$ vektorlarının (2) bazisinə xətti ayrılışı yazılır:

$$\begin{aligned} \varphi(u_1) &= \alpha_{11}v_1 + \alpha_{12}v_2 + \dots + \alpha_{1n}v_n, \\ \varphi(u_2) &= \alpha_{21}v_1 + \alpha_{22}v_2 + \dots + \alpha_{2n}v_n, \quad (3) \\ \varphi(u_m) &= \alpha_{m1}v_1 + \alpha_{m2}v_2 + \dots + \alpha_{mn}v_n \end{aligned}$$

φ xətti inikasının (1)-(2) bazislər cütü üzrə matrisi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$M(\varphi) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Başqa sözlə, φ xətti inikası (1)-(2) bazislər cütü üzrə (4) matrisi ilə təsvir olunur. Göstərilir ki, bu təsvir yeganədir. Tərsinə, əgər $n \times m$ ölçülü A matrisi verilərsə, onda (1)-(2) bazislər cütü matrisi A olan yeganə φ xətti inikası vardır.

U fəzasının V fəzasına inikaslar çoxluğunu $Hom(U, V)$ kimi F meydanı üzərində $n \times m$ ölçülü matrislər çoxluğunun $n \times m$ kimi işarə edək. Onda aşağıdakı teoremə əsaslanmaqla, $\varphi: U \rightarrow V$ inikasının $M(\varphi)$ ilə təsvir olunmasını hökm etmək olar.

Teorem. F meydanı üzərində verilmiş U və V vektor fəzalarının (1)- (2) bazisləri verildikdə hər bir $\varphi: U \rightarrow V$ xətti inikasına bu inikasin, (1)- (2) bazislər cütü üzrə $M(\varphi)$ matrisini qarşı qoyan F inikası $Hom(U, V)$ vektorlar fəzasının $L^{n \times m}$ matrislər fəzasına izomorfizmdir.

Analoji mülahizələri U fəzasında təsvir edən operatorlar üçün də söyləmək olar. Xətti operatorun matrislə təsviri operatorun bir sıra xarakteristikalarını müəyyənləşdirməyə imkan verir: xətti operatorun ranqını, defektini, nüvə və məxsusi vektorlarını və s.

Qeyd etmək lazımdır ki, haliyədə ümumtəhsil məktəblərində istifadə olunan riyaziyyat fənni üzrə dərsliklərdə də verilən anlayışla onun təsvirinin fərqləndirilməsinə diqqət yetirilir. Məsələn, vektor anlayışı belə daxil edilir. Ədədi qiyməti və istiqaməti ilə müəyyən edilən kəmiyyətə vektorial kəmiyyət və ya vektor deyilir. Vektor istiqamətlənmiş parça ilə təsvir olunur.

Bəzi cəbri anlayışların daxil edilməsinə yuxarıda göstərilən qayda ilə yanaşma aşağıdakı məqsədlərə çatmağa imkan verir:

- 1) Öyrənilən konkret cəbri anlayışın ciddi riyazi şəkildə ifadə edilməsi;
- 2) Riyaziyyatın “təsvirlər nəzəriyyəsi” bölməsinin propedevik təliminin həyata keçirilməsi;
- 3) Tələbə və şagirdlərin riyazi təfəkkürünün formalaşdırılması;
- 4) Tələbə və şagirdlərin riyaziyyat elminə marağının artırılması.

Riyazi anlayışların daxil edilməsinin daha bir metodiki xüsusiyyətlərini qeyd edək. Məlumdur ki, cəbr kursunda limit, törəmə anlayışları verilmir. Törəmə anlayışı verilməsindən isə çoxhədlinin təkrarlanan vuruğunu və kökünü, habelə çoxhədli üçün Teyler düsturunu və s. vermək olmur. Tələbələrə riyazi analiz kursundan törəmə anlayışı, həmçinin çoxhədlinin törəməsinin hesablanması qaydası məlumdur. Həmin qayda əsasında çoxhədlinin formal törəməsi anlayışı daxil edilir:

Sıfır xarakteristikalı F meydanı üzərində

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

çoxhədlisinin törəməsi $n - 1$ dərəcəli

$$f(x) = a_1 + 2a_2x + \dots + n \cdot a_nx^{n-1}$$

çoxhədlisinə deyilir.

Ümumiyyətlə, anlayışı ciddi riyazi şəkildə daxil etməyə müxtəlif səbəblər imkan vermədikdə bu cür yanaşmalar verilməsi ilə bağlı yanaşmaları göstərmək kifayətdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Baxşəliyev Y.R., Əbdülkərimli L.Ş. Cəbr kursu. Dərslik-Bakı: 2011, 448 s.
2. Qasimov V.Ə. Cəbr və ədədlər nəzəriyyəsi. Dərslik-Bakı: 2012, 432 s.
3. Baxşəliyev Y.R. Pedaqoji universitetlərdə riyaziyyatın cəbri strukturlar əsasında təlimi. Bakı: 2007, 224 s.

ORXAN CƏFƏROV

orxan-1970@mail.ru

AYSEN MƏMMƏDOVA

aysenmemmedova261992@mail.ru

Naxçıvan Dövlət Universiteti

MƏKTƏBDƏ ÇOXBUCAQLININ ÖYRƏDİLMƏSİ TƏCRÜBƏSİNDƏN

Təcrübələr göstərir ki, riyazi anlayışları öyrənərkən müəyyən ardıcılıqlara əməl olunduqda şagirdlər anlayışları daha yaxşı mənimsəyirlər və yaddaşda daha uzunmüddətli qalır.

Biz də bu prinsipi nəzərə alıb, “çoxbucaqlılar” mövzusunı öyrənmək üçün “çoxbucaqlılar” mövzusundan əvvəlcə öyrənilən “sınıq xətt” mövzusunı nəzərdən keçirək.

Tərif. Bir düz xətt üzərində olmayan nöqtələri ardıcıl birləşdirən parçalardan ibarət həndəsi fiqura sınıq xətt deyilir.

Həmin nöqtələr sınıq xəttin təpə nöqtələri, parçalar isə tərəfləri adlanır. Şəkil 1-də təpə nöqtələri A_1, A_2, \dots, A_n və tərəfləri $A_1 A_2, A_2 A_3, \dots, A_{n-1} A_n$ olan sınıq xətt təsvir olunmuşdur. A_1 sınıq xəttin başlanğıc təpə nöqtəsi, A_n isə son təpə nöqtəsidir.

Sınıq xəttin bir tərəfinə aid təpə nöqtələri qonşu təpə nöqtələri, ortaq təpə nöqtələri olan tərəflər isə qonşu tərəf nöqtələri adlanır. Ortaq təpə nöqtələri olmayan tərəflər qonşu olmayan (qarşı) tərəflər, bir tərəfə aid olmayan təpə nöqtələri qonşu olmayan (qarşı) təpə nöqtələri adlanır. Sınıq xəttin qonşu olmayan tərəfləri kəsişmirsə, onda, ona sadə sınıq xətt deyilir (şəkil 1). Qonşu olmayan tərəfləri kəsişirsə, ona sadə olmayan sınıq xətt deyilir (şəkil 2).

Sınıq xəttin başlanğıc və son təpə nöqtələri üst-üstə düşərsə, ona qapalı sınıq xətt deyilir. Şəkil 3 və 4-də uyğun olaraq sadə qapalı və sadə olmayan qapalı sınıq xətt göstərilmişdir.

Sadə qapalı sınıq xətt çoxbucaqlı adlanır. Çoxbucaqlılar iki yerə ayrılır: qabarıq çoxbucaqlılar və qabarıq olmayan çoxbucaqlılar.

Tərif. Çoxbucaqlı ixtiyari tərəfinin özündə saxlayan düz xətdən bir tərəfdə (bir yarımüstəvidə) yerləşərsə, belə çoxbucaqlıya qabarıq çoxbucaqlı deyilir.

Şəkil 5-də qabarıq çoxbucaqlı təsvir olunmuşdur.

Göründüyü kimi, bu çoxbucaqlı bütün tərəflərini özündə saxlayan düz xətdən bir tərəfdə yerləşir.

Tərif. Çoxbucaqlı ixtiyari tərəfinin özündə saxlayan düz xətdən bir tərəfdə (bir yarımüstəvidə) yerləşməzsə, belə çoxbucaqlıya qabarıq olmayan çoxbucaqlı deyilir.

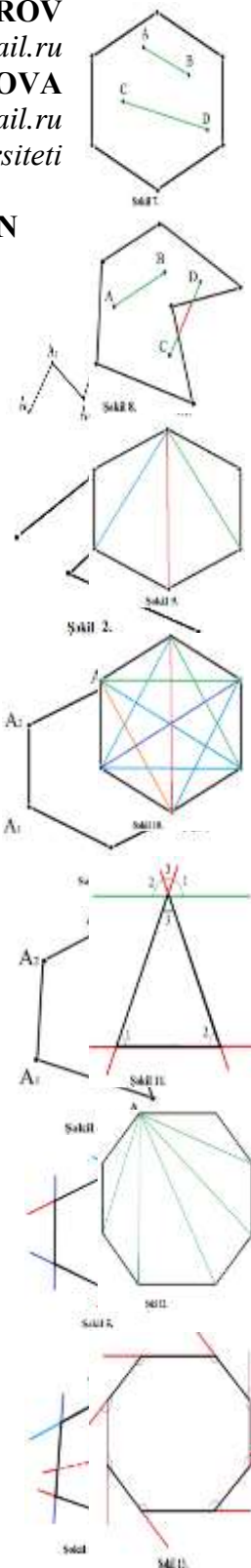
Şəkil 6-da qabarıq olmayan çoxbucaqlı təsvir olunmuşdur. Göründüyü kimi, bu çoxbucaqlı bəzi tərəflərini özündə saxlayan düz xətdən bir tərəfdə yerləşsə də, elə tərəflər vardır ki, çoxbucaqlı həmin tərəfləri özündə saxlayan düz xətlə iki hissəyə ayrılır.

Qabarıq və qabarıq olmayan çoxbucaqlılara aşağıdakı kimi də tərif vermək olar:

Tərif. Çoxbucaqlının ixtiyari iki nöqtəsini birləşdirən parça çoxbucaqlının tərəflərini kəsmirsə, belə çoxbucaqlıya qabarıq çoxbucaqlı deyilir (şəkil 7).

Tərif. Çoxbucaqlının ixtiyari iki nöqtəsini birləşdirən parça çoxbucaqlının tərəflərini kəşirsə, belə çoxbucaqlıya qabarıq olmayan çoxbucaqlı deyilir (şəkil 8).

Şəkil 7-də A və B nöqtələrini birləşdirən AB parçası, C və D nöqtələrini birləşdirən CD parçası ixtiyari götürülmüşdür. Göründüyü kimi, heç bir parça çoxbucaqlının tərəflərini kəsmir.



Şəkil 8-də A və B nöqtələrini birləşdirən AB parçası, C və D nöqtələrini birləşdirən CD parçası ixtiyari götürülmüşdür. Göründüyü kimi, A və B nöqtələrini birləşdirən AB parçası çoxbucaqlının tərəflərini kəsmir, ancaq C və D nöqtələrini birləşdirən CD parçası çoxbucaqlının tərəflərini kəsir.

Mövzunu qabarıq çoxbucaqlılar üzrə davam etdiririk.

Çoxbucaqlının hər hansı tərəp nöqtəsi ilə ona qonşu olmayan tərəp nöqtəsini birləşdirən parça çoxbucaqlının diaqonalı adlanır. Deməli, n -bucaqlının bir tərəp nöqtəsindən çıxan diaqonalların sayı $(n - 3)$ olacaqdır. Şəkil 9-da göründüyü kimi altıbucaqlının hər tərəp nöqtəsindən 3 diaqonal çəkmək mümkündür.

Ümumiyyətlə, n -bucaqlının diaqonalları ikitərəfli sayıldığı üçün bütün diaqonalların sayı $\frac{n \cdot (n - 3)}{2}$ düsturu ilə hesablanır.

İndi çoxbucaqlının daxili və xarici bucaqlarının dərəcə ölçülərinin cəmini nəzərdən keçirək.

Üçbucaq ən az tərəfi və ən az bucağı olan çoxbucaqlıdır. Üçbucağın daxili bucaqlarının cəmi 180^0 -yə bərabərdir. Şəkil 11-də məlum qaydalara əsasən $\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 = 180^0$ yazıla bilər.

Çoxbucaqlının bir tərəp nöqtəsindən çəkilmiş diaqonallar onu üçbucaqlara ayırır. n -bucaqlının bir tərəp nöqtəsindən çəkilmiş diaqonallar onu $(n - 2)$ sayda üçbucaqlara ayırır. 12-ci şəkildən də göründüyü kimi bu üçbucaqların daxili bucaqlarının cəmi çoxbucaqlının daxili bucaqlarının cəminə bərabərdir. Deməli, n -bucaqlının daxili bucaqlarının cəmi $180^0 \cdot (n - 2)$ düsturu ilə hesablanıla bilər.

Çoxbucaqlının bütün tərəflərinin uzantısını çəksək, onun daxili bucaqlarına qonşu olan bucaqları almış olacağıq (şəkil 13). Qonşu bucaqların cəmi 180^0 olduğundan, n -bucaqlının daxili və xarici bucaqlarının cəmi $180^0 \cdot n$ -ə bərabər olacaqdır. Çoxbucaqlının daxili və xarici bucaqlarının cəmindən daxili bucaqlarının cəmini çıxsaq, çoxbucaqlının xarici bucaqlarının cəmini almış olarıq.

Çoxbucaqlının bucaqlarının sayı n -ə bərabər olarsa,

$$(180^0 \cdot n) - (180^0 \cdot (n - 2)) = 360^0 \text{ bərabərliyini yazıla bilər.}$$

Deməli, tərəflərinin sayından asılı olmayaraq, çoxbucaqlının xarici bucaqlarının cəmi 360^0 -yə bərabərdir.

Bu yazıda çoxbucaqlılara aid ümumi məlumatları izah etməyə çalışdıq. Hesab edirik ki, çoxbucaqlıların öyrənilməsinə aid yuxarıda qeyd olunan məlumatlar oxucular üçün, əsasən, orta məktəb şagirdləri və ali məktəbə riyaziyyat fənnindən hazırlaşan abituriyentlər üçün bir çox həndəsə məsələlərinin həllinin öyrənilməsində faydalı olacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Həsənov A.İ., Elementar riyaziyyat. Bakı, 2021, 462 s.
2. Həsənov A.İ., Riyaziyyat. III hissə. Naxçıvan, 2015, 269 s.
3. Adıgözəlov A.S. və b. Elementar həndəsə. Bakı, 2018, 285 s.
4. Sadıxov N.A. Riyaziyyatın ibtidai kursunun elmi əsasları. Bakı, 1991, 250 s.

DAŞQIN SEYİDOV
dasqinseyidov@ndu.edu.az
Naxçıvan Dövlət Universiteti
ASİF İMANOV
asif-aze-88@mail.ru
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu
ASİMAN İSMAYİLOV
asimanismayilov1998@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

Σ_3 YIĞILAN QÜVVƏT SIRALARI CƏBRİNİN REZONANSLI MONOMLARI OLMAYAN REZONANSLI ENDOMORFİZİMLƏRİNİN SPEKTRAL XASSƏLƏRİ

Kamoviç vahid diskin qapanmasında kəsilməz, daxilində isə analitik olan kompleks qiymətli funksiyaların müntəzəm cəbri olan disk-cəbrdə çəkili endomorfizmin kompaktlığını tədqiq etmiş və kompakt olduğu halda onun spektrini hesablamışdır. Kompozisiya operatorunu yaradan kompozitor vahid dairənin daxilində yeganə tərpnəmz nöqtəyə malikdir [2]. İşində göstərilmişdir ki, bu halda endomorfizmi yaradan kompozitorun tərpnəmz nöqtəsindəki xətti hissəsinin məxsusi ədədlərinin doğurduğu yarımqrup endomorfizmin spektrini təyin edir. Kompozitorun təyin etdiyi endomorfizmlər kompaktdır və onda hər bir sıfırdan fərqli məxsusi qiymətə uyğun məxsusi altfəza sonlu ölçülüdür. Burada $z = (z_1, z_2, z_3)$ kompleks dəyişənlərin Σ_3 yığılan qüvvət sıraları cəbrində təsir edən $T: \Sigma_3 \rightarrow \Sigma_3$, $T(f) = f \circ \varphi$, $\varphi: C^3 \rightarrow C^3$ şəklində endomorfizmin rezonanslı monomları olmayan rezonanslı halda məxsusi ədədlərini və uyğun məxsusi altfəzalarını tədqiq edirik.

Müxtəlif klassik müntəzəm cəbrlərin endomorfizmlərinin, çəkili endomorfizmlərinin spektrinin, məxsusi qiymətlərinin, məxsusi altfəzalarının araşdırılması, əsasən, yığılan qüvvət sıraları cəbrində həyata keçirilir. Bundan əlavə bir çox hallarda analitik strukturlu funksiyaların müntəzəm cəbrlərində sıxılmış inikasın və ya müəyyən tərpnəmz nöqtəyə malik inikasların doğurduqları endomorfizmlərin cəbri və spektral xassələrinin öyrənilməsi yığılan (formal) qüvvət sıraları cəbrinin endomorfizmlərinin araşdırılmasına əsaslanır. Onu da qeyd edək ki, müntəzəm cəbrlərdə təsir edən kompakt endomorfizmlərin spektrləri, bu endomorfizmləri yaradan inikasların tərpnəmz nöqtələrindəki xətti hissələrinin modulca vahiddən kiçik olan məxsusi ədədlərinin vasitəsilə hesablanır. Bu səbəbdən məqalədə biz endomorfizmi doğuran kompozitorun tərpnəmz nöqtəsi olan koordinat başlanğıcında xətti hissəsinin məxsusi ədədlərinin modulca vahiddən kiçik olduğunu qəbul edirik. Burada Σ_3 cəbrinin elementləri

$$\sum_{n,m,k} a_{nmk} z_1^n z_2^m z_3^k \quad (1)$$

şəklində formal yığılan sıralardır. T endomorfizmini yaradan kompozitorun xətti hissəsinin məxsusi ədədləri $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ olsun. Qəbul etdiyimiz kimi bu ədədlər $0 < |\alpha_i| < 1$ $i = 1, 2, 3$ şərtini ödəyir. φ inikasının φ_1 xətti hissəsi məxsusi ədədləri müxtəlif olduğundan

$$\varphi_1 = \begin{pmatrix} \alpha_1 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

şəklində olacaqdır. Onda [1] Puankare-Dulak teoreminə əsasən φ inikası koordinat başlanğıcında φ_1 xətti hissəsinə gətirilə bilər. Bu halda φ aşağıdakı kimi təsir edər.

Tutaq ki, məxsusi ədədlərin rezonanslıq tərtibi m -dir və ədədlər arasında $\alpha_1 = \alpha^{m_1} \beta^{m_2}$, $\alpha_2 = \alpha$, $\alpha_3 = \beta$, $(m_1 + m_2 = m \geq 2)$ rezonanslıq əlaqəsi mövcuddur. Bu halda φ inikası

$$\varphi \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha^{m_1} \beta^{m_2} z_1 + c z_2^{m_1} z_3^{m_2} + c_1 z_2^m + c_2 z_3^m \\ \alpha z_2 \\ \beta z_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

kimi təsir edir. Əgər T endomorfizmi rezonanslı monomları olmayan rezonanslı olarsa, onda $c = c_1 = c_2 = 0$ olar. Bu halda T endomorfizmi

$$(Tf)(z_1, z_2, z_3) = f(\alpha^{m_1} \beta^{m_2} z_1, \alpha z_2, \beta z_3) \quad (4)$$

$f(z_1, z_2, z_3) = \sum_{t_1, t_2, t_3 \geq 0} a_{t_1 t_2 t_3} z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3}$ şəklində olarsa, onda məxsusi ədəd probleminə əsasən aşağıdakı tənliyi alırıq

$$(Tf)(z_1, z_2, z_3) = af(z_1, z_2, z_3)$$

$$\sum_{\substack{t_1, t_2, t_3 \geq 0 \\ m_1 + m_2 = m}} a_{t_1 t_2 t_3} \alpha^{(1+m_1)t_1} \beta^{(1+m_2)t_2} z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3} = \lambda \sum_{t_1, t_2, t_3 \geq 0} a_{t_1 t_2 t_3} z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3} \quad (5)$$

(5) ifadəsindən $(\lambda - \alpha^{(1+m_1)t_1} \beta^{(1+m_2)t_2}) a_{t_1 t_2 t_3} = 0$ alınır. Burada müəyyən t_1^0, t_2^0 və t_3^0 indekslərinə nəzərən $a_{t_1^0 t_2^0 t_3^0} \neq 0$ olarsa, onda $\lambda = \alpha^{(1+m_1)t_1^0} \cdot \beta^{(1+m_2)t_2^0}$ alınır. Bu halda uyğun məxsusi funksiya

$$f(z_1, z_2, z_3) = \sum_{t_1=0}^{t_1^0} \sum_{t_2=0}^{t_2^0} a_{t_1 t_2 t_3^0} z_1^{(1+m_1)t_1} z_2^{(1+m_2)t_2} z_3^{t_3^0} \quad (6)$$

şəklində olar. Baxdığımız endomorfizmin $\lambda = \alpha^{(1+m_1)t_1^0} \cdot \beta^{(1+m_2)t_2^0}$ məxsusi qiymətinə uyğun məxsusi altfəza $(2 + t_1^0 + t_2^0)$ ölçülü olar.

Beləliklə, baxdığımız halda rezonanslı monomu olmayan rezonanslı endomorfizmlər halında məxsusi ədədlər $\lambda_{q,k} = \alpha^q \beta^k$, $q \geq 0$, $k \geq 0$ şəklindədir. Həmçinin bu məxsusi qiymətlərə uyğun $E_{q,k} = E_T(\lambda)$ məxsusi altfəzası $z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3}$ monomlarının yaratdığı o məxsusi funksiyaları özündə saxlayır ki, $m_1 + m_2 = m$, $t_1^0 > 0$, $t_2^0 > 0$, $q = (1+m_1)t_1^0$, $k = (1+m_2)t_2^0$ şərtləri ödənilir. Bu halda alırıq

ki, $t_1^0 = \left[\frac{q}{1+m_1} \right]$ və $t_2^0 = \left[\frac{k}{1+m_2} \right]$ olur.

Bunu nəzərə alsaq, məxsusi funksiya aşağıdakı şəkllə düşür.

$$f(z_1, z_2, z_3) = \sum_{t_1=0}^{\left[\frac{q}{1+m_1} \right]} \sum_{t_2=0}^{\left[\frac{k}{1+m_2} \right]} a_{t_1 t_2 t_3^0} z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3^0} \quad (7)$$

Nəticədə aşağıdakı kimi teorem almış oluruq.

Teorem 1. Rezonanslıq monomu olmayan rezonanslı endomorfizmlər halında $T: \Sigma_3 \rightarrow \Sigma_3$ endomorfizminin hər bir məxsusi ədədi $\lambda_{q,k} = \alpha^q \beta^k$ və uyğun məxsusi funksiyaları isə

$$f(z_1, z_2, z_3) = \sum_{t_1=0}^{\left[\frac{q}{1+m_1} \right]} \sum_{t_2=0}^{\left[\frac{k}{1+m_2} \right]} a_{t_1 t_2 t_3} z_1^{t_1} z_2^{t_2} z_3^{t_3}$$

şəklindədir.

ƏDƏBİYYAT

1. Арнолд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений, Москва: Наука, 1978, 256 с.
2. Kamowitz H. Compact endomorphisms of Banach algebras, Los Angeles: Pacific Journal of Mathematics, 1980. v. 89, № 2, p. 313-325.
3. Seyidov D.A. Eigensubspaces of resonancing endomorphisms with resonancing monoms of convergent power series, 4th international e-conference on mathematical advances and applications, Istanbul: 26 may–29 may, 2021, p.72.
4. Shahbazov A.I. Seyidov D.A. Eigensubspaces of endomorphisms of algebra of convergent power series, Ruse: Mathematica Aeterna, 2017.v.7, № 3, p. 233-240.

FAMIL MƏMMƏDOV
famil5577@gmail.com
ÜMÜD RZAYEV
umud_rzayev95@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti

QEYRİ-XƏTTİ VƏ DISSIPASİYALI BİR SİNİF HİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN KOŞI MƏSƏLƏSİ

$[0, \infty) \times R_n$ oblastında inteqral qeyri-xəttili anizotrop elliptik hissəyə malik kvazixətti hiperbolik tənlik üçün:

$$u_{tt} + u_t + \sum_{i=1}^n (-1)^{l_i} a_i(t, x, [u]_{l,i}) D_{x_i}^{2l_i} = 0, \quad (1)$$

$$u(0, x) = \varphi(x), \quad u_t(0, x) = \psi(x), \quad (2)$$

Koşi məsələsinə baxaq.

Burada $l_1, \dots, l_n \in \{1, 2, \dots\}$, $[u]_{l,i} = \sum_{k=1}^n \beta_{ik} \int_{R_n} |D^{l_k} u|^2 dx$,
 $\beta_{ik} \in R, i, k = 1, \dots, n$.

Xüsusi halda $l_1 = \dots = l_n = 1$ və $\int_{\Omega} |\nabla u|^2 dx$ olduqda, (1) məlum dissipasiyalı Kirxof tənliyidir. Tutaq ki, aşağıdakı şərtlər ödənilir:

1) $a_i(t, \xi) = 1 + a_{1i}(t, \xi), i = 1, \dots, n$, belə ki, $a_i(t, \xi) [0, \infty) \times (b, b), l > 0$ oblastında t və ξ

dəyişənlərinə nəzərən diferensiallanan funksiyalardır. $a_{1i_\xi}(t, \xi)$ t dəyişəninə nəzərən diferensiallandı.

2) Bütün $t \in [0, \infty), \xi \in (-b, b)$ üçün aşağıdakı bərabərsizliklər ödənilir:

$$|a_{1_i}(t, \xi)| \leq c|\xi|^p; |a_{1_{i_t}}(t, \xi)| \leq c|\xi|^p; |a_{1_{i_\xi}}(t, \xi)| \leq c|\xi|^{p-1},$$

Burada $p > 1$ və $c > 0$ müəyyən sabitlərdir.

$$H_2 = W_2^{(r+1)l}(R_n) \times W_2^{rl}(R_n) \text{ ilə } \langle w^1, w^2 \rangle_{H_r} = \langle u^1, u^2 \rangle_{W_2^{(r+1)l}(R_n)} + \langle v_1, v_2 \rangle_{W^{rl}(R_n)}$$

skalyar hasilə fəzaları işarə edək.

Burada $w^1 = \begin{pmatrix} u^1 \\ v^1 \end{pmatrix}, w^2 = \begin{pmatrix} u^2 \\ v^2 \end{pmatrix}, r = 0, 1$.

Uyğun normanı $\|\cdot\|_{H_r} = \sqrt{\langle \cdot, \cdot \rangle_{H_r}}$ ilə işarə edək. $\bigcup_{\delta}^r H_r$ ilə H_r -də mərkəzi sıfırda olan küreni işarə edək:

$$\bigcup_{\delta}^r = \left\{ (v_1^1, v_2^2) \in H_r : \|v_1^1\|_{W_2^{(r+1)l}(R_n)}^2 + \|v_2^2\|_{W_2^{rl}(R_n)}^2 < \delta^2 \right\} r = 0, 1.$$

Teorem 1. Tutaq ki, (1), (2) şərtləri ödənilir. Onda elə $\delta > 0$ var ki, istənilən $(\varphi, \psi) \in \bigcup_{\delta_0}^1$ üçün (1), (2) məsələsinin yeganə

$$u \in C([0, \infty); W_2^{2l}(R_n)) \cap C^1([0, \infty); W_2^l(R_n)) \cap C^2([0, \infty); L_2(R_n))$$

həlli var və $u(t, x)$ üçün aşağıdakı qiymətlənmələr doğrudur:

$$\|D^\alpha u(t, \cdot)\|_{L_2(R_n)} \leq C_{\delta_0} (1+t)^{-\frac{|\alpha|}{l}}$$

Burada $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_1, \dots, \alpha_n \in N \cup \{0\}$, $\left|\frac{\alpha}{l}\right| = \frac{\alpha_1}{l_1} + \dots + \frac{\alpha_n}{l_n}$, $c_{\delta_0} > 0$.

Teorem 2. İxtiyari $h \in H_0$ üçün $(t, w) \rightarrow \|h\|_{H(t, w)} : [0, \infty) \times \bigcup_{\delta}^0 \rightarrow [0, \infty)$ inikası Lipşiç şərtini ödəyir, yəni ixtiyari $t_1, t_2 \in [0, \infty)$, $w^1, w^2 \in \bigcup_{\delta}$ üçün aşağıdakı bərabərsizlik tamamilə ödənilir.

$$\left| \|h\|_{H(t, w)}^2 - \|h\|_{H(t_2, w^2)}^2 \right| \leq c_3(\delta) \left[|t_1 - t_2| + \|w^1 - w^2\|_{H_0} \right] \|h\|_{H_0}^2,$$

burada $c_3(\delta) > 0$

Teorem 3. İxtiyari $t \in [0, \infty]$, $w \in \bigcup_{\delta}^0$ üçün elə $\delta' \in (0, \delta_0)$, $\omega > 0$ var ki, $A(t, \omega) - \omega I$ operatoru $H(t, w)$ kəsilməz yarımqrup yaradır. Burada I operatoru $H(t, w)$ -də yeganədir.

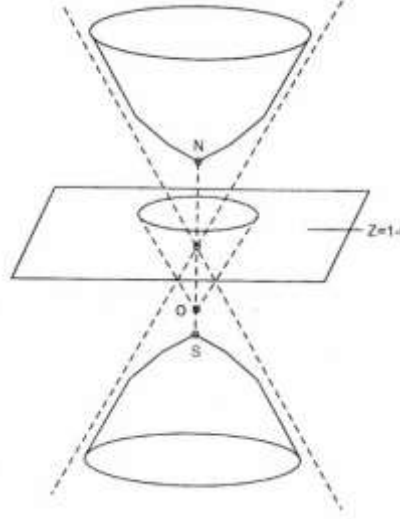
ƏDƏBİYYAT

1. Алиев А.Б., Намазов И.Г. Об одном классе квазилинейных псевдогиперболических уравнений четвертого порядка с интегральной нелинейностью // Вестник Бакинского Государственного Университета, серия физ.-матем. Наук.
2. M.Ghisi., M.Gobbino. Global existence and asymptotic behavior for mildly degenerate dissipative hyperbolic equation of kirchhof type // Asymptotic Analysis, 40(2004), p. 25-36.
3. Aliyev A.B., Suleymanov N.A. A mixed problem for some classes quasilinear Sobolev type equation // Transactions of NAS Azerbaijan, ISSUE Math. And Mech., XXIV, №1(2004), p.27-37

MƏMMƏD RƏCƏBOV
HEYDƏR ƏHMƏDOV
heyderehmedov@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti

LOBAÇEVSKİ MÜSTƏVİSİNİN ARALIQ İNTERPRETASIYASI

Xəyali radiuslu S sferasını $O(0;0;-t)$ nöqtəsindən $Z=1-t$ müstəvisinə proyeksiyalarında alınan Lobaçevski müstəvisinin interpretasiyasına baxaq (şəkil 1).



Şəkil 1.

Əgər, sferanın (X,Y,Z) nöqtəsi $Z=1-t$ müstəvisinin $(x,y,1-t)$ nöqtəsinə proyektəndirilsə, bu nöqtələr proyeksiya mərkəzi ilə bir düz xətt üzərində olduğundan X,Y,Z koordinantları $x,y,1-t$ koordinantları ilə aşağıdakı münasibətdə olar

$$\frac{x}{X} = \frac{y}{Y} = \frac{1-t}{Z+t} = K \quad (1)$$

Buradan alınır ki,

$$X = \frac{x}{K}, Y = \frac{y}{K}, Z = \frac{1-kt}{K} \quad (2)$$

X,Y,Z koordinantları S sferasının tənliyini ödədiyindən

$$x^2 + y^2 - (1 - kt)^2 = -K^2$$

yəni $k^2 + (1 - t^2) + 2kt + (x^2 + y^2 - 1) = 0$

K -ya nəzərən bu kvadrat tənliyi həll etsək,

$$K = \frac{-t \pm \sqrt{t^2 - (1 - t^2)(x^2 + y^2 - 1)}}{1 - t^2}$$

Buradan

$$K = \frac{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{1 - t^2} \quad (3)$$

K -nın bu qiymətini (1) ifadəsində yerinə yazsaq, X,Y,Z koordinantları uyğun olaraq aşağıdakı kimi olar.

$$X = \frac{(1-t^2)x}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}},$$

$$Y = \frac{(1-t^2)y}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}, \quad (4)$$

$$Z = \frac{1 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}$$

Axırıncı bərabərliyin doğruluğunu göstərək. Bunun üçün (1)-də $Z = \frac{1 - Kt}{K}$ ifadəsinin sağ tərəfində K-nın qiymətini yerinə yazaq

$$Z = \frac{(1 - t^2) \left(1 - \frac{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{1 - t^2} - t\right)}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}$$

Aldığımız ifadədə kəsrin surətini sadələşdirək

$$Z = \frac{(1 - t^2) \frac{1 - t^2 + t^2 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{1 - t^2}}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}} = \frac{1 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}$$

Lobaçevski müstəvisinin düz xətti xəyali radiuslu sferanın diametral müstəvilərlə kəsişmələrinə uyğun gəldiyindən bu düz xəttin koordinatları sferanın mərkəzindən keçən müstəvinin tənliyini ödəyir, yəni

$$AX + BY + CZ + 0 \quad (5)$$

(5) tənliyində (4)-dəki X, Y, Z koordinatlarını nəzərə alsaq,

$$\frac{Ax(1 - t^2)}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}} + \frac{By(1 - t^2)}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}} + \frac{C(1 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)})}{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}} = 0$$

Bu bərabərliyin surət və məxrəcini $\frac{-t \pm \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{1 - t^2}$ vursaq,

$$Ax + By + \frac{C(1 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)})}{1 - t^2} = 0 \text{ ifadəsini alırıq.}$$

Bu bərabərlikdə kəsrin surətinə Ct^2 -ni əlavə edib çıxsaq,

$$Ax + By + \frac{C(1 - t^2 + t^2 \pm t \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)})}{1 - t^2} = 0$$

buradan

$$Ax + By + C + C + \frac{t^2 \mp \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}}{1 - t^2} = 0$$

yəni,

$$(1 - t^2) \cdot (Ax + By + C) + Ct^2 = \mp \sqrt{1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)}$$

bu bərabərliyin hər iki tərəfini kvadrata yüksəltsək, alırıq:

$$[(1 - t^2)(Ax + By + C) + Ct^2]^2 = C^2 t^2 [1 - (1 - t^2)(x^2 + y^2)]$$

və yaxud

$$x^2[A^2(1 - t^2)^2 + C^2(1 - t^2)t^2] + Y^2[B^2(1 - t^2)^2 + C^2(1 - t^2)t^2] + 2xyAB(1 - t^2) + 2xAC(1 - t^2) + 2yBC(1 - t^2)(C^2(1 - t^2)) = 0$$

yəni

$$x^2[A^2(1 - t^2) + C^2t^2] + y^2[B^2(1 - t^2) + C^2t^2] + 2xyAB(1 - t^2) + 2xAC + 2yBC + C^2 = 0 \quad (6)$$

Beləliklə, Lobaçevski düz xətti baxdığımız interperetasiyada (6) tənliyi düz xətt $Ax + By + C = 0$ tənliyi şəklini alır.

$t \pm 1$ olduqda isə konform interpretasiya halında (6) tənliyi $C(x^2 + y^2 + 1) + 2Ax + 2By = 0$ çevrə tənliyi şəklini alır.

Xəyali radiuslu sfera və $Z = 1 - t$ müstəvisini OZ oxu ətrafında fırlatdıqda öz-özünə keçdiyindən, ümumiliyi pozmadan (5) tənliyində $B = 0$ və $C = 1$ götürə bilərik. (6) Xətlərinin ümumi şəklini bu haldan OZ oxu ətrafında fırlanma ilə almaq olar. Bu sadələşdirmədə (6) tənliyi aşağıdakı şəkli alır:

$$x[A^2(1 - t^2) + t^2] + y^2t^2 + 2Ax + 1 = 0 \quad (7)$$

Göstərək ki, (7) xətləri ellipslərdir. Doğrudan da (7) tənliyinin X^2 və Y^2 əmsallarının hasili olan diskriminantı (xy hasilinin əmsalı sıfırdır)

$$\sigma = [A^2(1 - t^2) + t^2]t^2$$

şəklində olar, yəni $0 < t < 1$ olduqda həmişə müsbətdir, buradan alınır ki, (7) xətləri və nəticədə (6) xətləri ellipslərdir.

(7) ellipsi ilə C çevrəsinin kəsişmə nöqtələrinin koordinantlarını tapaq. Bunun üçün $x^2 + y^2 = 1$ və (7) tənliklərindən y yox edərək kvadrat tənlik alırıq.

($x^2+y^2=1$ tənliyindən $y^2=1-x^2$ qiymətini (7)-də yazmaqqla)

$$A^2(1 - t^2)x^2 + 2Ax + t^2 + 1 = 0$$

buradan

$$x = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 - A^2(1 - t^2)(t^2 + 1)}}{A^2(1 - t^2)}$$

buradan da

$$x = \frac{-A \pm A\sqrt{1-(t^2+1)(1-t^2)}}{A^2(1-t^2)} = \frac{-1 \pm t^2}{A(1-t^2)}$$

yəni kəsişmə nöqtələrinin koordinantları:

$$x_1 = -\frac{1}{A}, x_2 = -\frac{1 + t^2}{A(1 - t^2)}$$

$x^2+y^2=1$ tənliyindən y -ləri tapsaq,

$$y_1 \pm \frac{\sqrt{A^2-1}}{A},$$

$$y_2 = \frac{\sqrt{A^2(1-t^2)-(1+t^2)}}{A(1-t^2)} \quad (8)$$

Bu birinci nöqtələr, yəni (x_1, x_2) nöqtələri xəyali radiuslu yuxarı hissəsinin böyük çevrəsinin sonsuz uzaqlaşmış nöqtələrinin proyektəndirilməsindən alınır. İkinci nöqtələri isə, yəni (x_2, y_2) nöqtələri xəyali radiuslu sferanın aşağı hissəsində yerləşmiş sonsuz uzaqlaşmış olmayan böyük çevrə nöqtələrinin proyektəndirilməsindən alınır. Qeyd edək ki, birinci nöqtələr t parametridən asılı deyil, yəni bütün baxdığımız interpretasiyada, o cümlədən proyektiv və konform interpretasiyada onlar Lobaçevski müstəvisinin düz xətləri ilə C çevrəsinin kəsişmə nöqtələrini ifadə edir. Bu xətlər həmişə həqiqidir, belə ki, diametral müstəvinin xəyali radiuslu sferanı kəsməsi üçün A əmsalı $1 \leq |A| < \infty$ şərtini ödəməlidir, yəni A^2-1 fərqi mənfə olmamalıdır.

İkinci nöqtələr t parametridən asılıdır və $A^2 > \frac{1+t^2}{1-t^2}$ olanda müxtəlif həqiqi nöqtələrdir.

$A^2 = \frac{1+t^2}{1-t^2}$ olduqda üst-üstə düşür.

$A^2 < \frac{1+t^2}{1-t^2}$ olduqda isə xəyali nöqtələrdir.

Birinci halda ellips C çevrəsi ilə 4 nöqtədə kəşişir, ikinci halda ellips C çevrəsinə toxunur, üçüncü halda isə ellips C çevrəsi ilə yalnız birinci iki nöqtədə kəşişir.

C çevrəsinin toxunanının k -bucaq əmsalını tapaq. Bunun üçün $\frac{dF}{dx} = F_x + F_y y' = 0$ şərtindən y' tapmalıyıq.

$$y' = -\frac{F_x}{F_y}$$

$F=x^2+y^2+1$ olduğundan

$$y' = -\frac{2x}{2y} = -\frac{x}{y},$$

yəni $K_1 = -\frac{x}{y}$ olur.

Eyni qayda ilə (7) ellipsinin toxunanının bucaq əmsalı k_2 -ni tapsaq:

$$K_2 = \frac{F_x}{F_y} = -\frac{2[A^2(1-t^2)+t^2]x+2A}{2yt^2}$$

$$K_2 = -\frac{2[A^2(1-t^2)+t^2]x+A}{t^2y} \text{ olur.}$$

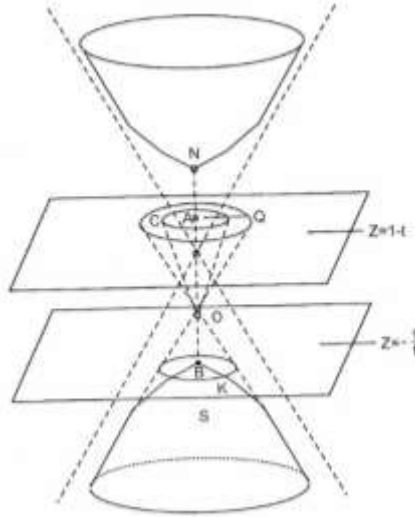
Birinci iki kəsişmə nöqtəsində, yəni (x_1, x_2) -də k_1 və k_2 -ni tapaq

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{A^2-1}}, K_2 = -\sqrt{A^2-1}$$

Olur, K_1 və K_2 bucaq əmsalları bu nöqtədə ortaqaanallıq şərtini ödəyir.

$$K_1 K_2 = -1$$

Beləliklə, (7) ellipsləri C çevrəsi ilə birinci iki nöqtədə həmişə düz bucaq altında kəşişir. Xəyali radiuslu S sferasının yuxarı hissəsi $O(0,0,t)$ nöqtəsindən $Z=1-t$ müstəvisinə proyektəndirildikdə, bu C çevrəsi ilə məhdud olan dairənin daxilinə proyektənlir. S sferasının aşağı hissəsi isə Γ çevrəsi ilə məhdud olan dairənin daxilinə proyektənlir. Γ bu müstəvi ilə təpəsi O nöqtəsində olan və S sferasının aşağı hissəsinə toxunan konusun kəşisməsindən alınır (şəkil 2).



Şəkil 2.

Γ çevrəsinin radiusunu tapaq. Bu çevrə təpəsi O nöqtəsində olan konusun polyar müstəvi ilə kəşisməsindən alınır. (x_0, y_0, z_0) nöqtəsinə nəzərən S sferasının polyar müstəvisinin tənliyi

$$xx_0 + yy_0 - zz_0 = -1$$

şəklində olur.

O nöqtəsinə nəzərən S sferasının polyar müstəvisinin tənliyi

$$tz = -1 \quad \text{və ya} \quad z = -\frac{1}{t} \quad (9)$$

şəklindədir.

Bu müstəvi ilə S sferasının kəşisməsindən alınan çevrəni K ilə işarə edək. K çevrəsi $y=0$ müstəvisi ilə koordinantları

$$x = \sqrt{\frac{1}{t^2} - 1} = \sqrt{\frac{1-t^2}{t}}$$

olan nöqtələrdə kəşişir.

Doğrudan da $\begin{cases} tz = 1 \\ x^2 + y^2 - z^2 = -1 \end{cases}$ K çevrəsini ifadə edən tənliklə $u=0$ tənliyini birlikdə həll etsək,

$$x^2 - \frac{1}{t^2} + 1 = 0 \quad \text{olur.}$$

buradan

$$x^2 - \frac{1}{t^2} - 1 = 0$$

$$x = \frac{\sqrt{1-t^2}}{t}$$

Aşağıdakı kimi iki üçbucağa baxaq; birincinin (10) təpə nöqtələri; O nöqtəsi, $Z=1-t$ müstəvisi üzərində yerləşən C və Γ çevrələrinin mərkəzi olan $a(0,0,1-t)$ nöqtəsi və Γ -çevrəsinin müəyyən

nöqtəsi olsun, ikincinin təpə nöqtələri isə O-nöqtəsi, K-çevrəsinin mərkəzi olan $B(0,0,-\frac{1}{t})$ nöqtəsi və bu çevrənin müəyyən nöqtəsi olsun.

Bu düzbucaqlı üçbucaqlar oxşardır, çünki AO və BO katetlərinin hipotenuz əmələ gətirdiyi iti bucaqlar qarşılıqlı bucaqlardır. Bu üçbucaqların oxşarlığını nəzərə alsaq, Γ -çevrəsinin R radiusunun K çevrəsinin $\frac{\sqrt{1-t^2}}{t}$ radiusuna nisbəti $OA=1$ -in $BO=\frac{1}{t} - t$ -yə nisbəti kimidir.

$$\frac{R}{\frac{\sqrt{1-t^2}}{t}} = \frac{1}{\frac{1}{t}-t}$$

buradan

$$R = \frac{\sqrt{1-t^2}}{t} : \left(\frac{1}{t}-t\right) = \frac{\sqrt{1-t^2}}{1-t^2} = \frac{1}{\sqrt{1-t^2}}$$

Odur ki, $z=1-t$ müstəvisində Γ -çevrəsinin tənliyi

$$x^2 + y^2 = \frac{1}{1-t^2} \quad (10)$$

şəklində olur.

Göstərək ki, (7) ellipsləri Γ çevrəsinə həqiqi və ya xəyali nöqtələrdə toxunurlar.

Doğrudan da (7) və (10) tənliklərindən y -i yox etsək, yəni (10) tənliyindən y -in qiymətini tapıb (7)-də yerinə yazsaq:

$$[A^2(1-t^2) + t^2]x^2 + \left(\frac{1}{1-t^2} - x^2\right)t + 2Ax + 1 = 0$$

Buradan

$$A^2(1-t^2)x^2 + 2Ax + \frac{1}{1-t^2} = 0$$

Bu kvadrat tənlikdən

$$x = \frac{-A \pm \sqrt{t^2 - A^2}}{A^2(1-t^2)} = -\frac{1}{A(1-t^2)}$$

x -in bu qiymətini (10)-da nəzərə alsaq,

$$y^2 = \frac{1}{1-t^2} - \frac{1}{A^2(1-t^2)^2} = \frac{A^2(1-t^2) - 1}{A^2(1-t^2)^2}$$

yəni

$$y = \frac{\sqrt{A^2(1-t^2) - 1}}{A(1-t^2)}$$

Deməli, (7) ellipsinin və (10) çevrəsinin ümumi nöqtələrinin əmsalları aşağıdakı kimi olur.

$$x = -\frac{1}{A(1-t^2)}, y = \frac{\sqrt{A^2(1-t^2) - 1}}{A(1-t^2)} \quad (11)$$

(10) çevrəsinin bu nöqtələrdən birində bucaq əmsalı

$$K = -\frac{x}{y} = \mp \frac{1}{\sqrt{A^2(1-t^2) - 1}}$$

ellipsin həmin nöqtədə bucaq əmsalı isə

$$K = -\frac{[A^2(1-t^2) + t^2]x + A}{t^2y} = \mp \frac{1}{\sqrt{A^2(1-t^2) - 1}}$$

üst-üstə düşür, yəni ellips çevrəyə toxunur. Bu toxunma $A^2(1-t^2) > 1$ olduqda iki müxtəlif həqiqi nöqtədə

$$A^2(1-t^2) = 1$$

olduqda iki həqiqi üst-üstə düşən nöqtədə

$$A^2(1-t^2) < 1$$

olduqda isə xəyali nöqtədə toxunma olur.

Bütün bu hallarda ellips Γ çevrəsinə homoloji olur, həm də homolojiyanın oxu Γ çevrəsinə nəzərən homolojiyanın mərkəzinə polyardır və birinci halda homolojiya oxu Γ çevrəsinə iki nöqtədə kəsir, ikinci halda Γ çevrəsinə toxunur, üçüncü halda isə Γ çevrəsi ilə ümumi nöqtəsi yoxdur. C çevrəsi ilə məhdud olan dairə daxilindəki ixtiyari nöqtədən göstərilən xassələrə malik olan yeganə ellips keçir.

Bu ellipslərin xassələrindən məlum olur ki, bu ellipslər Lobaçevski müstəvisinin proyektiv

interpretasiyasında ekvidistantları, orisiklləri və çevrələri təsvir edirlər.

Bu ekvidistantlar, orisikllər və çevrələr yalnız Evklid müstəvisinin metrkaşı mənada, həm də Lobaçevski müstəvisinin metrkaşı C çevrəsinə orta qanal olurlar, çünki C çevrəsinin hər bir diametri bu çevrəyə toxunanın polyusundan keçir və diametrlə həmin nöqtədə kəsişir. Odur ki, əgər biz Lobaçevski müstəvisinin Γ çevrəsi ilə məhdud olan dairəyə konform interpretasiyasına baxsaq, əvvəl C çevrəsi ilə təsvir olunan çevrələr, Γ çevrəsi ilə konsentrik olan bir neçə başqa C' çevrələri ilə təsvir olunacaq, ekvidistantlar, orisikllər və çevrələr isə C' çevrəsi ilə orta qanal olan çevrələrlə təsvir olunacaq. Lakin bu çevrələr C' çevrəsi ilə məhdud olan dairədə baxılan konform interpretasiyada Lobaçevski müstəvisinin düz xəttini təsvir edir, Lobaçevski müstəvisinin ixtiyari iki nöqtəsindən isə həmin müstəvidə yeganə düz xətt keçir.

(7) ellips tənliyini kanonik şəkə gətirmək üçün aşağıdakı çevirmələri aparmaq lazımdır:

$$x' = x + \frac{A}{A^2(1-t^2)+t^2}, y' = y$$

Bu çevirməni (7)-də nəzərə alsaq:

$$\left[x' - \frac{A}{A^2(1-t^2)+t^2} \right]^2 [A^2(1-t^2) + t^2] + y'^2 t^2 + 2A \left[x' - \frac{A}{A^2(1-t^2)+t^2} \right] + 1 = 0$$

Mötərizələri açıb sadələşdirsək,

$$[A^2(1-t^2) + t^2]x'^2 + y'^2 - \frac{A^2}{A^2(1-t^2)+t^2} + 1 = 0$$

buradan

$$x'^2 [A^2(1-t^2) + t^2] + y'^2 t^2 = \frac{(A^2-1)t^2}{A^2(1-t^2)+t^2}$$

olar, yəni (7) ellipsinin kanonik tənliyi

$$\frac{x'^2}{\frac{(A^2-1)t^2}{[A^2(1-t^2)+t^2]^2}} + \frac{y'^2}{\frac{A^2-1}{A^2(1-t^2)+t^2}} = 1 \quad (12)$$

şəklində olur. (12) tənliyini aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar

$$\frac{x'^2}{a^2} + \frac{y'^2}{b^2} = 1 \quad (13)$$

Bu ellipsin eksentrisitetini təyin edək:

$$\varepsilon^2 = 1 - \frac{a^2}{b^2} = 1 - \frac{t^2}{A^2(1-t^2) + t^2} = \frac{A^2(1-t^2)}{A^2(1-t^2) + t^2}$$

Eksentrisitet isə

$$\varepsilon = \frac{A\sqrt{1-t^2}}{\sqrt{A^2(1-t^2)+t^2}} \quad (14)$$

olar.

Beləliklə, $0 < t < 1$ olduqda həmişə $a < b$; yəni (7) ellipsi şaquli istiqamətdə dartılmış olur. $t = \pm 1$ olduqda, yəni konform interpretasiya halında həmişə $\varepsilon = 0$ olur, yəni (7) ellipsləri çevrələrə çevrilir. $t = 0$ olduqda, yəni proyektiv interpretasiya halında həmişə $\varepsilon = 1$ olur, (7) ellipsləri düzxətli parçalara cırılır.

(5) tənliyi $z = 0$ şəklində olan halda, limit vəziyyətində bu tənlik $B = 0$ olur, A sonsuzluğa yaxınlaşanda $\varepsilon = 1$ olur, yəni ellips dairənin daxilində cırılır (şəkil 3, a halı).

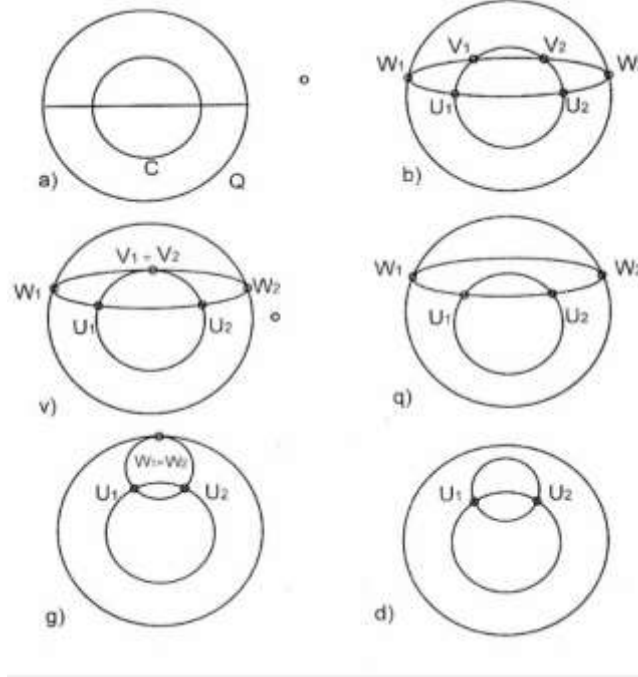
$A^2 > \frac{1+t^2}{1-t^2}$ olduqda ellips Γ çevrəsinə iki nöqtədə toxunur, C çevrəsi ilə isə dörd nöqtədə kəsişir ki, bu nöqtələrdən ikisi düz bucaq altında kəsişən olur (b halı).

$A^2 = \frac{1+t^2}{1-t^2}$ olduqda ellips Γ çevrəsinə iki nöqtədə toxunur, C çevrəsi ilə isə iki nöqtədə düz bucaq altında kəsişir və üçüncü nöqtədə bu çevrəyə toxunur (v halı).

$\frac{1}{1-t^2} < A^2 < \frac{1+t^2}{1-t^2}$ halında ellips Γ çevrəsinə iki nöqtədə toxunur və C çevrəsi ilə iki nöqtədə düz bucaq altında kəsişir (q halı).

$A^2 = \frac{1}{1-t^2}$ olduqda ellips Γ çevrəsinə dörd dəfə təkrarlanan bir nöqtədə toxunur və C çevrəsi ilə iki nöqtədə düz bucaq altında kəşisir (ğ halı).

$A^2 < \frac{1}{1-t^2}$ olduqda ellips Γ çevrəsinə iki xəyali nöqtədə toxunur və C çevrəsi ilə iki nöqtədə düz bucaq altında kəşisir (d halı).



Şəkil 3.

Qeyd. Şəkildə ellipsin Γ çevrəsinə toxunma nöqtələri W_1, W_2 ilə C çevrəsi ilə düz bucaq altında kəşismə nöqtələri U_1 və U_2 ilə düz bucaqdan fərqli kəşismə nöqtələri V_1, V_2 ilə göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Розенфельд Б.А. Неевклидовые геометрии. М.Наука 1955
2. Розенфельд Б.А. Неевклидовые пространство. М.Наука 1969, 547 стр
3. Розенфельд Б.А. и Сергеева Стереографическая проекция М.Наука 1973, 48 стр
4. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики М.1969, 328 стр
5. Məmməd Rəcəbov. Qeyri-Evklid Lobaçevski müstəvisi. Naxçıvan Dövlət Universiteti. Elmi əsərlər. Fizika-riyaziyyat və texniki elmlər seriyası. 2021 N4. 113
6. Məmməd Rəcəbov, Heydər Əhmədov. Lobaçevski müstəvisinin proyektiv və konform interpretasiyaları.

ZÜMRÜD SƏFƏROVA
safarovazumrud@ndu.edu.az
Naxçıvan Dövlət Universiteti

İKİTƏRTİBLİ BİR QEYRİ-XƏTTİ HİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN ƏN TEZ TƏSİR MƏSƏLƏSİ

Məsələnin qoyuluşu:

Vəziyyəti: $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u + |u|u + vu = f(x, t), (x, t) \in Q = \Omega \times (0, T), (1)$

tənliyi və

$$u|_S = 0, u|_{t=0} = u_0(x), \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = u_1(x), x \in \Omega (2)$$

sərhəd və başlanğıc şərtlərlə təsvir olunan sistemə baxaq, burada Δ x -ə görə Laplas operatorudur, $\subset R^n$ ($n = 3$ və ya 4) $\partial\Omega$ sərhədi kifayət qədər hamar olan məhdud oblastdır, Q R^{n+1} -də silindrdır, $S = \partial\Omega \times (0, T)$ Q silindrinin yan səthidir, $u_0 \in W_2^1(\Omega), u_1 \in L_2(\Omega), f \in L_2(Q)$ – verilmiş funksiyalardır. $v = v(x, t)$ idarəedicisi funksiyadır. Mümkün idarəedicilər sinfini aşağıdakı kimi çoxluqla təyin edək:

$$V = \{v(x, t): v \in L_4(Q), a \leq v(x, t) \leq b \text{ } Q \text{ – də sanki hər yerdə}\}$$

$a < b, a, b$ – verilmiş ədədlərdir.

Qeyd edək ki, [4, səh. 20-29] işindəki kimi göstərmək olar ki, hər bir $v \in V$ idarəedicisi üçün (1), (2) məsələsinin yeganə $u = u(x, t) = u(x, t; v)$ ümumiləşmiş həlli var, belə ki,

$$\left\{ u \in L_\infty(0, T; W_2^1(\Omega) \cap L_3(\Omega)), \frac{\partial u}{\partial t} \in L_\infty(0, T; L_2(\Omega)) \right\}.$$

Lakin biz $n = 3$ və ya $n = 4$ halına baxdığımızdan [3, səh. 83]-dəki daxilolma teoremindən çıxır ki, $n = 3$ olduqda $W_2^1(\Omega) \subset L_6(\Omega)$ və $n=4$ olduqda $W_2^1(\Omega) \subset L_4(\Omega)$ münasibətləri doğrudur. Ona görə də $W_2^1(\Omega) \cap L_3(\Omega) = W_2^1(\Omega)$ və (1), (2) sərhəd məsələsinin həlli

$$U = \left\{ u = u(x, t): u \in L_\infty(0, T; W_2^1(\Omega)), \frac{\partial u}{\partial t} \in L_\infty(0, T; L_2(\Omega)) \right\}$$

fəzasına daxil olur.

Hər bir qeyd olunmuş $v \in V$ idarəedicisi üçün (1), (2) sərhəd məsələsinin həlli dedikdə U fəzasına daxil olan elə $u = u(x, t) = u(x, t; v)$ funksiyasını başa düşür ki, o, $t = 0$ -da $u_0(x)$ –ə bərabər olsun və ixtiyari $\eta \in U, \eta(x, T) = 0$ funksiyası üçün

$$\int_Q \left[-\frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial u}{\partial x_i} \frac{\partial \eta}{\partial x_i} + |u|u\eta + v\eta \right] dxdt - \int_\Omega u_1(x)\eta(x, 0)dx = \int_Q f\eta dxdt$$

inteqral eyniliyini ödəsin.

[4, səh.20-24] işindəki kimi Faedo–Qalyorkin üsulu ilə isbat etmək olar ki, (1), (2) məsələsinin $u = u(x, t) = u(x, t; v)$ həlli üçün

$$\|u\|_{W_2^1}^0 + \left\| \frac{\partial u}{\partial t} \right\|_{L_2(\Omega)} \leq c \left[\|u_0\|_{W_2^1(\Omega)}^0 + \|u_1\|_{L_2(\Omega)} + \|f\|_{L_2(Q)} \right], t \in [0, T] (3)$$

qiymətləndirməsi doğrudur, burada və sonralar c ilə qiymətləndirilən kəmiyyətlərdən və mümkün idarəedicilərdən asılı olmayan müxtəlif sabitləri işarə edəcəyik.

Aşağıdakı kimi məsələyə baxaq: elə $(v, \tau) \in V \times (0, T)$ cütünü tapmalı ki, o, ən az vaxta (1), (2) sistemini $(u_0(x), u_1(x))$ başlanğıc vəziyyətdən verilmiş K çoxluğuna gətirsin, burada K çoxluğu $W_2^1(\Omega) \times L_2(\Omega)$ –da zəif qapalı çoxluqdur.(4)

Fərz edək ki, elə $(v, \tau) \in V \times (0, T)$ cütü var ki, (1), (2) məsələsinin uyğun $u(x, t; v)$ həlli üçün

$$\left\{ u(x, \tau; v), \frac{\partial u(x, \tau; v)}{\partial t} \right\} \in K (5)$$

şərti ödənilir.

Baxılan məsələdə optimal zaman

$$\tau_0 = \inf(\tau) \quad (6)$$

şərtindən təyin olunur, yəni τ_0 anı (5) şərtini ödəyən τ –ların bütün qiymətlərinin dəqiq aşağı sərhədidir.

Optimal Cütün Varlığı Teoremi

Teorem 1. Tutaq ki, (1), (2) məsələsinin verilənləri üzərinə qoyulmuş yuxarıdakı şərtlər və (4), (5) şərtləri ödənilir. Onda elə $(v_0, \tau_0) \in V \times (0, T)$ cütü var ki, $\left\{u(x, \tau_0; v_0), \frac{\partial u(x, \tau_0; v_0)}{\partial t}\right\} \in K$ və (6) şərti ödənilir.

$J(v, \tau) = \tau(v)$ funksionalının diferensiallığının və optimallığının zəruri şərti

$u = u(x, t; v)$ funksiyası (1), (2) məsələsinin $Q = \Omega \times (0, T)$ silindrində U fəzasında ümumiləşmiş həlli isə, o, $\Omega \times (0, \tau)$ oblastında da bu məsələnin ümumiləşmiş həllidir, burada $\tau \in (0, T)$ ixtiyari qeyd olunmuş zamandır. Onda $t = 0$ -da $u(x, 0; v) = u_0(x)$ şərti və ixtiyari $\eta \in U, \eta(x, t) = 0, t \in [\tau, T]$ üçün

$$\int_0^\tau \int_\Omega \left[-\frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial u}{\partial x_i} \frac{\partial \eta}{\partial x_i} + |u|u\eta + v u \eta - f\eta \right] dxdt - \int_\Omega u_1(x)\eta(x, 0)dx = 0$$

inteqral eyniliyi ödənilir.

Aydındır ki,

$$J(v, \tau) = \int_0^\tau dt + \int_0^\tau \int_\Omega \left[-\frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial u}{\partial x_i} \frac{\partial \eta}{\partial x_i} + |u|u\eta + v u \eta - f\eta \right] dxdt - \int_\Omega u_1(x)\eta(x, 0)dx.$$

Tutaq ki, $v \in V$ idarəedicisinə (1), (2) sisteminin $(u_0(x), u_1(x))$ başlanğıc vəziyyətindən K çoxluğuna $\tau \in [0, T]$ gətirmə anı, $v + \delta v \in V$ idarəedicisinə həmin sistemin $(u_0(x), u_1(x))$ başlanğıc vəziyyətindən K çoxluğuna $\tau + \delta \tau \in [0, T]$ gətirmə anı uyğundur. $\delta u(x, t) = u(x, t; v + \delta v) - u(x, t; v)$ işarə edək. (1), (2) münasibətlərindən çıxır ki, $\delta u(x, t)$ funksiyası

$$\frac{\partial^2 \delta u}{\partial t^2} - \Delta(\delta u) + 2|u + \theta \delta u| \delta u + (v + \delta v)\delta u = -u\delta v, (x, t) \in Q, \quad (7)$$

$$\delta u = 0, (x, t) \in S, \delta u|_{t=0} = 0, \frac{\partial \delta u}{\partial t}|_{t=0} = 0, x \in \Omega \quad (8)$$

sərhəd məsələsinin U fəzasından olan ümumiləşmiş həllidir, burada $0 \leq \theta \leq 1$.

Teorem 2. Tutaq ki, (1), (2), (4), (5) məsələsinin verilənləri üzərinə qoyulmuş yuxarıdakı şərtlər ödənilir. Onda, $(v_*, \tau_*) \in V \times (0, T)$ cütünün ən tez təsir məsələsində optimallığı üçün zəruri şərt ixtiyari $(v, \tau) \in V \times (0, T)$ cütü üçün

$$\int_0^{\tau_*} \int_\Omega u_*(x, t)\psi_*(x, t)(v(x, t) - v_*(x, t))dxdt + \left(1 - \int_\Omega \frac{\partial u_*(x, \tau_*)}{\partial t} \frac{\partial \psi_*(x, \tau_*)}{\partial t} dx\right)(\tau - \tau_*) \geq 0 \quad (9)$$

bərabərsizliyinin ödənməsidir, burada $u_*(x, t)$ və $\psi_*(x, t)$ (1), (2) və

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \Delta \psi + 2|u|\psi + v\psi = 0, (x, t) \in \Omega \times (0, \tau), \quad (10)$$

$$\psi = 0, (x, \tau) \in S, \psi(x, \tau) = 0, x \in \Omega \quad (11)$$

qoşma məsələsinin $(v, \tau) = (v_*, \tau_*)$ üçün trivial olmayan həlləridir.

Qeyd. $J(v, \tau)$ funksionalının qradientinin ifadəsi

$$J'(w) = J'(v, \tau) = \left(u(x, t)\psi(x, t), \left(1 - \int_\Omega \frac{\partial u(x, \tau)}{\partial t} \frac{\partial \psi(x, \tau)}{\partial t} dx\right) \right) \in L_2(Q) \times R \text{ şəklindədir.}$$

ƏDƏBİYYAT

1. Понтягин Л.С., Болтянский В.Г., Гомкрелидзе Р.В., Мищенко Е. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1969, 384 с.
2. Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М.: Наука, 1972, 576
3. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973, 408 с.
4. Лионс Ж.Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. М.: Мир, 1972, 588 с.

CEYHUN ƏLİYEV
jeyhunaliev@ndu.edu.az
Naxçıvan Dövlət Universiteti

LAQRANJ ÇARPANLARI VƏ MƏHDUDLƏR İLƏ DƏYİŞƏNMƏ MƏSƏLƏLƏRİ

MSC(2000): 90C25, 90C46, 49N15.

Laqranj çarpanları metodu qeyri-xətti optimallaşdırma problemləri üçün çox təsirli bir vasitədir və həm bərabərlik məhdud, həm də qeyri-xətti optimallaşdırma problemləri ilə məşğul ola bilər.

Laqranj çarpanları metodunun əsas qaydaları əsasında maneə və daxili nöqtə metodu, cəzalandırma və artırılmış Laqranj metodu kimi bir çox hesablama proqramlaşdırma metodları hazırlanmışdır. Laqranj çarpanları metodu və onun genişləndirilmiş üsulları elmdə, mühəndislikdə, iqtisadiyyatda və gündəlik həyatımızda geniş tətbiq olunur.

Qapalı intervalda dəyişənin qlobal ekstremum funksiyalarını taparkən, biz həmin intervaldakı kritik dəyərləri yoxlamağa başlayırıq və sonra funksiyayı intervalın ekstremal nöqtələrində qiymətləndiririk. İki dəyişənli funksiya ilə işləyərkən qapalı interval qapalı məhdud çoxluqla əvəz olunur. Bu çoxluqdakı bütün nöqtələr sonlu radiuslu bir top (və ya disk) daxilində ola bilsə, çoxluq məhduddur. Əvvəlcə klaster daxilində kritik nöqtələri tapmalı və müvafiq kritik dəyərləri hesablamalıyıq. Bundan sonra çoxluğun sərhədində funksiyanın maksimum və minimum qiymətini tapmaq lazımdır. Bütün bu dəyərlərə sahib olduğumuz zaman ən böyük funksiya dəyəri qlobal maksimuma, ən kiçik funksiya dəyəri isə mütləq minimuma uyğun gəlir. Ancaq əvvəlcə bu cür dəyərlərin mövcud olduğundan əmin olmalıyıq.

Aşağıdakı teorem bunu edir.

1. Təriflər və Ön Alətlər

Teorem1: Deyək ki, $n > m$, eger X_0 f-in yerli son uc nöqtəsidir. $g_1(X) = g_1(X) = \dots = g_m(X) = 0$ və

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_{r_1}} & \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_{r_2}} & \dots & \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_{r_m}} \\ \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_{r_1}} & \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_{r_2}} & \dots & \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_{r_m}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial g_m(X_0)}{\partial x_{r_1}} & \frac{\partial g_m(X_0)}{\partial x_{r_2}} & \dots & \frac{\partial g_m(X_0)}{\partial x_{r_m}} \end{bmatrix} \neq 0$$

En az bir seçim üçün $r_1 < r_2 < \dots < r_m \{1, 2, \dots, n\}$ Sonra $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ sabitləri varki, X_0 kritik nöqtədir.

$$f - \lambda_1 g_1 - \lambda_2 g_2 - \dots - \lambda_m g_m;$$

$$\frac{\partial f(X_0)}{\partial x_i} - \lambda_1 \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_i} - \lambda_2 \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_i} - \dots - \lambda_m \frac{\partial g_m(X_0)}{\partial x_i} = 0, 1 \leq i \leq n.$$

Bu teoremin növbəti tətbiqi Laqranj çarpanları üsuludur. $f - \lambda_1 g_1 - \lambda_2 g_2 - \dots - \lambda_m g_m$; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ müəyyən edilməmiş koordinatlar kimi qəbul edilir.

İi .Tapaq ki, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ (i) bəndində alınan kritik nöqtələr məhdudiyətləri təmin etsin.

iii. Kritik nöqtələrdən hansının f-nin məhdud ekstremal nöqtələri olduğunu müəyyən edin. Bu adətən fiziki və ya intuitiv arqumentlərlə edilə bilər.

Əgər a və b_1, b_2, \dots, b_m sıfırdan fərqli sabitlədirsə və c orbital sabitdirsə, onda f-nin $g_1 = g_2 = \dots = g_m = 0$ tabeliyində olan yerli ekstremal nöqtələri a f-c subyektinin yerli ekstremal nöqtələri ilə

eynidir. $b_1g_1 = b_2g_2 = \dots = b_mg_m = 0$. Buna görə də, $f - \lambda_1g_1 - \lambda_2g_2 - \dots - \lambda_mg_m$ biz a ilə əvəz edə bilərik.

$f - \lambda_1b_1g_1 - \lambda_2b_2g_2 - \dots - \lambda_mb_mg_m - c$ hesablamaları sadələşdirmək üçün son formanı L (Laqranjian) ilə işarə edəcəyik.

2. Extrema bir məhdudiyətə tabedir.

Burada belə teorem var: $m = 1$.

Teorem 2. Tutaq ki, $n > 1$ əgər X_0 f mövzusunun yerli ekstremal nöqtəsidirsə $g(X) = 0$ və $g_{x_r}(X_0) \neq 0$ bəzi $r \in \{1, 2, \dots, n\}$ üçün λ sabiti var ki, $f_{x_i}(X_0) - \lambda g_{x_i}(X_0) = 0, 1 \leq i \leq n$ beləliklə, X_0 kritik nöqtəsi $f - \lambda g$.

3. Kvadrat formaların məhdud ekstremumları.

Bu bölmədə yazmaq olar ki, $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$ kvadrat matrisin xüsusi dəyəri $A = [a_{ij}]_{ij=1}^n$ λ ədədi elədir

ki, sistem və ya $AX = \lambda X$, və ya ekvivalent olaraq $(A - \lambda I)X = 0$ $X \neq 0$ həlli var. Belə həll A -nın xüsusi vektoru adlanır. Siz yəqin ki, xətti cəbrdən bilirsiniz ki, λ A -nın xüsusi dəyəridir, o halda ki, $\det(A - \lambda I) = 0$.

Bundan sonra A -nın simmetrik olduğunu qəbul edirik ($a_{ij} = a_{ji}, 1 \leq i, j \leq n$).

Bu halda $\det(A - \lambda I) = (-1)^n(\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2) \dots (\lambda - \lambda_n)$ burada $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ həqiqi ədədlərdir. Funksiya $Q(X) = \sum_{ij=1}^n a_{ij}x_i x_j$ kvadrat formasıdır. Onun $\sum_{i=1}^n x_i^2 = 1$ -ə tabe olan maksimum və ya minimumunu tapmaq üçün biz Laqranj, $L = Q(X) - \lambda \sum_{i=1}^n x_i^2$ formasını yaradıırıq. $L = Q(X) - \lambda \sum_{i=1}^n x_i^2$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_{j0} = \lambda x_{i0}, 1 \leq i \leq n,$$

Buna görə də, X_0 Q -nün tabe olduğu məhdud kritik nöqtəsidir $\sum_{i=1}^n x_i^2 = 1$.

Yalnız və yalnız $AX_0 = \lambda X_0$ bəzi λ üçün; yəni yalnız və yalnız λ ekvivalentidir və X_0 A -nın əlaqəli vahid xüsusi vektorudur.

Əgər $AX_0 = X_0$ və $\sum_{i=1}^n x_{i0}^2 = 1$,

Onda

$$Q(X_0) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}x_{j0} \right) x_{i0} = \sum_{i=1}^n (\lambda x_{i0})x_{i0} = \lambda \sum_{i=1}^n x_{i0}^2 = \lambda;$$

Buna görə də, A -nın ən böyük və ən kiçik xüsusi qiymətləri Q -nın $\sum_{i=1}^n x_i^2 = 1$.

4. Ekstrema iki məhdudiyətə tabedir.

Burada teorem 1 $m=2$ -dir.

Teorem 3. Tutaq ki, $n > 2$ -dir. Əgər X_0 f -nin yerli ifrat nöqtəsidirsə, $g_1(X) = g_2(X) = 0$ və

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_r} & \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_s} \\ \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_r} & \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_s} \end{vmatrix} \neq 0$$

bəzi r və s üçün $\{1, 2, \dots, n\}$ -də λ və μ sabitləri var ki,

$$\frac{\partial f(X_0)}{\partial x_i} - \lambda \frac{\partial g_1(X_0)}{\partial x_i} - \mu \frac{\partial g_2(X_0)}{\partial x_i} = 0$$

$$1 \leq i \leq n,$$

ƏDƏBİYYAT

1. Akhiezer, N.I., Dəyişikliklərin Hesabı, A.H.Frink tərəfindən tərcümə edilmiş, Blaisdell Publishing Co., New York (1962).
2. Bliss, G.A., Variasiyaların Hesablanması, Açıq Məhkəmə Nəşriyyatı, Çikaqo (1925).
3. Bliss, G.A., Hesablama üzrə mühazirələr 0/ Variasiyalar, Chicago Press Universiteti, Çikaqo (1946).
4. Bolza, O., Hesablama haqqında mühazirələr 0/ Variasiyalar, G. E. Stechert və Ko., Nyu-York (1931) tərəfindən yenidən nəşr edilmişdir.
5. Forsyth, A. R., Calculus of Variations, Dover Publications, Inc., New York tərəfindən yenidən nəşr edilmişdir (1960).
6. D.P.Bertsekas, Məhdud Optimallaşdırma və Lagrange Multiplikator Metodları (Academic Press, 1982), 1st ed.

CƏMALƏ BAĞIROVA
cemalebagirova@ndu.edu.az
Naxçıvan Dövlət Universiteti

MÜHƏNDİS MƏSƏLƏLƏRİNDƏ QARŞIYA ÇIXAN MÜƏYYƏN İNTEQRALIN TƏQRİBİ HESABLANMASI ÜSULLARI

Ali riyaziyyatdan məlum olduğu kimi, inteqral həndəsi olaraq $f(x)$ funksiyası ilə absis oxu arasında qalan sahəni təyin edir.

Başqa sözlə desək, sahəni $x \in [a; b]$ intervalında eni h olan düzbucaqlılar ilə n -hissəyə bölsək aşağıdakı cəmi almış olarıq:

$$S \approx h(y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1})$$

Bu cəm Darbu cəmi adlanır. h enin sifira yaxınlaşdığı halda sahənin yaxınlaşdığı hədd inteqral adlanır.

$$F(x) = \lim_{h \rightarrow 0} S = \int_a^b f(x) dx$$

İnteqrallama nəticəsində alınmış funksiyanın diferensialı $dF(x) = f(x)dx$ və ya $df(x) = F(x)dx$ olur. Yəni inteqral ilə törəmə (diferensial) bir-birini qarşılıqlı ləğv edirlər. Müəyyən inteqralı açıqdan sonra onun qiyməti Leybnis qaydasına əsasən aşağıdakı kimi tapılır:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$$

Mühəndis məsələlərində müəyyən və qeyri-müəyyən inteqralı analitik olaraq hesablamaq çətinlik yaratdığından **Matlab** sistemindən istifadə olunur.

Matlab riyazi proqram paketi olub keçən əsrin 70-ci illərində S.B.Moller tərəfindən yaradılmışdır. Bu paket əsasən böyük elektron hesablama maşınlarında tətbiq edilirdi. 80-ci illərdə Math Works Inc. firmasının əməkdaşı Jon Little paketin IBM, VCX, Macintosh və Sun tipli fərdi kompüterlərdə və işçi stansiyalarda tətbiq edilməsinə nail oldu. **Matlab** vasitəsilə həll olunan problemlər spektri çox genişdir. Belə ki, paket siqnal və təsvirlərin işlənməsi, riyazi fizika, optimallaşdırma məsələlərinin, statistik verilənlərin analizi, neyron şəbəkələri, qeyri-səlis məntiq, elektrotexniki və radiotexniki hesablamaların və s. məsələlərin həllində əvəzsiz vasitədir.

Matlab müasir ədədi və analitik üsulların həll alqoritmlərini reallaşdıran universal bir sistemdir. Bunun nəticəsində, məsələlər yüksək dəqiqliklə və operativ həll olunur.

Biz burada Matlab sisteminin köməyi ilə müəyyən inteqralın təqribi hesablanma üsullarına baxacağıq.

Matlab sistemi inteqralaltı ifadə analitik ifadə şəklində verildikdə qeyri-müəyyən və müəyyən inteqralları təqribi hesablama üsullarının köməyi ilə hesablamağa imkan verir. Müxtəlif ədədi inteqrallama üsulları mövcuddur. Bütün bu üsullarda hesablamalar **kvadratura** adlanan təqribi formulaların köməyi ilə aparılır.

Müəyyən inteqralın hesablanması üçün quad ('fun',a,b,e,n) və quad 8 ('fun', a, b, e, n) funksiyalarından istifadə olunur. Burada a, b inteqralın sərhədlərini, e hesablamanın dəqiqliyini, n isə bölgü nöqtələrinin sayını bildirir. Funksiyalar inteqralı müvafiq olaraq Simpson və Nyuton-Kotteks düsturu ilə hesablayır. Ümumiyyətlə, e və n parametrləri buraxıla bilər. Bu zaman paket avtomatik olaraq $e = 10^{-3}$, $n = 10$ qəbul edir.

Biz müəyyən inteqralların hesablanması üçün Matlab sistemində üç üsula baxacağıq.

- Düzbucaqlılar üsulu
- Trapesiyalar üsulu
- Simpson (parabolalar) üsulu

Düzbucaqlılar üsulu: Bu halda toplanan cəmlər düzbucaqlılardan ibarət olur. Bir $(k-c_1)$ düzbucaqlının sahəsi $Sk = hy_k$ olduğundan, bütöv sahə üçün aşağıdakı cəmi yazmaq olar:

$$\int_a^b f(x)dx \approx h(y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1}) = h \sum_{k=0}^{n-1} y_k$$

Trapeziyalar üsulu: Bu halda toplanan cəmlər trapeziyalardan ibarətdir. Trapeziyanın sahəsi oturaçaqlarının cəmi ilə $(y_k + y_{k+1})$ hündürlüyü (h) hasilinin yarısına bərabər olduğundan,

$$\int_a^b f(x)dx \approx h \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) = h \left(\frac{y_0}{2} + \sum_{k=0}^{n-1} y_k + \frac{y_n}{2} \right)$$

Matlab mühitində trapeziyalar üsulu bir neçə funksiylarla reallaşdırılmışdır. Bunlardan ən əlverişli olanlarından biri də bizim baxacağımız **trapz(x,y)** funksiyaşdır. **trapz(x,y)** $y(x)$ funksiyaşının inteqralını trapeziya üsulu ilə hesablayır. Burada arqument və funksiya vektorlar şəklində və ya arqument vektor şəklində, funksiya isə matris şəklində verilir.

Misal: Analitik şəklində $y(x) = xe^x + \ln x + 1$ inteqralaltı funksiyaşı verilmişdir. 0,1 addımı ilə $\int_1^8 y(x)dx$ inteqralını Matlab sistemində hesablayaq.

Həlli:

```
>> format bank
>> x=1: 0.1: 8;
>> y=x.*exp(x)+log(x)+1;
>> inteqral=trapz(x,y)
>> inteqral
inteqral =
20905.69
```

Simpson (parabolalar) üsulu: Bu halda kvadratur düsturu aşağıdakı şəklindədir.

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3} [y_0 + 2(y_2 + y_4 + y_6 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + y_3 + y_5 + \dots + y_{n-1}) + y_n]$$

Bu düsturlarda:

- H-inteqrallama addımı;
- y_k -inteqralaltı funksiyaşının $x_k (k = 0, 1, 2, \dots, n)$ arqumentində qiyməti;
- $n = \frac{b-a}{h} - [a, b]$ inteqrallama parçasının bölündüyü bölgü nöqtələrinin sayıdır.

MatLAB mühitində Simpson üsulu aşağıdakı bir neçə funksiylarla reallaşdırılmışdır.

```
quad ('fun', a, b)
quad ('fun', a, b, tol)
quad ('fun', a, b, tol, trace)
```

Bu funksiylalarda aşağıdakı işarələr qəbul edilmişdir:

- '*fun*'-tək dırnaqlar arasında yazılmış inteqralaltı funksiya;
- a, b -inteqrallama sərhədləri;
- tol -istifadəçi tərəfindən verilən nisbi xəta, susmaya görə $tol=1.e-3$;
- $trace$ -sıfırdan fərqli ədədlərdir, bu ədədə verildikdə sistem hesablama prosesinin gedişatını göstərir.

quad ('fun', a, b) funksiyaşı 10^{-3} -dən böyük olmayan dəqiqliklə $\int_a^b f(x)dx$ müəyyən inteqralını hesablayır. İnteqralaltı $f(x)$ funksiyaşı MatLAB sistemində funksiyların yazılışı qaydalarını gözləməklə analitik şəklində təsvir olunur.

Misal: Tutaq ki, inteqralaltı funksiya $f(x) = e^x + x^2 + \sin x - 5$ şəklindədir. $\int_1^5 f(x)dx$ inteqralını hesablayaq.

Həlli:

```
>> y=' exp(x) +x.^2+2*sin(x) -5';
>> inteqral=quad(y,1,5)
□□Enter □□klavişini basdıqdan sonra aşağıdakı cavab alırıq:
```

integral=

167.5415

Funksiya bir sətirdə də təsvir edilə bilər:

>> **integral=quad (' exp (x) + x.^2+2*sin(x)-5',1,5)**

□□**Enter** □□klavişini basdıqdan sonra eyni cavab alırıq:

quad ('fun',a,b, tol) funksiyasında tol parametri arzu olunan xətdir və le-n şəklində təsvir olunur.

Susmaya görə tol=1.e-3.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov H.Ə., Rüstəmov Q.Ə., Rüstəmov R.Q. “Mühəndis Riyaziyyatı” (Matlab /Simulinkdə modelləşdirmə), Ali texniki məktəblər üçün dərslik, Bakı-2015.
2. Qurbanov İsabala Əli oğlu, Qurbanov Azad İsa oğlu. “Riyazi proqram paketləri (Dərs vəsaiti), Bakı, 2005
3. Səlimov Vaqif Həsən oğlu “Kompüter mühəndisliyinə və hesablamasına giriş” fənnindən mühazirələr konspekti, Bakı-2009

MƏSUD QƏHRƏMANOV
mesudqehremanov@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

MƏKTƏBDƏ HESAB MATERIALININ TƏLİMİNDƏ ŞAĞIRD TƏFƏKKÜRÜNÜN FƏALLAŞDIRILMASI YOLLARI

Riyaziyyat təlimi özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir. Bu da riyaziyyatın spesifikasiyasından irəli gəlir. Pedaqogika elmi müxtəlif didaktik prinsiplər irəli sürmüşdür. Bunlardan biri də tədris prosesinin fəallaşdırılması prinsipidir. Riyaziyyat təlimi prosesində şagirdlərin təfəkkürünün fəallaşdırılması-bilikləri mənimsəmə keyfiyyətini təmin edən ən vacib amildir. Çünki riyaziyyat təlimi prosesində görmə və eşitmə - təfəkkürü oyadan, fəallaşdırın vasitələrdir. Bu analizatorlar vasitəsilə əldə edilən informasiyalar-riyazi həqiqətləri dərk etmək üçün təfəkkür prosesini sürətləndirir.

İbtidai siniflərin integrativ riyaziyyat kursu əsas etibarilə hesab materialından ibarətdir. Bu siniflərdə ədədlər nəzəriyyəsi elementləri əsasən intuitiv səviyyədə mənimsədilir. Məktəbdə hesab materialına aid nəzəri biliklər, əsasən, induktiv yolla, məsələ və misallar həlli vasitəsilə verilir. Məsələn, ədədlərin bölünmə qabiliyyətinə aid biliklər, əsasən, əyani-induktiv, ümumiləşdirmə yolu ilə, xüsusi seçilmiş misallar həlli vasitəsilə verilir. Məsələ və ya misal həlli nəticəsində alınan hər hansı bir təklif ədədlər nəzəriyyəsinin məlum təklifini ifadə edir.

Ədədlər nəzəriyyəsi elementlərinə aid məsələlər, əsasən, standart olmayan məsələlər olub, şagirdlərin ümumi riyazi hazırlığına əsasən həll edilir. Belə məsələlərin həlli prosesində şagirdin müstəqil və məntiqi təfəkkürü formalaşır və inkişaf edir.

V-VI siniflərin riyaziyyat proqramı məzmununa daxil olan ədədlər nəzəriyyəsi elementləri: qalıqlı bölmə, bölmə nəticəsində alınan qalığa əsasən natural ədədlərin təsnifi, bölənlərinin sayına görə natural ədədlərin təsnifi, bölünmə əlamətləri, ədədlərin ən böyük ortaq böləni və ən kiçik ortaq bölünəni, əsasən, məsələ həlli və rəşional ədədlər üzərində əməllərin yerinə yetirilməsi üçün nəzərdə tutulsa da, bu elementlər ilk növbədə şagirdlərin riyazi hazırlığını təmin etməyə xidmət edir.

Məktəbdə riyaziyyat təlimi özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir. Bu da riyaziyyatın spesifikasiyasından irəli gəlir. Pedaqogika elmi müxtəlif didaktik prinsiplər irəli sürmüşdür. Bunlardan biri də tədris prosesinin fəallaşdırılması prinsipidir. Riyaziyyat təlimi prosesində şagirdlərin təfəkkürünün fəallaşdırılması- bilikləri mənimsəmə keyfiyyətini təmin edən ən vacib amildir. Çünki riyaziyyat təlimi prosesində görmə və eşitmə - təfəkkürü oyadan, fəallaşdırın vasitələrdir. Bu analizatorlar vasitəsilə əldə edilən informasiyalar-riyazi həqiqətləri dərk etmək üçün təfəkkür prosesini sürətləndirir. Aristotelin dediyi kimi, təfəkkür bir proses kimi heyrətdən, təəccübdən, müəmmarı aşkar etməyə cəhd etməkdən başlayır. Təfəkkür prosesini fəallaşdırmaq üçün şagirdə elə sual, izah və göstərişlər verilməlidir ki, müstəqil düşünmə, təhlil etmə, nəticə çıxarma kimi fəaliyyət növləri yaransın. K.K.Mixaylova belə göstərişləri iki qrupa ayırır:

1. Ümumi xarakterli göstərişlər, yəni riyaziyyatın müxtəlif bölmələrinə tətbiq etmək mümkündür.

2. Xüsusi göstərişlər, ayrı-ayrı mövzulara və ya müəyyən bir fənnə tətbiq edilə bilər.

Bu göstərişlər riyaziyyat dərslərində sistematik xarakter daşımaqla, müəllim tərəfindən hazırlanır və tədris bu işə şagirdlər də cəlb edilir. Riyazi materialın mənimsənilməsi üçün qayda, göstəriş və ya alqoritmin verilməsi şagirdlərin riyazi təfəkkürünü formalaşdırmaqda və inkişaf etdirməkdə mühüm rol oynayır. Fransız riyaziyyatçısı Rene Dekartın (1596-1650) verdiyi qaydalar əsasında riyazi həqiqətləri aşkar etmək və ya isbat etmək mümkün olurdu. Blez Paskal (1623-1662) elə qaydalar irəli sürmüşdür ki, onlar vasitəsilə anlayışlara tərif vermək, teoremləri isbat etmək mümkün olurdu. Belə qayda və ya göstərişləri riyazi tədqiqatlarda istiqamətləndirici elementlər adlandırırırlar. D.Poyanın “Kak rəşatğ zadaçu” kitabında məsələ həlli prosesində müstəqil təfəkkürün yaranması üçün səmərəli və konkret qayda və göstərişlər verilmişdir. Şagird hər hansı standart olmayan məsələni müstəqil həll etməyi bacarırsa, deməli, onun riyazi yaradıcılığı inkişaf edir. Bu,

həm də yaradıcı fəallığının güclənməsinə kömək edir. Bu cəhətdən V-VI siniflərin riyaziyyat kursu üzrə nəzəri hesaba aid kifayət qədər elementar məsələlər həll etmək olar. Belə məsələlərin həlli natural ədədlərin müxtəlif xassələrinə, əməl xassələrinə, komponentlərlə əməl nəticəsi arasındakı asılılıqlara əsaslanır. Cəbrə və ya həndəsəyə aid məsələlərdə müəyyən həll alqoritmi mövcud olur. Nəzəri hesaba aid məsələlərdə həll alqoritmi aşkar görünür. Burada mühakimə, təhlil və ədədlərin məlum xassələrindən istifadə etmək lazımdır.

Şagirdlərin məsələ həlli prosesində yaradıcı fəaliyyətinə nail olmaq üçün müəllim məsələlərin seçilməsi meyarlarına riayət etməlidir:

1. Məsələ şagirdin gücünə müvafiq olmalıdır.
2. Məsələdə yaradıcı elementlərin tətbiqinə yer olmalıdır.
3. Məsələ proqrama uyğun olmalıdır.
4. Məsələnin həlli nəticəsində müəyyən bir riyazi təklifin ifadəsi alınmalıdır.
5. Sonradan həll edilən hər bir məsələ əvvəlkindən müəyyən bir yeni elementi ilə və ya həll

üsulu ilə

fərqlənməlidir.

6. Məsələ həllinə verilən göstəriş onun həlli prosesini tamam aşkarlamamalıdır. Şagirdin idrak fəaliyyətinə müəyyən yer qoymaq lazımdır.

Nəzəri materialın şərhində müəllim elə ümumiləşdirmələr və qaydalara yer verməlidir ki, onlar məsələ həllində öz tətbiqlərini tapsın. Məsələlər həllində əsas iş məsələnin təhlil edilməsi, onun sadə məsələlərə ayrılması və tam sadə məsələnin müəyyən edilməsindən ibarətdir.

Şagirdlərin yaradıcı riyazi fəaliyyətini gücləndirmək üçün yuxarıda qeyd etdiyimiz göstərişlərin iki növünü (ümumi və xüsusi) qeyd etdik. Həmin göstərişlərin məzmununu aşağıdakı kimi konkretləşdirmək olar:

1. Ayrı-ayrı məsələlərin, problemin, praktik işlərin həllinə dair metodlar və üsullar.
2. Müəyyən məsələlər və ya problemlər sinfinin həllinə dair metodlar və üsullar.
3. Nəzəri biliyin tətbiqinə dair tətbiq olunan idrak fəaliyyəti metodları və üsulları.
4. İdrak fəaliyyətinin ümumelmi metodları və priyomları.

Müasir dövrdə elektron texnikası insanın bütün fəaliyyət sahələrində, o cümlədən, intellektual sahədə tətbiqləri nəinki elmi, yaradıcılıq imkanlarını azaldır, əksinə, əqli fəaliyyətin yüksək forması olan nəzəri biliklərin, yaradıcı fəaliyyətin rolu artır. Deməli, müasir ümumtəhsil məktəblərində riyaziyyat təliminin məqsədləri-şagirdlərə əsaslı və möhkəm biliklər vermək və müvafiq bacarıq və vərdişlərini inkişaf etdirməkdən ibarətdir.

Psixoloqlar və didaktlar şagirdlərin təlim prosesində, həm də inkişafının təmin edilməsi ideyasının reallaşdırılması yollarını müəyyənləşdirirlər. İnkişafetdirici təlim-müasir məktəbdə əsas prinsipə çevrilmişdir. “Lakin hər bir təlim inkişafı təmin edə bilməz. Təlim uşağın inkişaf etmiş psixi fəaliyyət formasına istiqamətlənmişdirsə, o, inkişafetdirici funksiyaya malik ola bilməz”.

İbtidai siniflərdə riyaziyyat təlimi əsasən əyani-induktiv-konkret əsasında aparılırsa, V-VI siniflərdə obrazlı-məntiqi xarakter almaqla, ümumiləşdirmə və mücərrədləşdirmə elementləri güclənir. Nəzərdən keçirilən anlayışların mühüm daxili əlamətləri, münasibətləri daha çox diqqət mərkəzində olur. I-IV siniflərdə natural ədədlər praktik funksiyaların icrasında tətbiq olunursa, V-VI siniflərdə onların mühüm xassələri, praktik tətbiqə malik olan bir sıra nəzəri məsələləri nəzərdən keçirilir. Natural ədədlərin aşkar görünməyən bir sıra xassələrini şagirdlər məsələlər həlli prosesində, məntiqi və əyləncəli çalışmalar vasitəsilə aşkar edə bilir.

V-VI siniflərdə hesab materialının tədrisi şagirdlərin intellektual və emosional inkişafını təmin etmək üçün o, inkişafetdirici təlimin ümumi prinsiplərinə cavab verməlidir:

1. Təlim prosesində nəzəri biliklər aparıcı mövqedə olmalıdır. Yalnız belə olduqda şagirdin idrak fəallığı ön plana gətirilir və nəticədə zəruri olan bacarıq və vərdişlər əldə edilir.

2. Riyaziyyat təlimi kifayət qədər yüksək nəzəri səviyyədə aparılmaqla, biliklərin elmi-praktik cəhətdən mənimsənilməsinə təmin etməlidir.

3. Təlim prosesində problem xarakterli məsələlərin sayını artırmaq, yeknəsək çalışmaların sayını azaltmaq lazımdır. Hər dərstdə yeni anlayışların, həll metodlarının, alqoritmlərin öyrənilməsinə

nail olmaq lazımdır.

4. Tədris materialının intensivliyini və sürətini artırmaq üçün diferensiasiyalı, interaktiv, evristik təlim metodlarından istifadə olunmalıdır.

İndi V-VI siniflərin riyaziyyat kursunun bəzi didaktik xüsusiyyətlərini qeyd edək.

V-VI siniflərin riyaziyyat kursuna verilən didaktik tələblərdən biri müxtəlif riyazi anlayışların ümumi riyazi və metodik ideyalar əsasında birləşdirməkdən ibarətdir. Çünki V-VI siniflərin riyaziyyat kursu integrativ kursdur. Müxtəlif riyazi fənlərə aid anlayışlar vahid metodiki ideyalar əsasında tədris edilir. Riyazi faktları onların mənsub olduğu nəzəri məsələlərlə əlaqələndirdikdə, dərkedilmə prosesi də sadələşir.

V-VI siniflərin riyaziyyat kursunda aşağıdakı ideyalar vardır:

1) nəzəri çoxluq; 2) məntiqi; 3) hesablama; 4) funksional asılılıq; 5) ümumiləşdirmə-cəbri.

Biz hesab edirik ki, məntiqi və funksional asılılıq ideyaları aparıcı rol oynayır. Ədəd, ədədlərin müqayisəsi, hesab əməlləri, xassələri, tənliklər, bərabərsizliklər, həndəsə fiqurları, onların xassələri, müxtəlif təbiətli anlayışlar olduğundan tədris fənnini tərtib edərkən, vahid metodiki yanaşma birləşdirici vasitə rolunu oynayır. Bu məqsədlə tətbiq olunan metodiki yanaşmalara:

- 1) anlayışların şərhində əyanilikdən istifadə,
- 2) tədris məsələlərindən istifadə,
- 3) hesab əməllərinin icrasında vahid əsasdan istifadə,
- 4) tənliklər həlli və ifadələrin eyni çevrilməsi aid edilə bilər.

Bununla əlaqədar, kursun əsas anlayışlarının şərhində nəzəri və metodiki yanaşmaları nəzərdən keçirək.

Ədəd anlayışı öyrənilərkən hər bir ədədi çoxluğun məzmununun açılmasında vahid sxemdən istifadə olunur: əvvəlcə yeni ədədlər öyrədilir, sonra onların müqayisəsi və əvvəllər məlum olan ədədlərlə əlaqələndirilir.

Natural ədədlərin yaranması və onların təyinatı riyazi təmayüllü siniflərdə vermək lazımdır.

Kəsr ədəd anlayışının verilməsində məqsəd: iki natural ədəddən böyüyünü kiçiyinə bölmənin həmişə mümkünlüyü, kəmiyyəti ölçərkən onun bir və ya bir neçə hissəsinin ifadə edilməsi mümkünlüyünü göstərməkdən ibarətdir.

Mənfi ədəd anlayışını verməkdə məqsəd-ədəd düz xətti üzərində hesablama başlanğıcından hər iki istiqamətdə şkala bölgülərinin ədədlərlə qeyd olunmasını təmin etmək, rəasional ədədlər çoxluğunda çıxma əməlinin həmişə mümkünlüyünü göstərməkdən ibarətdir. Mənfi ədəd anlayışı - istiqamətlə bağlı olduğundan, bu ideya gələcəkdə (hətta VIII sinifdə) vektor anlayışının daxil edilməsində mühüm rol oynayır.

Onluq kəsrlər üzərində hesab əməlləri natural ədədlər üzərində əməllərə gətirilir. Köməkçi vasitə kimi-adlı ədədlərdən istifadə edilir.

Müsbət və mənfi ədədlərin toplanmasında ədəd düz xətti üzərində parçaların toplanması ilə müşayiət olunur.

Məxrəcləri bərabər olan adi kəsrlərin toplanması analoji qaydada natural ədədlərin toplanmasına gətirilir.

Cəmin və hasilin xassələri bütün ədədi çoxluqlarda nəzərdən keçirilir.

V-VI siniflərdə tənlik, bərabərsizlik və funksional asılılıq propedevtikasının tədrisi-şagirdlərin müasir riyaziyyatın elementləri və dili ilə tanış edilməsi məqsədini daşıyır.

V-VI siniflərin riyaziyyat kursunda tədris materialının bir hissəsi də həndəsə materialıdır.

Həndəsə elementlərinin tədrisi - şagirdlərin fəza təsəvvürlərini inkişaf etdirməklə, riyaziyyatın həyatla əlaqəsini və miqdar münasibətləri ilə əlaqəsinin təmin edilməsindən ibarətdir.

V-VI siniflərin riyaziyyat kursu məzmununu sistemləşdirən metodiki priyomları nəzərdən keçirək.

V-VI siniflərin riyaziyyat kursu tədrisində tətbiq olunan vahid metodik priyomlardan əsaslarını göstərək.

1. Funksional asılılıq propedevtikası - ədəd anlayışının genişləndirilməsində, əməllərin illüstrasiyasında ədəd oxu və koordinat düz xəttindən istifadə etməyə imkan verir.

2. Hesab əməlləri xassələrindən sistematik istifadə olunması tənliklərin həllində, ifadələrin eyni çevrilməsində tətbiq olunan alqoritmlərin əsaslandırılmasına imkan verir.

3. Dəyişən və birqiymətli uyğunluq anlayışlarının daxil edilməsi cədvəl, qrafik, düstur və sxemlərdən geniş istifadə edilməsi imkanlarını yaradır.

4. Ədəd anlayışının genişləndirilməsi ədədi çoxluqlarla nöqtələr çoxluqları arasında qarşılıqlı birqiymətli uyğunluq ideyasını konkret əsaslarla göstərməyə imkan verir.

5. Dəyişən, tənlik və bərabərsizlik anlayışının daxil edilməsi ilə əlaqədar hesab materialının nəzəri səviyyəsinin yüksəldilməsi və ümumiləşdirmə səviyyəsinin yüksəldilməsinə imkan verir.

Şüa (koordinat düz xətti) ədəd anlayışının genişləndirilməsində vahid parça ölçü vahidi kimi tətbiq olunur. Kəsr anlayışının daxil edilməsi zamanı ölçü vahidi verilmiş parçada tam ədəd yerləşmir. Modul (mütləq qiymət) anlayışının daxil edilməsində də həmin priyomdan istifadə olunur: hesablama başlanğıcından müəyyən nöqtəyə qədər olan məsafə, istiqamətindən asılı olmayaraq götürülür.

Tam ədədlər və kəsr ədədlərin toplanması və çıxılması, koordinatlar metodunun əsaslarını da məhz koordinat düz xəttindən istifadə olunur.

Ədəd anlayışının inkişafı, yeni ədəd anlayışının daxil edilməsinə dair işin sistemi-koordinat düz xətti üzərində illüstrasiyalarla bilavasitə bağlı olur.

İkinci mühüm metodiki priyom çoxrəqəmli ədədlər üzərində hesab əməlləri, ədədi ifadələr, dəyişəni olan ifadələrin eyni çevrilməsi, alqoritmlərinin mahiyyətini açıqlamaqdan ibarətdir.

V-VI siniflərdə hesab materialının nəzəri xüsusiyyəti elədir ki, şagirdləri düşünməyə, hesablama, təhlil etməyə sövq edir. Hesab materialının nəzəri məlumatı-onların tətbiq edilməsi alqoritmi ilə eyni zamanda öyrənilməlidir.

Hesab əməlləri xassələri əvvəlcə konkret misallar üzərində yoxlanılır. Mövqeli say sisteminin öyrənilməsi ilə əlaqədar əməllərin alqoritmləri əməllərin xassələri əsasında dərk edilir. Bundan sonra əməllərin alqoritmlərinin mahiyyəti açıqlanır.

Beləliklə, hesab əməlləri xassələrinin formatlaşdırılmasının üç mərhələsi şagirdlərə imkan verir ki, şifahi və yazılı hesablamaları səmərəli etməyi bacarsınlar. Biz bu yazıda V-VI siniflərdə riyaziyyat təlimi xüsusiyyətləri və tətbiq edilən metodik yanaşmaları müxtəsər şəkildə nəzərdən keçirdik.

ƏDƏBİYYAT

1. M.C.Mərdanov və b. “Riyaziyyat-6”, Bakı, “Çaşıoğlu”, 2003, 334 s.
2. M.H.Yaqubov və b. “Riyaziyyat-5”, Bakı, “Çaşıoğlu”, 2006, 272 s.
3. В.А.Гусев и др. Внеклассная работа по математике в 6-8 классах М., “Просв”, 1977, 288 с.
4. Л.В.Кузнецова и др. Об учебниках по математике V-VI классов «МШ» (ж), М.,2002, №5, с.11-17
5. Истомина Н.Б. “Математика-5”, М., 2001, 280 с.

ZƏFƏR ABBASOV
dumanli.zefer@mail.ru
Gəncə Dövlət Universiteti

İKİNCİ TƏRTİB XÜSUSİ TÖRƏMƏLİ XƏTTİ DİFERENSİAL TƏNLİKLƏRİN HƏNDƏSİ TƏSVİRİ

Tətbiq sahəsinə görə ən çox istifadə olunan diferensial tənliklər sinifinə ikinci tərtib xüsusi törəməli diferensial tənliklər aiddir. Çünki mexanikanın və fizikanın əksər məsələlərin həlli məhz belə tənliklərə gətirilir [Tixonov-2004,(50-52), Abbasov-2018,(54-56), Kolesnikova-2015,(24-25), Şankov-2017, (20-22)].

Məlumdur ki, n ölçülü R^n fəzasının hər hansı bir D oblastında təyin edilmiş ikinci tərtib xüsusi törəməli diferensial tənliklər ümumi şəkildə aşağıdakı kimi yazılır [Abbasov-2018, (13-15), Abbasov-2015, (24-26)].

$$L[u] \equiv f(x), \text{ burada } L[u] \equiv \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}(x) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=1}^n b_i(x) \frac{\partial u}{\partial x_i} + c(x)u,$$

$$a_{ij} = a_{ji}, \quad x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad n \geq 2, \quad u(x) \in C^n(D)$$

Əgər a_{ij} əmsalları sabitdirsə, tənlik D oblastının bütün nöqtələrində yalnız bir tipə aid olur.

Verilmiş tənlik baxılan D oblastının hər bir nöqtəsində hiperbolik tiplidirsə dalğa hadisələrini, parabolik tiplidirsə istilikkeçirmə və ya diffuziya proseslərini, elliptik tiplidirsə stasionar (zamandan asılı olmayan) prosesləri ifadə edir.

Klassik riyazi fizika məsələləri hələ XVII əsrin sonu Nyutonun zamanında başlamış və hal-hazırkı dövrə qədər özünün çox böyük inkişaf mərhələsini keçmişdir. Bu istiqamətdəki əsas tədqiqatlar J.Dalamer, L.Eyler, P.Laplas, J.Furye, S.Puasson, A.Lyapunov, B.Riman, D.Hilbert, J.Adamar, O.Koşi, V.A.Steklov, A.N.Tixonov, Ş.L.Sobolev və s. alimlərin adları ilə bağlıdır [Abbasov-2018, (10-11)].

İkinci tərtib xüsusi törəməli diferensial tənliklərin tətbiq olunduğu fiziki proseslərin riyazi təsvirini verərkən əsas məqsədlərdən biri də bu tənliklərin birqiymətli həllin təyin olunmasını təmin etməkdir. Bu məqsədlə daima əlavə şərtlərdən istifadə olunur. Belə şərtlər əsasən Koşi şərtləri və sərhəd şərtləridir.

Digər bir məsələ, ikinci tərtib xüsusi törəməli diferensial tənliyin baxılan oblastda Koşi şərtlərini ödəyən, xarakteristikalardan asılı birqiymətli həllinin bu oblastın daxilindəki xətlərdə hüdudlanmış fiqurun daxilində olmasını müəyyən etməkdir. Bu baxımdan aşağıdakı məsələlər üzərində belə həndəsi təsvirləri müəyyənləşdirək [Abbasov-2018, (50-56)].

Məsələ 1.

$$x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 9y^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -x \frac{\partial u}{\partial x} + 9y \frac{\partial u}{\partial y} + 36x^6, \quad (1)$$

$$u(x,1) = 5x^6, \quad u_y(x,1) = 0, \quad 1 < x < 2, \quad (2)$$

Məlumdur ki, (1) tənliyinin xarakteristik tənliyi belədir:

$$x^2 (dy)^2 - 9y^2 (dx)^2 = 0 \quad \text{və ya} \quad x^2 y'^2 - 9y^2 = 0 \Rightarrow$$

$$(x dy - 3y dx)(x dy + 3y dx) = 0 \Rightarrow x dy - 3y dx = 0, \quad x dy + 3y dx = 0.$$

$$x dy - 3y dx = 0 \Rightarrow dy/y = \frac{3dx}{x} \Rightarrow \ln y = \ln x^3 + \ln C_1 \Rightarrow \frac{x^3}{y} = C_1,$$

$$x dy + 3y dx = 0 \Rightarrow dy/y = -3 \frac{dx}{x} \Rightarrow \ln y = -3 \ln x + \ln C_2 \Rightarrow x^3 y = C_2$$

tənlilik hiperbolik tipli olduğundan onun xarakteristikaları

$$\xi = \frac{x^3}{y}, \quad \eta = x^3 y \quad (3)$$

şəklində olur. İndi (ξ, η) dəyişənlərindən asılı tənliyin kanonik şəklini müəyyən edək.

x	$u_x = u_\xi \cdot \xi_x + u_\eta \cdot \eta_x = \frac{3x^2}{y} u_\xi + 3x^2 y u_\eta$
$-9y$	$u_y = u_\xi \cdot \xi_y + u_\eta \cdot \eta_y = -\frac{x^3}{y^2} u_\xi + x^3 u_\eta$
x^2	$u_{xx} = \frac{9x^4}{y^2} u_{\xi\xi} + 18x^6 u_{\xi\eta} + 9x^4 y^2 u_{\eta\eta} + \frac{6x}{y} u_\xi + 6xy u_\eta$
$-9y^2$	$u_{yy} = \frac{x^6}{y^4} u_{\xi\xi} - \frac{2x^6}{y^2} u_{\xi\eta} + x^6 u_{\eta\eta} + \frac{2x^3}{y^3} u_\xi$

Onda:

$$\begin{aligned} & u_{\xi\xi} \left(\frac{9x^6}{y^2} - \frac{9x^6}{y^2} \right) + u_{\xi\eta} (18x^6 + 18x^6) + u_{\eta\eta} (9x^6 y^2 - 9y^2 x^6) + \\ & + u_\xi \left(\frac{6x^3}{y} - \frac{18x^3}{y} + \frac{3x^3}{y} + \frac{9x^3}{y} \right) + u_\eta (6x^3 y - 9yx^3 + 3x^3 y) = 36x^6, \\ & 36x^6 u_{\xi\eta} = 36x^6, \quad u_{\xi\eta} = 1, \end{aligned} \quad (4)$$

Bu tənliyin ümumi həllini yazsaq:

$$u(\xi, \eta) = A_1(\xi) + A_2(\eta) + \xi \eta, \quad u(x, y) = A_1\left(\frac{x^3}{y}\right) + A_2(x^3 y) + x^6, \quad (5)$$

(5) funksiyası xarakteristikallardan asılı (1) tənliyinin ümumi həlli adlanır. (2)-ni (5)-də nəzərə alsaq:

$$A_1(x^3) + A_2(x^3) + x^6 = 5x^6, \quad 1 < x < 2 \quad (6)$$

$$A_1'(x^3) \cdot (-x^3) + A_2'(x^3) \cdot x^3 = 0, \quad 1 < x < 2 \quad (7)$$

Əgər $p = x^3$ qəbul etsək, (6) və (7) tənlikləri aşağıdakı şəkildə düşər.

$$A_1(p) + A_2(p) = 4p^2, \quad 1 < p < 8, \quad (8)$$

$$-pA_1'(p) + pA_2'(p) = 0, \quad 1 < p < 8, \quad (9)$$

(8)-i diferensiallasaq,

$$A_1'(p) + A_2'(p) = 8p, \quad (10)$$

$$(9)-(10) \Rightarrow \begin{cases} A_1'(p) - A_2'(p) = 0, \\ A_1'(p) + A_2'(p) = 8p \end{cases} \Rightarrow A_2'(p) = 4p, \quad A_1(p) = 2p^2 + C,$$

$$(8) \Rightarrow A_1(p) + A_2(p) = 4p^2, \quad A_2(p) = 2p^2 - C,$$

$A_1(p)$ və $A_2(p)$ -nin bu qiymətləri (5)-də yazsaq,

$$u(x, y) = 2 \frac{x^6}{y^2} + 2x^6 y^2 + x^6, \quad (x, y) \in R^2 : \begin{cases} 1 < p = \frac{x^3}{y} < 8 \\ 1 < p = x^3 y < 8, \end{cases} \quad (11)$$

(11)-dən (x, y) oblastını təyin edək.

$$\begin{cases} 1 < \frac{x^3}{y} < 8 \\ 1 < x^3 y < 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{x^3}{8} < y < x^3, \\ \frac{1}{x^3} < y < \frac{8}{x^3}, \end{cases} \quad (12)$$

Nəticə 1. (1)-(2) məsələsinin birqiymətli həlli (x, y) müstəvisində (x_0, y_0) nöqtəsindən

$$\frac{x^3}{y} = \frac{x_0^3}{y_0}, \quad x^3 y = x_0^3 y_0$$

keçən hər iki xarakteristikasına uyğun $y = 0$ düz xəttinin AC parçasında verilmiş başlanğıc şərtlərini ödəyən AB, BC, CD və AD əyrilərinin əmələ gətirdiyi $ABCD$ əyrixətli xarakteristik dördbucaqlısının daxilində yerləşir (şəkil 1.)

Nəticə 2. (1) - (2) məsələsinin

$x \in (1, 2)$ seqmentində birqiymətli həlli həndəsi olaraq AC oturacağına malik iki əyrixətli ABC və ADC xarakteristik üçbucaqlarının birləşməsindən ibarət olan $ABCD$ xarakteristik dördbucaqlısının daxilində təyin olunur.

Yuxarıdakı nümunədən istifadə edərək ümumi şəkildə verilmiş dalğa tənliyi üçün Koşi məsələsinin həllini araşdıraraq.

$$\square_a u = f(x, t), \quad x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad u(x) \in C^n(D)$$

burada \square_a – dalğa operatoru və ya Dalamber operatoru,

$$\square_a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} - a^2 \Delta, \quad \Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \dots + \frac{\partial^2}{\partial x_n^2}$$

Laplas operatoru adlanır.

Məlumdur ki, (a) tənliyinin sıfırdan fərqli istənilən $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ vektoru üçün

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \xi_i \xi_j > 0 \text{ şərtini ödəyir. Tənlik bircinsli olmadığından, fiziki olaraq intensivliyi } f(x, t)$$

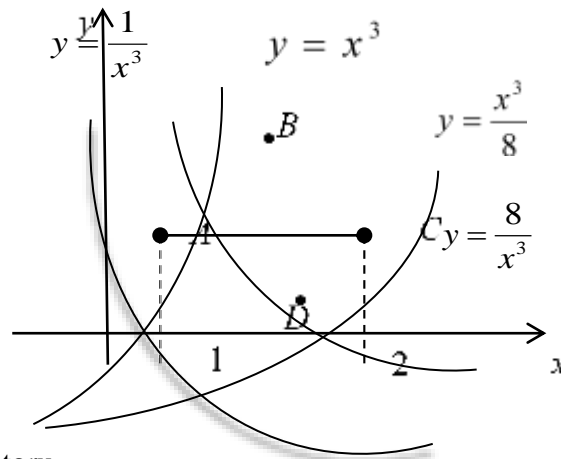
kəmiyyəti ilə mütənasib olan kəsilməz paylanmış mənbələrin təsviri nəticəsində yaranmış mühitin rəqsi hərəkətini müəyyən edən

$$\left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = 0, \quad (b)$$

xarakteristik tənliyi ilə təyin olunur.

(a) tənliyinin $u(x, 0) = \varphi_1(x) \in C^2(R)$, $u_t(x, 0) = \varphi_2(x) \in C^1(R)$ Koşi şərtlərini ödəyən birqiymətli

həlli $t = const$ səthi üzərində olacaq. n ölçülü fəzada belə səthin hər hansı $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0, t_0) = (x^0, t_0)$ nöqtəsini qeyd edək. Bu fəzanın radius vektorunun



şəkil 1.

$$r = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - x_k^0)^2}$$

olduğunu bilərək, $r = t_0 - t$ şəklindəki səthə baxaq. Bu səth tərəsi (x^0, t_0) nöqtəsində, t oxuna paralel olan səthi verəcək. Onda $\omega(x, t) = r + t - t_0$ funksiyası

$$\left(\frac{\partial \omega}{\partial t}\right)^2 - a^2 \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial \omega}{\partial x_k}\right)^2 = 0, \quad (c)$$

tənliyini ödəyir.

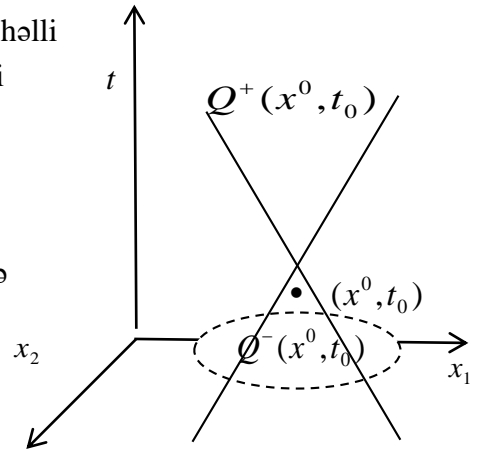
Nəticə 3. (a) dalğa tənliyinin Koşi şərtlərini ödəyən birqiymətli həlli həndəsi olaraq tərə nöqtəsi (x^0, t_0) olan (c) xarakteristik tənliyi

$a^2(t - t_0)^2 - |x - x^0|^2 = 0$ səthinin hüdudlandırdığı xarakteristik konusunun daxilində yerləşir. (şəkil 2).

(d) xarakteristik

konusun soldan və sağdan $Q^-(x^0, t_0) = \{-a(t - t_0) > |x - x_0|\}$ və

$Q^+(x^0, t_0) = \{a(t - t_0) > |x - x_0|\}$ səthləri ilə hüdudlanır. **şəkil 2.**



ƏDƏBİYYAT

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А., Уравнения математической физики, Москва, “Наука” 2004, ст.798
2. Шаньков В.В., Волновые уравнения и уравнения теплопроводности, Москва, МФТИ, 2017, ст.44
3. Коленикова С.Ж., Методы решения основных задач уравнения математической физики, Москва-2015, ст.80
4. Z.D.Abbasov. “Riyazi fizika tənlikləri” Bakı, 2018, səh. 380
5. Z.D.Abbasov. Rəqslərin müqaviməti sürətlə mütənəşib olan mühitdə uclarından bərk bağlanmış simin dəyişməsi. “Elmi Xəbərlər” jurnalı, Gəncə, 2015, səh. 24-26
6. Z.D.Abbasov. Применение метода Фурье к смешанно граничной задаче, Евразийский Союз ученых (ESU), № 3(60)/ 2019, DOI: 10,3618/ESU. 2413-9335. ISSN 2411-6487, 4 часть, ст. 42-45.

RƏŞİD QASIMOV
resid5757@mail.ru
ÜLVİYYƏ SƏMƏDZADƏ
nuraymirzeyeva221@gmail.com

ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİN RİYAZİYYATDAN TƏMAYÜLLÜ KURSLARINDA MƏCHULU MÜTLƏQ QIYMƏT İŞARƏSİ DAXİLİNDƏ OLAN BƏRABƏRSİZLİKLƏRİN HƏLLİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARI

Bərabərsizliklər məzmun xətti riyaziyyatın çox mühüm əhəmiyyət kəsb edən xətlərindən biridir. Bərabərsizliklər məzmun xətti həm funksiya anlayışı ilə bilavasitə bağlı olan məsələlərin öyrənilməsində, həm də bir sıra digər anlayışların da mənimsənilməsində mühüm rol oynayır.

Orta ümumtəhsil məktəblərinin əsas təhsil proqramında qeyd olunur ki, X-XI sinif şagirdlərinin gündəlik həyatda istifadə etmələri üçün lazım olan biliklərin təmin olunmasında və ya seçdiyi ixtisaslar üzrə təhsilini davam etdirməkdə ola bilsin ki, bərabərsizliklər məzmun xətti o qədər də vacib olmasın, lakin onların baza təhsilini uğurla başa vurmaı üçün bu məzmun xəttini və bu xəttin tətbiqi sahələrini bilmələri vacibdir.

$|f(x)| + |g(x)| > |f(x) + g(x)|$ şəklində bərabərsizliklərin müxtəlif həll üsulları öyənilərəkən qeyd edilmişdir ki, “Mütləq qiymət işarəsi altında dəyişəni olan bərabərsizliklər” mövzusu riyaziyyat üzrə təhsil proqramının məzmununun təhsil minimumuna daxil edilmişdir. Lakin buna baxmayaraq orta məktəbin riyaziyyat kursunda bu mövzunun tədrisinə lazım olan diqqət yetirilməmişdir.

Müxtəlif mənbələrdən bu mövzunun daha dərinədən öyrənilməsi tövsiyə olunur. Çünki mütləq qiymət işarəsi altında dəyişəni olan bərabərsizliklər mütləq kəmiyyətlərlə əlaqədar olan biliklərin sistemləşdirilməsində, genişləndirilməsində və möhkəmləndirilməsində mühüm rol oynayır.

“Mütləq qiymət işarəsi altında dəyişəni olan bərabərsizliklərin həlli” mövzusu tədris edilərkən müəllimin vəzifəsi şagirdləri bərabərsizliklərin müxtəlif növ həll üsulları ilə tanış etməkdən, şagirdlərin vəzifəsi isə bərabərsizlikləri həll etmək üçün daha optimal həll üsulunu seçmək və onu tətbiq etməkdən, praktikada bərabərsizliklərin daha rəşional həllərini nümayiş etdirməkdən ibarətdir.

“Mütləq qiymət işarəsi altında dəyişəni olan bərabərsizliklərin həlli” mövzusunun tədrisi zamanı müəllimin qarşısına aşağıdakı məqsədlər qoyulmalıdır:

-şagirdləri mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklərin həlli üçün vacib olan əsas üsullarla tanış etmək;

-belə bərabərsizliklərin həlli zamanı hansı həll üsulundan istifadə edilməsinin zəruriliyini müəyyən edərkən yaranan psixoloji maneələri aradan qaldırmağa kömək etmək;

-cəbr və analiz başlanğıcı kursunun müxtəlif mövzularının öyrənilməsi prosesində əldə edilən bilik, bacarıq və vərdişləri möhkəmləndirmək;

-məntiqi təfəkkürü, qrafik mədəniyyəti, müstəqil fikir yürütmək, təhlil etmək, sistemləşdirmə bacarığını inkişaf etdirmək;

-şagirdlərin ümumi biliklərini genişləndirmək.

Orta məktəblərin riyaziyyat dərslilərində verilən materialları təhlil edərkən mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklərin aşağıdakı növləri ayırd edilmişdir:

1. $|f(x)| > b$ şəklində bərabərsizliklər.
2. $|f(x)| > g(x)$ şəklində bərabərsizliklər.
3. $|f(x)| > |g(x)|$ şəklində bərabərsizliklər.

Qeyd edək ki, orta məktəbin riyaziyyat kursunun bütün dərslilərində $|f(x)| > b$ və $|f(x)| > g(x)$ şəklində bərabərsizliklərə rast gəlmək olur. Lakin $|f(x)| > |g(x)|$ şəklində bərabərsizliklərə isə çox az

rast gəlmək olur. Bundan əlavə mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklər sisteminə dair nəzəri material demək olar ki, verilməmişdir, lakin dərslərdə çox az hallarda bərabərsizliklər sisteminə rast gəlmək olur.

$|f(x)| + |g(x)| > |f(x) + g(x)|$ şəklində bərabərsizliklərin həlli mövzusu orta məktəb riyaziyyat kursunda tədris olunan mürəkkəb mövzulardan biridir. Məlumdur ki, mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklərin həlli əksər hallarda adi bərabərsizliklərin həlli üsulları ilə üst-üstə düşür. Lakin belə həll üsulları bəzi bərabərsizliklərin həlli üçün həmişə optimal olmur. Ona görə də müəllim şagirdləri daha rəşional həll üsulları ilə tanış etməlidir ki, bu yolla yekun nəticəni daha rahat almaq mümkün olsun.

Bir misal nümunəsi göstərək.

Misal. $\frac{|x-4|-|x-1|}{|x-3|-|x-2|} < \frac{|x-3|+|x-2|}{|x-4|}$ bərabərsizliyini həll edin.

Həlli. $|x-4|+|x-1| \neq 0$, $|x-3|+|x-2| \neq 0$ olduğundan verilən bərabərsizliyin hər iki tərəfini

$\frac{|x-4|+|x-1|}{|x-3|+|x-2|}$ ifadəsinə vuraq. Onda verilən bərabərsizliklə eynigüclü olan bərabərsizlik alırıq, onu həll edək.

$$\frac{|x-4|-|x-1|}{|x-3|-|x-2|} \cdot \frac{|x-4|+|x-1|}{|x-3|+|x-2|} < \frac{|x-3|+|x-2|}{|x-4|} \cdot \frac{|x-4|+|x-1|}{|x-3|+|x-2|} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{(|x-4|)^2 - (|x-1|)^2}{(|x-3|)^2 - (|x-2|)^2} < \frac{|x-4|+|x-1|}{|x-4|} \Leftrightarrow \frac{-6x+15}{-2x+5} < 1 + \frac{|x-1|}{|x-4|} \Leftrightarrow$$

$$\left| \frac{x-1}{x-4} \right| > 2. \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{x-1}{x-4} > 2; \\ \frac{x-1}{x-4} < -2. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{-x+7}{x-4} > 0; \\ \frac{3x-9}{x-4} < 0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{x-7}{x-4} < 0; \\ \frac{x-3}{x-4} < 0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x \in (4;7) \\ x \in (3;4) \end{cases} \Leftrightarrow x \in (3;4) \cup (4;7).$$

Bu mövzunun tədqiqi zamanı aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1) Ümumtəhsil məktəbində riyaziyyatın dərinləşdirilmiş kursunda mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklərin tədrisinin əsas məqsəd və vəzifələri müəyyən edilmişdir. Bunlar şagirdlərin məntiqi təfəkkürünün inkişafına kömək edir, bacarıqlarını formalaşdırır, müxtəlif növ modullu bərabərsizliklərin həlli üçün rəşional həll üsulları tapmağa kömək etməkdən ibarətdir.

2) X-XI siniflərin riyaziyyatdan dərinləşdirilmiş kurslarında mütləq qiymət işarəsi daxilində dəyişəni olan bərabərsizliklərin həllinin necə öyrənilməsinin metodik xüsusiyyətləri aşkar edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Алгебра и начала математического анализа. Методические рекомендации. 10 класс: углубл. уровень / [М.Я. Пратусевич, К.М. Столбов, В.Н. Соломин, А.Н. Головин].—2-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 2017. -301с.
2. Башмаков М.И. Уравнения и неравенства. / М.И. Башмаков. – М.: Наука. 1976. – 96 с.
3. Боженкова Л.И. Познавательные универсальные учебные действия в обучении математике // Наука и школа. - 2016. - № 1. - С. 54-60.
4. Колягин Ю.М. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс: учеб. Для учащихся общеобразоват. учреждений (профильный уровень) / Ю.М. Колягин, Ю.В. Сидоров, М.В. Ткачева, Н.Е. Федорова, М.И. Шабунин. – 8-е изд., стер. – М.: Мнемозина, 2010. – 264 с.
5. Коропец З.Л. Нестандартные методы решения неравенств и их систем / З.Л. Коропец, А.А.Коропец, Т.А.Алексеева, Орел, 2012. – 125.

AZAD MƏMMƏDLİ
azad_mammadli@yahoo.com

SKALYAR HASILIN KÖMƏYİ İLƏ ÜÇDƏYİŞƏNLİ TƏNLİKLƏR SİSTEMİNİN HƏLLİ

İki, sıfır olmayan vektorun skalyar hasilı bu vektorların uzunluqlarının onlar arasındakı bucağın kosinusuna olan hasilinə deyilir:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cos \alpha.$$

Belə ki, $|\cos \alpha| \leq 1$, onda

$$|\vec{a} \cdot \vec{b}| \leq |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \quad (\text{I})$$

və

$$\vec{a} \cdot \vec{b} \leq |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \quad (\text{II})$$

alırıq.

Qeyd edək ki, bərabərlik aşağıdakı hallarda mümkündür:

- a) əgər \vec{a} və \vec{b} vektorları kollinearlırsa, (I) bərabərsizliyində;
- b) əgər \vec{a} və \vec{b} vektorları eyni istiqamətlidirsə, (II) bərabərsizliyində.

Əgər $\vec{a}(a_1; b_1; c_1)$ və $\vec{b}(a_2; b_2; c_2)$ vektorları verilmişsə, onda $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 a_2 + b_1 b_2 + c_1 c_2$

və

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2}, \quad |\vec{b}| = \sqrt{a_2^2 + b_2^2 + c_2^2}.$$

(I) və (II) bərabərsizliklərindən, bərabərlik halı ödənildikdə alınır ki, $\vec{a} = \lambda \vec{b}$, ($\lambda \neq 0$). Bu sonuncuda

$$\begin{cases} a_1 = \lambda a_2 \\ b_1 = \lambda b_2 \\ c_1 = \lambda c_2 \end{cases} \quad (\text{III})$$

sistemə eynigüclüdür.

Bilirik ki, xətti tənliklər sistemini həmişə məchulların sayının ardıcıl azaldılması yolu ilə yaxud Kramer metodunun köməyi ilə (sistemin determinantı sıfıra bərabər olmadıqda) həll etmək olar. Biz qeyri-xətti tənliklər sistemlərinə baxacağıq.

1. Üç dəyişənli iki tənlikdən ibarət sistemlər

Misal 1. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ x^2 + y^2 + z^2 = \frac{1}{3} \end{cases}$$

Həlli: İlk baxışda elə görünür ki, verilmiş sistem sonsuz həllər çoxluğuna malikdir, belə ki, sistemə üç dəyişən və iki tənlik daxildir.

Aşağıdakı vektorlara baxaq:

$$\vec{a}(x; y; z) \quad \text{və} \quad \vec{b}(1; 1; 1).$$

Onda skalyar hasil

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = x + y + z = 1 \quad \text{və} \quad |\vec{a}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{1}{\sqrt{3}}; \quad |\vec{b}| = \sqrt{3},$$

bundan əlavə, $|\vec{a}| \cdot |\vec{b}| = 1$.

$\vec{a} \cdot \vec{b} = 1$ və $|\vec{a}| \cdot |\vec{b}| = 1$ olduğunu nəzərə alaraq alırıq ki,

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|.$$

Deməli, (III) şərtinə əsasən $x = y = z$, $x + y + z = 1$ şərtini nəzərə aldıqda isə $x = y = z = \frac{1}{3}$ tapırıq.

Cavab: $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{3}; \frac{1}{3}\right)$.

Misal 2. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} 2x^3 + 2y^3 + z^3 = 3 \\ x^6 + y^6 + z^6 = 1 \end{cases}$$

Həlli: $\vec{a}(x^3; y^3; z^3)$, $\vec{b}(2; 2; 1)$ vektorlarına baxaq. Onda

$$|\vec{a}| = \sqrt{x^6 + y^6 + z^6} = \sqrt{1} = 1, |\vec{b}| = \sqrt{4 + 4 + 1} = \sqrt{9} = 3$$

və

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 2x^3 + 2y^3 + z^3 = 3$$

alırıq.

Verilmiş sistem aşağıdakı sistemə eynigüclüdür:

$$\begin{cases} |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| = 3 \\ \vec{a} \cdot \vec{b} = 3. \end{cases}$$

Buradan, (III) şərtini nəzərə alsaq,

$$\frac{x^3}{2} = \frac{y^3}{2} = \frac{z^3}{1}$$

və deməli, $x^3 = 2z^3$ və $y^3 = 2z^3$ tapırıq.

x^3 və y^3 üçün qiymətləri birinci tənlikdə yerinə qoysaq, alırıq:

$$4x^3 + 4z^3 + z^3 = 3 \text{ yaxud } z = \sqrt[3]{\frac{1}{3}}. \text{ Bu halda } x = \sqrt[3]{\frac{2}{3}} \text{ və } y = \sqrt[3]{\frac{2}{3}} \text{ olur.}$$

Cavab: $\left(\sqrt[3]{\frac{2}{3}}; \sqrt[3]{\frac{2}{3}}; \sqrt[3]{\frac{1}{3}}\right)$.

Misal 3. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} 25x^{12} + 16y^8 + 9z^4 = 1 \\ x^6 + y^4 + z^2 = \frac{7}{15}. \end{cases}$$

Həlli. İlk baxışda elə görünür ki, sistem qeyri-müəyyəndir (başqa sözlə, sonsuz həllər çoxluğu vardır). Həqiqətdə isə sistemin həlli yoxdur.

Aşağıdakı vektorlara baxaq:

$$\vec{a}(5x^6; 4y^4; 3z^2) \text{ və } \vec{b}\left(\frac{1}{5}; \frac{1}{4}; \frac{1}{3}\right).$$

Onda

$$|\vec{a}| = \sqrt{25x^{12} + 16y^8 + 9z^4}, |\vec{b}| = \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{16} + \frac{1}{9}}$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = x^6 + y^4 + z^2 \text{ və verilmiş sistem}$$

$$\begin{cases} |\vec{a}| = 1 \\ \vec{a} \cdot \vec{b} = \frac{7}{15} \end{cases}$$

sisteminə eynigüclüdür.

Digər tərəfdən,

$$x^6 + y^4 + z^2 \leq \sqrt{25x^{12} + 16y^8 + 9z^4} \cdot \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{16} + \frac{1}{9}} =$$

$$= 1 \cdot \frac{\sqrt{769}}{60} < \frac{28}{60} = \frac{7}{15}, \text{ başqa sözlə } \vec{a} \cdot \vec{b} < \frac{7}{15},$$

bu isə sistemin ikinci tənliyinə ziddir.

Cavab: Sistemin həlli yoxdur.

2. Üç dəyişənli üç tənlikdən ibarət sistemlər

Misal 4. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} 4x^2y^2 + 4y^2z^2 + x^2z^2 = 9x^2y^2z^2 \\ x^2 + 4y^2 + z^2 = 4 \\ 3x - 6y + \sqrt{3}z = 2. \end{cases}$$

Həlli. Belə ki, $x=0$, $y=0$, $z=0$ sistemin həlli olmadığından, sistemin birinci tənliyinin hər iki hissəsini $(xyz)^2$ ifadəsinə bölüb, verilmiş sistemlə eynigüclü olan

$$\begin{cases} \frac{4}{x^2} + \frac{1}{y^2} + \frac{4}{z^2} = 9 \\ x^2 + 4y^2 + z^2 = 4 \\ 3x - 6y + \sqrt{3}z = 2 \end{cases}$$

sistemini alırıq.

$$\vec{a} \left(\frac{2}{x}; \frac{1}{y}; \frac{2}{z} \right) \text{ və } \vec{b}(x; 2y; z)$$

vektorlarına baxaq.

Onda

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 2 + 2 + 2 = 6, |\vec{a}| = \sqrt{\frac{4}{x^2} + \frac{1}{y^2} + \frac{4}{z^2}} = \sqrt{9} = 3,$$

$$|\vec{b}| = \sqrt{x^2 + 4y^2 + z^2} = \sqrt{4} = 2.$$

Beləliklə, $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$ alırıq, bu isə \vec{a} və \vec{b} vektorları kollinearlığı və deməli, onların koordinatlarının mütənasıblıyını deməkdir:

$$\frac{2}{x} : x = \frac{1}{y} : 2y = \frac{2}{z} : z,$$

buradan da

$$x^2 = z^2 \text{ və } y^2 = \frac{x^2}{4}$$

alırıq.

Verilmiş sistemin ikinci tənliyindən alırıq:

$$x^2 + 4 \cdot \frac{x^2}{4} + x^2 = 4, \quad x^2 = \frac{4}{3}, \quad x = \pm \frac{2}{\sqrt{3}}$$

və deməli

$$y = \pm \sqrt{\frac{1}{3}}, \quad z = \pm \frac{2}{\sqrt{3}}.$$

x, y, z qiymətlərindən hansının tənliyin həlli olduğunu müəyyən edək. Yoxlama ilə əmin oluruq ki, yalnız iki

$$\left(\frac{2}{\sqrt{3}}; \frac{1}{\sqrt{3}}; \frac{2}{\sqrt{3}} \right) \text{ və } \left(-\frac{2}{\sqrt{3}}; -\frac{1}{\sqrt{3}}; \frac{2}{\sqrt{3}} \right)$$

üçlükləri verilmiş sistemin həlləridir.

C a v a b: $\left(\frac{2}{\sqrt{3}}; \frac{1}{\sqrt{3}}; \frac{2}{\sqrt{3}} \right), \left(-\frac{2}{\sqrt{3}}; -\frac{1}{\sqrt{3}}; \frac{2}{\sqrt{3}} \right).$

Misal 5. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} (x+2)^2 + (y+3)^2 = -(y+3)(x+z-2) \\ x^2 + 5x + 9z - 7y - 21 = -3yz \\ 8x^2 + 18y^2 + 18xy + 18yz = -84x - 72y - 24z - 185 \end{cases}$$

Həlli. Verilmiş sistemi başqa şəkildə yazaq:

$$\begin{cases} (x+2)(x+y+5) + (y+3)(x+z-1) = 0 \\ (x+2)(x+3) + (y+3)(3z-7) = 0 \\ 9(x+y+5)^2 + 9(y+z-1)^2 = (x+3)^2 + (3z-7)^2 \end{cases}$$

Aşağıdakı vektorlara baxaq:

$$\vec{a}(x+2; y+3), \quad \vec{b}(x+y+5; y+z-1), \quad \vec{c}(x+3; 3z-7)$$

$$\text{Onda } \vec{a} \cdot \vec{b} = 0, \quad \vec{a} \cdot \vec{c} = 0, \quad 9\vec{b}^2 = \vec{c}^2.$$

Əgər $\vec{a} = 0$ isə, onda $x = -2, y = -3$ və ikinci sistemin üçüncü tənliyindən $z = \frac{47}{15}$ tapırıq.

Əgər $\vec{a} \neq 0$ isə, onda \vec{b} və \vec{c} vektorları kollineardır və deməli $\vec{c} = \pm 3\vec{b}$. İki hal mümkündür:

1. $\vec{c} = 3\vec{b}$, onda

$$\begin{cases} x+3 = 3(x+y+5) & \begin{cases} 2x-3y = 12 \\ 3y = -4, \end{cases} \\ 3z-7 = 3(y+z-1); \end{cases}$$

buradan

$$y = -\frac{4}{3} \text{ və } x = -4$$

alırıq.

Verilmiş sistemin ikinci tənliyindən z -in qiymətini təyin edirik:

$$(-4+2)(-4+3) + \left(-\frac{4}{3} + 3 \right) (3z-7) = 0$$

yaxud

$$2+5z = \frac{35}{3}; \quad z = \frac{29}{15}.$$

2. $\vec{c} = -3\vec{b}$. Bu halda

$$\begin{cases} x+3 = -3(x+y+5) \\ 3z-7 = -3(y+z-1), \end{cases}$$

buradan $x = \frac{3z-14}{2}$ və $y = \frac{10-6z}{3}$ alırıq.

x və y qiymətlərini ikinci sistemin ikinci tənliyində yerinə yazıb z qiymətini tapırıq, lakin yoxlama yolu ilə əmin oluruq ki, alınmış iki ədədlər üçlüyü sistemin həlli deyildir. Beləliklə, sistemin iki

$$\left(-2; -3; \frac{47}{15}\right) \text{ və } \left(-4; -\frac{4}{3}; \frac{29}{15}\right)$$

həllərini almış oluruq.

Misal 6. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} x^{2n} + y^{2n} + z^{2n} = 3 \\ x^{2n+1} + y^{2n+1} + z^{2n+1} = 3 \\ x^{2n+2} + y^{2n+2} + z^{2n+2} = 3. \end{cases}$$

Həlli. Aşağıdakı vektorlara baxaq:

$$\vec{a}(x^n; y^n; z^n), \vec{b}(x^{n+1}; y^{n+1}; z^{n+1})$$

Onda

$$|\vec{a}| = \sqrt{x^{2n} + y^{2n} + z^{2n}} = \sqrt{3}$$

və

$$|\vec{b}| = \sqrt{x^{2n+2} + y^{2n+2} + z^{2n+2}} = \sqrt{3},$$

həmçinin

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = x^{2n+1} + y^{2n+1} + z^{2n+1} = 3,$$

başqa sözlə $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$ alırıq.

Alınmış bərabərlikdən nəticə olaraq çıxır ki, \vec{a} və \vec{b} vektorları arasındakı bucaq sifirə bərabərdir, və (III) şərtini nəzərə alsaq, $\vec{a} = \vec{b}$, başqa sözlə

$$x^n = x^{n+1}, y^n = y^{n+1}, z^n = z^{n+1}$$

alırıq.

Daha sonra asanlıqla alırıq ki, sistemin yeganə həlli (1;1;1) ədədlər üçlüyüdür.

Misal 7. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} x^4 y^2 z^2 + x^2 y^4 z^2 + x^2 y^2 z^4 = 3x^2 y^2 z^2 \\ x^4 yz + xy^4 z + xyz^4 = 3xyz \\ x^6 y^2 z^2 + x^2 y^6 z^2 + x^2 y^2 z^6 = 3x^2 y^2 z^2 \end{cases}$$

Həlli. Aydındır ki, (0; 0; 0) sistemin həllidir. Tutaq ki, $x \neq 0; y \neq 0; z \neq 0$. Onda sistemin birinci və üçüncü tənliyini $x^2 y^2 z^2$, ikinci tənliyini isə xyz ifadəsinə bölərək, alırıq:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = 3 \\ x^3 + y^3 + z^3 = 3 \\ x^4 + y^4 + z^4 = 3 \end{cases}$$

Bu sistem (1;1;1) həllinə malikdir (misal 6-ya, $n=1$ halı üçün baxın).

Cavab: (0; 0; 0), (1;1;1).

Misal 8. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} \cos x + \cos y + \cos z = -3 \\ \sin^3 \frac{x}{2} + \sin^3 \frac{y}{2} + \sin^3 \frac{z}{2} = 3 \\ \cos x(\cos x - 2) + \cos y(\cos y - 2) + \cos z(\cos z - 2) = 9. \end{cases}$$

Həlli.

$$\sin^2 \frac{t}{2} = \frac{1 - \cos t}{2}$$

düsturundan istifadə edərək sistemin birinci tənliyini çevirək:

$$-\cos x - \cos y - \cos z = 3,$$

$$1 - \cos x + 1 - \cos y + 1 - \cos z = 6,$$

$$\frac{1 - \cos x}{2} + \frac{1 - \cos y}{2} + \frac{1 - \cos z}{2} = 3$$

$$\sin^2 \frac{x}{2} + \sin^2 \frac{y}{2} + \sin^2 \frac{z}{2} = 3.$$

Sistemin ikinci tənliyini olduğu kimi saxlayıb, nəhayət üçüncü tənliyi sadələşdirək:

$$\cos^2 x - 2\cos x + \cos^2 y - 2\cos y + \cos^2 z - 2\cos z = 9,$$

$$1 - 2\cos x + \cos^2 x + 1 - 2\cos y + \cos^2 y + 1 - 2\cos z + \cos^2 z = 12,$$

$$\frac{(1 - \cos x)^2}{4} + \frac{(1 - \cos y)^2}{4} + \frac{(1 - \cos z)^2}{4} = 3,$$

$$\sin^4 \frac{x}{2} + \sin^4 \frac{y}{2} + \sin^4 \frac{z}{2} = 3.$$

Beləliklə, aşağıdakı tənliklər sistemini alarıq:

$$\begin{cases} \sin^2 \frac{x}{2} + \sin^2 \frac{y}{2} + \sin^2 \frac{z}{2} = 3 \\ \sin^3 \frac{x}{2} + \sin^3 \frac{y}{2} + \sin^3 \frac{z}{2} = 3 \\ \sin^4 \frac{x}{2} + \sin^4 \frac{y}{2} + \sin^4 \frac{z}{2} = 3. \end{cases}$$

Bu sistem misal 6-da verilən sistemin xüsusi halıdır ($n = 1$, dəyişənlər $-\sin \frac{x}{2}, \sin \frac{y}{2}, \sin \frac{z}{2}$).

Deməli $\sin \frac{x}{2} = \sin \frac{y}{2} = \sin \frac{z}{2} = 1$,

buradan

$$\frac{x}{2} = \frac{\pi}{2} + 2\pi n, \frac{y}{2} = \frac{\pi}{2} + 2\pi k, \frac{z}{2} = \frac{\pi}{2} + 2\pi m, \quad n, k, m \in \mathbb{Z}.$$

Beləliklə, $x = \pi + 4\pi n, y = \pi + 4\pi k, z = \pi + 4\pi m$, burada $n, k, m \in \mathbb{Z}$.

Cavab: $(\pi(4n+1); \pi(4k+1); \pi(4m+1)). \quad n, k, m \in \mathbb{Z}$.

Misal 9. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ x^2 + y^2 + z^2 = \frac{1}{3} \\ z = x \log_x y. \end{cases}$$

Həlli. Verilmiş sistemin birinci iki tənliyinin həlli yalnız $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{3}; \frac{1}{3}\right)$ olduğundan (misal 1-ə

baxın), bu üçlüyün üçüncü tənliyin həlli olduğunu müəyyən etmək kifayətdir. Yoxlama ilə əmin oluruq ki, $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{3}; \frac{1}{3}\right)$ üçlüyü sonuncu tənliyi də ödəyir.

Cavab: $\left(\frac{1}{3}; \frac{1}{3}; \frac{1}{3}\right)$.

Misal 10. Tənliklər sistemini həll edin:

$$\begin{cases} 2^x + 2^y + 2^z = 6 \\ 4^x + 4^y + 4^z = 12 \\ x^z + z^y + y^x = 3 \end{cases}$$

Həlli. Aşağıdakı vektorlara baxaq:

$\vec{a}(2^x; 2^y; 2^z)$ və $\vec{b}(1; 1; 1)$.

Onda $\vec{a} \cdot \vec{b} = 2^x + 2^y + 2^z = 6$ və

$$|\vec{a}| = \sqrt{(2^x)^2 + (2^y)^2 + (2^z)^2} = \sqrt{4^x + 4^y + 4^z} = 2\sqrt{3},$$

$$|\vec{b}| = \sqrt{1+1+1} = \sqrt{3}, \text{ və deməli, } \vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|.$$

(III) şərtinə görə

$$\frac{2^x}{1} = \frac{2^y}{1} = \frac{2^z}{1},$$

buradan da $x = y = z$ alırıq.

Onda sistemin birinci tənliyindən alırıq ki, $2^x + 2^x + 2^x = 6$, $2^x = 2$ və $x = 1$.

Deməli, $y = 1$, $z = 1$.

$(1; 1; 1)$ ədədlər üçlüyü sistemin üçüncü tənliyinin həlli və deməli, sistemin həllidir.

Yuxarıda gətirilmiş misallar tənliklər sisteminin həllində vektorların tətbiqinin effektivliyini nümayiş etdirir.

Alınmış nəticələri ümumiləşdirərək, vektorların köməyi ilə tənliklər sisteminin həllinin ümumi sxemini vermək olar:

1. \vec{a} və \vec{b} vektorlarının daxil edilməsi;
2. \vec{a} , \vec{b} vektorlarının modullarının və onların uzunluqlarının hesablanması;
3. (I) və (II) münasibətlərində bərabərlik şərtlərinin ödənilməsinin yoxlanılması;
4. Əgər (III) şərti ödənilirsə, onda $\vec{a} = \lambda \vec{b}$;
5. Yoxlama aparılması və cavabın yazılması.

ƏDƏBİYYAT

1. Чирский В.Г., Шавгулидзе Е.Т. Уравнения элементарной математики. Методы решения. М.: Наука. ГРФМЛ, 1992.
2. Козко А.И., Чирский В.Г. Задачи с параметрами, М.: МЦНМО, 2007.
3. Канель-Белов А.Я., Ковальджи А.К. Как решают нестандартные задачи. М.: МЦНМО, 2014
4. Иванов О.А. Элементарная математика для школьников, студентов и преподавателей. М.: МЦНМО, 2009.

CAVANŞİR QULİYEV
quliyevcavansircs@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti

TAM ŞƏKİLLİ QILBARQ-SERRİN TƏNLİYİ ÜÇÜN MODİFİKASIYA EDİLMİŞ DRİXLE MƏSƏLƏSİNİN KLASSİK HƏLL OLUNA BİLƏRLİYİ

İşdə tam şəkilli Qilbarq-Serrin tənliyi üçün Drixle məsələsində verilən şərtlər üzərində müəyyən dəyişikliklər etməklə klassik həllin varlığı və yeganəliyi müvafiq teoremlə verilir və səmərəli üsulla isbat edilir.

Tutaq ki, $D \in E_n$ -də ($n \geq 3$)- məhdud oblastdır. $0 \in D$. D -də tam şəkilli Qilbarq-Serrin tənliyi üçün Drixle məsələsi:

$$Lu=f, x \in D, U|_{\partial D} = \varphi \quad (1)$$

kimi qoyulur. Burada L operatoru

$$L = \Delta + \mu(r) \sum_{i,j=1}^n \frac{x_i x_j}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=1}^n b_i(x) \frac{\partial}{\partial x_i} + C(x) \quad (2)$$

kimi təyin olunur, $\mu(r) \in C^\alpha(D)$, $d_1 \leq \mu(r) \leq d_2$;

$$d_1 > n-2, d_2 < +\infty \quad (3)$$

$$f(x) \in C^\alpha(D), 0 < \alpha < 1, \varphi(x) \in C(\partial D), \alpha \in (0, 1)$$

Tutaq ki, $D' = D \setminus \{0\}$, a hər hansı qeyd olunmuş ədəddir. (1) məsələsini modifikasiya edərək aşağıdakı şəkildə verirək:

$$Lu=f; x \in D' U|_{\partial D} = \varphi, U(0)=a \quad (4)$$

Teorem: Tutaq ki, istənilən $x^0 \in \partial D$ nöqtəsində $\int_0^{diam D} \frac{B(t) dt}{t^{n-2} t} = \infty$ şərti ödənilir. Onda modifikasiya olunmuş (4) Drixle məsələsinin $f(x) \in C^\alpha(D)$, $\varphi(x) \in C(\partial D)$ olduqda və $a \in E$ şərti ilə yeganə $U(x) \in C^2(D') \cap C(\bar{D}')$ klassik həlli var və

$$|U(x) - a| \leq C|x|^\delta, x \in D' \quad (5)$$

olur.

Burada δ , $\mu(r)$ funksiyalarından və n -dən asılı sabitdir. C sabiti və D oblastında φ, f funksiyaları üçün Hölder əmsalındır.

Teoremin isbatında modifikasiya olunmuş (4) Drixle məsələsinin Viner mənada ümumiləşmiş həlli metodikasından istifadə olunur. Orada isbat edilmiş teoremin şərtləri ilə uzlaşaraq $U_\varphi(x) \in C^2(D') \cap C(\bar{D}')$ funksiyası görülüb, həmin funksiyanın ∂D -də kəsilməz limit funksiya olduğu, həmçinin maksimum prinsipdən istifadə edilməklə həllin yeganəliyi isbat edilir. Əvvəlcə (5) qiymətləndirməsi $x \in Q^\delta \setminus \{0\}$ olduqda $x \in D'$ üçün

$$|U(x) - a| \leq C|x|^\delta$$

şəklində göstərilən məlum metodika ilə isbat edilir. Həmçinin simmetrik çevirmə ilə teoremin şəklindəki (5) qiymətləndirməsinin doğru olduğu göstərilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Gilbarg D., Trudinger N.S. Elliptic Partial Differential Equations of second order // Springer Verlag. N.Y. 1994.
2. Quliyev C.X. Classical solvability of the first boundary value problem for Gilbarg-Serrin equation // Trasn. of Acad.Sel.Azerb. 2000.
3. Ландис Е.М. Уравнения второго порядка эллиптического и параболического типов. М. “Наука” 1971.
4. Bass R.F. The Diriclet problem for radically homegeneous elliptic operators. Trans. of AMS, 1990.

SUMMARY

Javanshir Guliyev

**CLASSICAL SOLVABILITY OF THE MODIFIED DIXLE PROBLEM
FOR THE COMPLETE GILBARG-SERRIN EQUATION**

In the thesis, the existence and uniqueness of the classical solution by making certain changes on the conditions given in the Dixle problem for the full-form Gilbarg-Serrin equation is given by the corresponding theorem and proved by an efficient method.

KÖNÜL MƏMMƏDOVA
Memmedovak1976@gmail.com
ƏNNAĞI ƏSGƏROV
askerov_a1970@mail.ru
Naxçıvan Dövlət Universiteti

EPİDEMİYANIN RİYAZİ MODELİNİN QURULMASI ÜÇÜN EYLER-KOŞI METODUNDAN İSTİFADƏ

Həkimlər həmişə milyonlarla insanın ölümünə səbəb olan epidemiyalarla necə mübarizə aparmaqla maraqlanıblar. Riyaziyyatçılar bununla maraqlandıqda, proqnozlaşdırma məqsədlərinə xidmət edən və tibb sahəsinə aid olan ilk riyazi modellər meydana çıxdı.

1950-ci illərin ortalarında ilk elektron hesablama maşınlarının meydana çıxması ilə epidemiya modellərinin inkişafının növbəti mərhələsi formalaşdı, epidemiyaların riyazi və kompüter modelləşdirilməsinə dair elmi məqalələrin və nəşrlərin sayı sürətlə artmağa başladı.

Məqalədə epidemiyanın riyazi modelinin nəzəri öyrənilməsi məsələsi şərh edilmişdir.

Diferensial tənliklərlə təmsil olunan əksər modellər üçün dəqiq həll tapmaq mümkün deyil, ona görə də onları həll etmək üçün təxmini həll üsullarından istifadə olunur. Bunlara, xüsusən də ədədi formada diferensial tənliyin təxmini həllini əldə etməyə imkan verən Eyer-Koşi metodu daxildir. Bu metodun riyazi modelə münasibətdə necə istifadə oluna biləcəyi nəzərdən keçirilmişdir.

Açar sözlər: tənlik, epidemiya, model, metod, qrafik, düstur

Bəşəriyyətin mövcud olduğu uzun illər ərzində müxtəlif epidemiyalardan çoxlu sayda insan öldü və həkimlər həmişə epidemiyanın necə inkişaf etdiyi, onun inkişafına hansı amillərin təsir göstərdiyi və onunla necə mübarizə aparacağı ilə maraqlandılar. Buna görə də, proqnozun məqsədlərinə xidmət etmək üçün epidemiya prosesinin təkamül modeli, daha sadə desək, epidemiya modeli lazımdır. Belə bir modeldə müxtəlif amillərin təsiri nəzərə alın bilər:

- yoluxmuş və sağlam insanlarla tanış olma ehtimalı;
- müxtəlif insanların infeksiyaya həssaslıq dərəcəsi;
- hüceyrələrin fəaliyyətini tənzimləyən qanunlar və s.

Amma bu, çox mürəkkəb model olacaq, onun qurulması və öyrənilməsi çox vaxt və pul tələb edəcək. Təhsil məqsədləri üçün, epidemiyaya qarşı heç bir tədbir görülmədiyini nəzərə alaraq, epidemiyanın təbii inkişafının sadə modelini quracağıq.

Tapşırıq. N saydan ibarət sağlam insan qrupu var. $t = 0$ anında qrupa bir xəstə insan daxil olur, yəni infeksiya mənbəyi və qrupda epidemiya başlayır. Hesab edəcəyik ki, bir insan xəstələnəndən dərhal sonra infeksiya mənbəyinə çevrilir, insanlar qrupdan çıxarılmır və epidemiyanın inkişafı prosesi qrupdakı bütün insanlar xəstələnəndə başa çatır. Epidemiyanın nə vaxtdan sonra bitəcəyini və hansı anda sürətinin maksimuma çatacağını müəyyənləşdiririk.

Epidemiyanın riyazi modeli

Tapşırığın sualına cavab vermək üçün epidemiyanın inkişafı üçün riyazi model quracağıq, bunun üçün tapşırığın şərtlərini riyaziyyat dilinə “tərcümə edəcəyik”.

$x(t)$ - t anında xəstə insanların sayı;

$y(t)$ - t anında sağlam insanların sayı kimi işarələyək.

Tapşırığın şərtlərindən belə çıxır ki,

$$x(t) + y(t) = N + 1 \quad (1)$$

$$x(0) = 1, \quad (2)$$

və bir müddət sonra T qrupdakı bütün insanlar xəstələnəcək. $[0, T]$ zaman intervalını n hissəyə ayıraq və

$$\Delta t = \frac{T}{N}$$

ilə işarələyək.

Δt zamanı ərzində xəstələrdə Δx hansı artımın olacağını öyrənək. Aydındır ki,

1) $\Delta x \sim \Delta t$, yəni, Δx mütənasibdir Δt ,

2) $\Delta x \sim x(t) \cdot y(t)$, yəni, Δx sağlam ($y(t)$) və xəstə ($x(t)$) insanların görüşlərinin sayına mütənasibdir.

Riyaziyyat dilində bu belə yazılır:

$$\Delta x(t) = \alpha \cdot x(t) \cdot y(t) \Delta t \quad (3)$$

burada α mütənasiblik əmsəlidir, hər bir epidemiya üçün fərqlidir və empirik olaraq müəyyən edilir.

(1) düsturundan $y(t)$ sağlam insanların sayını ifadə edək.

$$y(t) = N + 1 - x(t),$$

alınan ifadəni (3) düsturunda yerinə qoyuruq və bir sıra çevrilmələr aparırıq.

$$\Delta x = \alpha \cdot x(t) \cdot [N + 1 - x(t)] \cdot \Delta t \rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \alpha \cdot x(t) \cdot [N + 1 - x(t)]$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\alpha \cdot x(t) \cdot [N + 1 - x(t)]) = \alpha \cdot x(t) \cdot [N + 1 - x(t)]$$

Əldə etdiyimiz son ifadədən

$$x(t)' = \alpha \cdot x(t) \cdot [N + 1 - x(t)] \quad (4)$$

alırıq.

Tənlik (4) epidemiyanın inkişafı üçün ən sadə riyazi modeldir. Yəni, eksperimental qrupdakı insanların sayı - N , çıxış məlumatları ilə mütənasiblik əmsəli - α , yəni $t - x(t)$ zamanındakı halların sayı və $x'(t)$ bu anda epidemiyanın inkişaf sürətidir. Bu model quruluş baxımından determinə olunmuşdur, lakin modelləşdirmə məqsədləri baxımından təsviri xarakter daşıyır, çünki o, yalnız epidemiyanın inkişafını təsvir edir.

Epidemiyanın riyazi modelinin nəzəri öyrənilməsi

Riyaziyyat baxımından qurulmuş model (4) 1-ci dərəcəli diferensial tənlikdir. Bu tənliyi həll edək. Bunun üçün yeni dəyişən daxil edirik:

$$u(t) = \frac{1}{x(t)} \rightarrow \frac{du}{dt} = -\frac{1}{x^2(t)} \cdot \frac{dx}{dt} = u^2(t) \frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{u^2(t)} \frac{du}{dt}$$

Alınan ifadələri (4) düsturunda yerinə yazsaq, alırıq

$$-\frac{1}{u^2(t)} \frac{du}{dt} = \frac{\alpha}{u(t)} \left(N + 1 - \frac{1}{u(t)} \right) \rightarrow \frac{du}{dt} = -\alpha(N + 1) \cdot u(t) + \alpha$$

alırıq.

Sonuncu tənlik bircins olmayan diferensial tənlikdir, onun ümumi həlli məlumdur və aşağıdakı kimidir:

$$u(t) C e^{-\alpha(N+1)t} + \frac{1}{1+N} \quad (5)$$

burada C - bir qədər sabitdir. $x(t)$ funksiyasına qayıdaq.

$$x(t) = \frac{N+1}{C \cdot (N+1) \cdot e^{-\alpha(N+1)t} + 1} \quad (6)$$

(6) formulu (4) modelinin ümumi həllidir, konkret həlli tapmaq üçün $x(0) = 1$ başlanğıc şərtindən istifadə edərək C sabitini təyin edirik:

$$x(0) = \frac{N+1}{C \cdot (N+1) + 1} = 1 \rightarrow N+1 = C \cdot (N+1) + 1 \rightarrow C = \frac{N}{N+1}$$

$$x(t) = \frac{N+1}{N \cdot e^{-\alpha(N+1)t} + 1} \quad (7)$$

(7) düsturu ilə təyin olunan $x(t)$ funksiyası (4) riyazi modelinin dəqiq həllidir. Buradan belə çıxır ki, $x(t)$ xəstə insanların sayının t zamanının qiymətindən asılılığı eksponensialdır. Modelin öyrənilməsinə davam edək.

1. (7) düsturundan belə nəticə çıxır ki, t -nin qiymətinin artması ilə kəsrin məxrəci azalır, bu o deməkdir ki, $x(t)$ xəstə insanların sayı artır. Bu artımın nə qədər davam edəcəyini öyrənək. (7) düsturunu fərqləndirərək, epidemiyanın yayılması sürəti üçün bir ifadə alırıq:

$$x'(t) = v(t) = \frac{\alpha(N+1)^2 N \cdot e^{-\alpha(N+1)t}}{(N \cdot e^{-\alpha(N+1)t} + 1)^2} \quad (8)$$

2. $v(t)$ epidemiya dərəcəsinin necə dəyişdiyini öyrənmək üçün (8) düsturunu diferensiallayaq:

$$v'(t) = \frac{\alpha^2(N+1)^3 N [N \cdot e^{-2\alpha(N+1)t} - e^{-\alpha(N+1)t}]}{(N \cdot e^{-\alpha(N+1)t} + 1)^3} \quad (9)$$

(9) düsturundan belə çıxır ki, sürətin törəməsi $V'(t) = 0$ olarsa,

$$N e^{-2\alpha(N+1)t} - e^{-\alpha(N+1)t} = 0 \rightarrow N = e^{\alpha(N+1)t}$$

3. Son ifadənin loqarifmini götürərək:

$$\ln(N) = \alpha(N+1)t \rightarrow t = \frac{\ln(N)}{\alpha(N+1)} \quad (10)$$

Beləliklə, (10) düsturu ilə müəyyən edilmiş t zaman qiymətində sürətin törəməsi $v'(t) = 0$.

$t \in \left[0, \frac{\ln(N)}{\alpha(N+1)}\right]$ olarsa, onda (9) düsturundan belə çıxır ki, $v'(t) > 0$, yəni, $v(t)$ funksiyası bu intervalda artır.

$t \in \left[\frac{\ln(N)}{\alpha(N+1)}, \infty\right]$ olarsa, onda (9) düsturundan belə çıxır ki, $v'(t) < 0$, yəni $v(t)$ funksiyası bu intervalda azalır.

Nəticə: $v(t)$ epidemiya dərəcəsi əvvəlcə artır, müəyyən edilmiş $t = \frac{\ln(N)}{\alpha(N+1)}$ düsturu ilə t

qiymətində maksimuma çatır, sonra azalmağa başlayır.

Epidemiyanın riyazi modelinin nəzəri tədqiqi nəticəsində əldə edilən bu nəticə bəşəriyyətin həyat təcrübəsi ilə təsdiqlənir. Bütün epidemiyalar əvvəlcə sürətlə inkişaf edir, sonra isə azalır.

Bəzi araşdırmalar aparırıq. (10) düsturu ilə müəyyən edilmiş t ifadəsini (7) düsturunda yerinə yazaraq, onda alırıq:

$$x(t) = \frac{N+1}{2}$$

Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, t zamanında epidemiyanın sürəti maksimuma çatdıqda, eksperimental qrupdakı insanların təxminən yarısı xəstələnəcəkdir. Bu o deməkdir ki,

$$T = \frac{2 \ln(N)}{\alpha(N+1)} \quad (11)$$

zamanında qrupdakı bütün insanlar xəstələnəcək. (11) düsturu ilə müəyyən edilən T vaxt intervalı “epidemiyanın yoluxucu dövrü” adlanır. Bunun sonunda qrupdakı bütün insanlar xəstələnəcək və epidemiya yayılmağı dayandırılacaq.

Beləliklə, epidemiyanın inkişafının riyazi modelini quraraq və onu nəzəri cəhətdən öyrənərək, məsələnin sualına cavab aldıq.

Epidemiyanın riyazi modelini həll etmək üçün Eyler-Koşi metodundan istifadə

Epidemiyanın inkişafının qurulmuş riyazi modeli üçün dəqiq həll tapıldı. Lakin, bir qayda olaraq, diferensial tənliklərlə təmsil olunan əksər modellər üçün dəqiq həll tapmaq mümkün deyil, ona görə də onları həll etmək üçün təxmini həll üsullarından istifadə olunur. Bunlara, xüsusən də ədədi formada diferensial tənliyin təxmini həllini əldə etməyə imkan verən Eyler-Koşi metodu daxildir. Bu metodun riyazi modelə münasibətdə necə istifadə oluna biləcəyini nəzərdən keçirək (4).

Əvvəlcə metodun ideyasını nəzərdən keçiririk. Diferensial tənlik

$$y' = f(x,y) \quad (12)$$

olsun. Burada y' $y(x)$ funksiyasının törəməsidir, $f(x,y)$ hansısa funksiyadır. Onun həllini, yəni ilkin şərti ödəyən $y(x)$ funksiyasını tapmaq tələb olunur.

$$y(x_0) = y_0 \quad (13)$$

Həlli tapmaq üçün bir-birindən bərabər məsafədə olan $X_0, X_1, X_2, X_3, \dots, X_i \dots$ harada ki, $x_i = x_0 + i \cdot h$ ($i = 0, 1, 2, \dots$), nöqtələr sistemi qurulur, h isə kifayət qədər kiçik addımdır. Bu nöqtələrdə təklif olunan düsturlara uyğun olaraq arzu olunan funksiyanın dəyəri növbə ilə Eylər və Koşinin təklif etdiyi formul ilə hesablanır.

$$y_{k+1}^* = y_k + h \cdot f(x_k, y_k); \quad (14)$$

$$y_{k+1} = y_k + h(f(x_k, y_k) + f(x_k, y_{k+1}^*)) / 2;$$

Bu üsuldan istifadə etmək üçün (4) epidemiyanın riyazi modelini aşağıdakı kimi təqdim edirik:

$$x'(t) = f(x), \text{ harada ki, } f(x) = \alpha x(t) [N+1 - x(t)], \quad (15)$$

burada axtarılan funksiya $x(t)$ epidemik modelin həllidir. (15) tənliyi üçün Eylər-Koşi düsturları (14) düsturuna nisbətən daha sadə forma alır.

$$x_{k+1}^* = x_k + h \cdot f(x_k);$$

$$x_{k+1} = x_k + h(f(x_k) + f(x_{k+1}^*)) / 2; \quad (16)$$

$$t_{k+1} = t_k + h; \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Epidemiya inkişafının kompüter modeli

Epidemiyanın inkişafının kompüter modelində məsələnin həlli Eylər-Koşi üsulu ilə tapılır, yəni (16) düsturu ilə müəyyən edilmiş alqoritmə əsaslanır.

program Epidemia;

uses Crt, Graph;

var gD, gM, i, j, k, bg, bv, g0k, v0k, tk, xk, vk: **integer**;

a, t0, t1, tt, x0, xp, x1, dt, b, x2, ag, av, kg, kv, v: **real**;

ags, avs, ts: **string**; N : **longint**; t, x, z: **array** [1..2000] **of real**;

function f (x: **real**): **real**;

begin f:=a*x*(N+1-x); **end**;

BEGIN

clrscr;

write ('Qrupdakı insanların sayını daxil edin N '); **readln** (N);

write ('Mütənəsblik əmsalını daxil edin a '); **readln** (a);

write ('Zaman addımını daxil edin dt '); **readln** (dt);

write ('Epidemiyanın başlanğıc vaxtını daxil edin t0 '); **readln** (t0);

write ('İnfeksiya mənbələrinin sayını daxil edin x0 '); **readln** (x0);

i:=0; v:=0;

repeat

i:=i+ 1; t[i]:=t0; x[i]:=x0; z[i]:=v;
xp:=x0+dt*f(x0); x1:=x0+dt*(f(x0)+f(xp))/2; v:=f(x0);
t0:=t0+dt; x0:=x1;

until round (x0 +1) >= N +1;

clrscr;

writeln (' Addım i, Zaman t, Xəstələnlərin sayı x, Sürət v');

if i < 25 **then** k:=1 **else if** i<40 **then** k:=2 **else** k:= round(i/20);

for j:=1 **to** i **do if** (j mod k = 0) **then**

```

writeln(' ',j:3,' ',t[j]:5:2,' ',x[j]:5:0,' ',z[j]:5:0);
writeln(' ',i:3,' ',t[i]:5:2,' ',x[i]:5:0,' ',z[i]:5:0);
readln;
gD:=Detect; Initgraph(gD, gM, ' ');
g0k:=20; v0k:=420;
setbkcolor(15); setcolor(1);
bg:=30; bv:=100; ag:=1.5; av:=260; kg:=bg/ag; kv:=bv/av;
line(10,v0k,620,v0k); line(615,v0k-5,620,v0k);
line(615,v0k+5,620,v0k); outtextxy(625,v0k-10,'t');
line(g0k,10,g0k,450); line(g0m-5,15,g0k,10);
line(g0k+5,15,g0k,10); outtextxy(5,5,'X/V');
outtextxy(5,v0k+10,'O');
for j:=1 to 25 do line(g0k+j*bg, v0k+5, g0k+j*bg, v0k-5);
for j:=1 to 4 do line(g0k-5, v0k-j*bv, g0k+5, v0k-j*bv);
str(ag:2:1,ags); outtextxy(g0k-10+bg,v0k+10,ags);
str(av:3:0,avs); outtextxy(g0k+10,v0k-bv,avs);
for j:=1 to i do
begin
tk:=round(g0k + kg*t[j]);
xk:=round(v0k - kv*x[j]);
vk:=round(v0k - kv*z[j]);
setcolor(2); circle(tk,xk,1);
setcolor(5); circle(tk,vk,1);
end;
str(N:6,ags); str (a:6:3,avs); str(t0:6:2,ts);
setcolor(1);
outtextxy(50,450, 'N=' + ags+ ' a=' +avs+ ' Yoluxucu dövr T=' +ts);
tt:= 2*ln(N)/(a*(N + 1)); str(tt:6,ts);
outtextxy(50, 460, 'Nəzəri yoluxucu dövr
T=' +ts);
readkey; closegraph;
END.

```

Proqramın nəticələri göstərilir:

1. Birincisi, aşağıdakıları göstərən bir cədvəl şəklində:

- a) diskret vaxtlar $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$;
- b) bu vaxtlarda xəstələrin sayı $x(t_1), \dots, x(t_n)$;
- c) bu vaxtlarda epidemiyanın sürəti $v(t_1), \dots, v(t_n)$.

4. Sonra, müvafiq massivlərdən götürülmüş məlumatlara əsasən, qurulan $x(t)$ və $v(t)$ -nin t-yə qarşı süjetləri şəklində.

Cədvəl və qrafiklər müvafiq olaraq epidemiyanın inkişafının cədvəl və qrafik modelləridir.

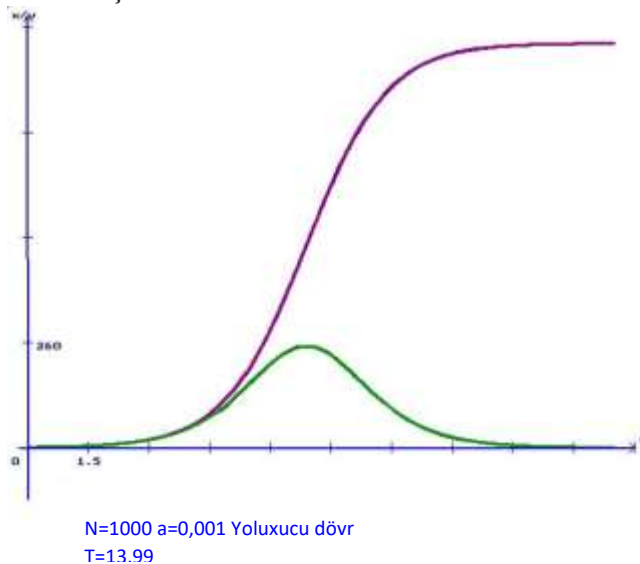
Əgər proqrama $N = 1000$, $a = 0.001$, $dt = 0.001$, $t_0 = 0$, $x_0 = 1$ verilənləri daxil etsək, onda proqramın işinin nəticələri aşağıdakı cədvəl və qrafikdəki kimi olacaq.

Epidemiyanın inkişafının model-cədvəli

Addım (i)	Zaman (t)	Xəstələnlərin sayı (x)	Epidemiyanın sürəti (v)
100	0.99	3	2
200	1.99	7	7
300	2.99	20	19

400	3.99	52	48
500	4.99	130	112
600	5.99	289	204
700	6.99	525	250
800	7.99	751	188
900	8.99	892	98
1000	9.99	958	41
1100	10.99	985	16
1200	11.99	995	6
1300	12.99	999	2
1400	13.99	1000	0

Model cədvəlindən belə çıxır ki, epidemiya prosesini simulyasiya edən sikl 1400 dəfə yerinə yetiriləcək. Epidemiyanın “yoluxucu” dövrü 13,99 vahiddir və bu vaxt saatlar, günlər, həftələr, aylar ola bilər. Bu müddət ərzində qrupdakı bütün insanlar xəstələnəcək. Maksimum sürət dəyəri = 250 nəfər yoluxucu dövrün ortasına düşür.



Epidemiyanın inkişafının model-qrafiki

Model-qrafikdən görüldüyü kimi, halların sayı əvvəlcə kəskin şəkildə artır və təxminən 10 zaman vahidindən sonra praktiki olaraq dəyişmir.

ƏDƏBİYYAT

1. Андреева Н.М. Практикум по информатике. Учебное пособие./ Н.П.Андреева, Н.И.Пак, Н.Н.Василюк, Е.К.Хенер . С.Петербург: Лань, 2018. 248 с.
2. Алексеев Д.В. Введение в компьютерное моделирование физических задач: Использование Microsoft Visual Basic / Д.В.Алексеев. М.: Ленанд, 2019. 272 с.
3. Боев В.Д. Имитационное моделирование систем: учеб. пособие для прикладного бакалавриата // М. : Издательство Юрайт, 2017. 253 с.
4. Гербеков Х.А., Башкаева О.П. Место математического и компьютерного моделирования в системе современного общего образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2017. Том 14. С.17-

5. Градов В.М. Компьютерное моделирование: Учебник / В.М.Градов, Г.В.Овечкин, П.В.Овечкин и др. М.: Инфра-М, 2016. 784 с.
6. Колупаева С.Н. Математическое и компьютерное моделирование. Учебное пособие / С.Н.Колупаева. Томск, Школьный университет, 2008. 208с.
7. Королев А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум / А.Л.Королев. М.: Бином, 2015. 296 с.

SUMMARY

Konul Mammadova, Annagi Asgarov FOR ESTABLISHING THE MATHEMATICAL MODEL OF THE EPIDEMIC USING THE EULER-CAUCHY METHOD

Doctors have always wondered how to deal with epidemics that claim the lives of millions of people. When mathematicians became interested in this, the first mathematical models appeared that served the purpose of prediction and were applied in the field of medicine.

With the advent of the first electronic computers in the mid-1950s, the next stage in the development of epidemic models was formed, and the number of scientific articles and publications on mathematical and computer modeling of epidemics began to increase rapidly.

The article describes a theoretical study of the mathematical model of the epidemic.

For most models represented by differential equations, it is impossible to find an exact solution, so approximate solution methods are used to solve them. These include, in particular, the Euler-Cauchy method, which makes it possible to obtain an approximate solution of a differential equation in numerical form. It is considered how this method can be used in relation to a mathematical model.

Key words: equation, epidemic, model, method, graph, formula

РЕЗЮМЕ

Конуль Мамедова, Аннаги Аскеров ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭПИДЕМИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЭЙЛЕРА-КОШИ.

Врачи всегда задавались вопросом, как бороться с эпидемиями, уносящими жизни миллионов людей. Когда этим заинтересовались математики, появились первые математические модели, которые служили цели предсказания и применялись в области медицины.

С появлением первых электронно-вычислительных машин в середине 1950-х гг. сформировался следующий этап в развитии моделей эпидемий, и количество научных статей и публикаций по математическому и компьютерному моделированию эпидемий стало быстро увеличиваться.

В статье описано теоретическое исследование математической модели эпидемии.

Для большинства моделей, представленных дифференциальными уравнениями, невозможно найти точное решение, поэтому для их решения используются приближенные методы решения. К ним относится, в частности, метод Эйлера-Коши, позволяющий получить приближенное решение дифференциального уравнения в численной форме. Рассмотрено, как этот метод можно использовать применительно к математической модели.

Ключевые слова: уравнение, эпидемия, модель, метод, график, формула

AYNURƏ SEYİDOVA
Naxçıvan Dövlət Universiteti

RİYAZİYYAT TARİXİNİN RİYAZİ TƏLİMDƏ YERİ VƏ ROLU

Riyaziyyatın mənşəyi insanların rəqəmləri və həndəsi formaları anlamağa başlamasına əsaslanır. Riyaziyyatın tarixi riyazi fikrin təkamülünü və riyazi nəzəriyyələrin necə inkişaf etdiyini başa düşmək üçün vacibdir. Riyazi nəzəriyyələr çox vaxt əvvəlki nəzəriyyələrdən və ya riyazi mülahizələrdən irəli gəlir. Buna görə də o, riyaziyyatın universal dil olması elmi kəşflərdə mühüm rol oynamışdır. Riyaziyyat təbiətin qanunlarını və hadisələrini anlamağa kömək edən bir vasitədir. Fizika, kimya və digər təbiət elmləri riyazi nəzəriyyələrdən istifadə etmədən indiki uğurlarına nail ola bilməzdi. Bununla belə, riyaziyyatın universal bir dil olması faktı həm də riyazi fikirlərin düzgün başa düşülməsinin vacibliyini vurğulayır. Riyazi fikirlərin səhv başa düşülməsi və ya yanlış tətbiqi səhv nəticələrə səbəb ola bilər. Ona görə də riyazi təfəkkürün düzgün öyrənilməsi və tətbiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: *riyaziyyat, tarix, təlim, riyaziyyatçı, elm, təfəkkür*

Riyaziyyat, elm, texnologiya və ticarət kimi beynəlxalq arenada mühüm əhəmiyyətə malikdir. Riyazi təfəkkürün əhəmiyyətinin böyüklüyü danılmaz faktdır. Rəqəmsal texnologiyaların yayılması ilə riyazi alqoritmlərdən istifadə daha geniş yayılmışdır. Süni intellekt, məlumatların təhlili, kriptografiya və digər sahələrdə riyazi nailiyyətlər dünyanın bir çox sənaye sahələrində istifadə olunur. Həmişə məlumdur ki, XXI əsr texnologiyanın sürətlə inkişaf etdiyi bir əsrdir. Biz, əhalinin sosial rifahının inkişafının əsas istiqaməti kimi cəmiyyətin zamanla ayaqlaşmalı və inkişaf etdiyi bir informasiya cəmiyyətində yaşayırıq. Riyaziyyat bütün müasir texnologiyaların və elmi tədqiqatların əsasını təşkil edir. Müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının (İKT) yaradılması ilk növbədə riyazi fəaliyyətə əsaslanır. Hər kəs üçün riyazi savad - mədəniyyətin, sosial, şəxsi və peşəkar sərəştənin zəruri bir elementidir. Riyaziyyat, XXI əsrdə hər hansı bir ölkənin inkişafında vacib bir element, innovativ və texnoloji potensialın əsası ola bilər (4). Bu baxımdan riyazi kəşflər bu gün həyatımızın bir çox sahələrində istifadə olunur və gələcəkdə daha çox əhəmiyyət kəsb edəcək. Riyaziyyat yeganə elm sahəsidir ki, istənilən irqə, dilə mənsub olan birisi ilə riyazi dildə danışmaq olar. Yəni riyazi anlayışlar dil, mədəniyyət və coğrafiya kimi sərhədləri aşır və bütün dünyada başa düşülə bilər. Başqa sözlə desək, riyaziyyat bir dildir. Əgər elmin məqsədi kainatı tədqiq etməkdirsə, yəni kainatdakı hər şeyi anlamaq, hökmranlıq etmək və istiqamətləndirmək istəyiriksə, təbiətin kitabını oxumağı bacarmalıyıq. Təbiətin kitabı isə riyaziyyatın dilində yazılmışdır. Onun hərfləri həndəsə fiqurlarıdır. Bunları başa düşmək və şərh etmək üçün riyaziyyat dilini bilməliyik (6).

Riyaziyyat bu gün təhsil sistemində mühüm yer tutur və bir çoxları üçün çətin fənn hesab olunur. Bu baxımdan riyazi təfəkkürün tarixi və inkişafı haqqında bilgilər bizə riyaziyyatın nə üçün vacib olduğunu və ondan necə istifadə edildiyini daha yaxşı anlamağa kömək edə bilər. Bundan əlavə riyazi təhsildə şagirdlərin riyazi düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə kömək edən çoxlu müxtəlif riyazi düşünmə strategiyaları mövcuddur. Belə ki, riyazi nəzəriyyələrin tarixini bilmək bizə bu nəzəriyyələrin necə inkişaf etdiyini və niyə belə formalaşdığını anlamağa kömək edə bilər. Bildiyimiz kimi riyaziyyat təhsilinin məqsədi öyrənilərdə öyrənməni maksimum dərəcədə artırmaqdır. Çünki, riyaziyyat fənni üzrə öyrənmə qüsuru olan tələbənin sonrakı fəaliyyətində uğur qazanması çətindir (3, s.183).

Ümumiyyətlə, riyaziyyat sözü ilk dəfə e.ə.550-ci illərdə Pifaqor məktəbinin üzvləri tərəfindən işlədilmişdir. Mənası “öyrənmək lazım olan”, “bilik” deməkdir (2, s.11).

Riyaziyyat tarixi bəşər tarixi boyu riyaziyyatın necə inkişaf etdiyini və bu gün riyazi düşüncənin necə formalaşdığını anlamaq üçün vacibdir. Riyaziyyat tarixi bəşər tarixi boyu riyazi fikrin inkişafını araşdırır. Riyaziyyat tarixi bəşəriyyətin riyazi təfəkkürünün inkişafı ilə bağlı tarixi hadisələri araşdırır.

Riyaziyyatın mənşəyi insanların rəqəmləri və həndəsi formaları anlamağa başlamasına əsaslanır. Riyaziyyatın tarixi riyazi fikrin təkamülünü və riyazi nəzəriyyələrin necə inkişaf etdiyini

başla düşmək üçün vacibdir. Riyazi nəzəriyyələr çox vaxt əvvəlki nəzəriyyələrdən və ya riyazi mülahizələrdən irəli gəlir. Buna görə də, riyazi nəzəriyyələrin tarixini bilmək bizə bu nəzəriyyələrin necə inkişaf etdirildiyini və niyə belə formalaşdığını anlamağa kömək edə bilər.

Düşüncələrimizə istiqamət verən və onları formaya salan riyaziyyat hərtərəfli inkişaf etməyimizdə hər zaman mühüm rol oynamışdır. Riyaziyyat tarixi riyazi fikrin təlim və tərbiyəsində də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Riyaziyyata dünyəvi səviyyədə töhfələr verən Xarəzmi kimi dəyərləri tanımağımız şübhəsiz ki, riyazi təlim alan hər kəsə müsbət istiqamətdə təsir edəcək. Bizim biz olmağımız üçün mənliliyimizin təməli olan keçmişdəki dəyərlərimizi araşdırıb öyrənməyimiz son dərəcə önəmlidir. İstər milli, istərsə də beynəlxalq səviyyədə son illərdə riyaziyyat tarixinin riyazi təlimdəki yeri, riyaziyyatın öyrənilməsindəki rolu riyaziyyat təlimçiləri arasındakı geniş müzakirə olunmaqdadır. Bu sahədəki tətbiqlərin və araşdırmaların nəticələrinə beynəlxalq konfranslarda tez-tez rast gəlinir. Məsələn, riyaziyyat tarixinin riyaziyyat təlimi ilə bütünləşməsi “International Congress on Mathematics Education”-İCME-nin əsas mövzusu olmuşdur. Riyaziyyat tarixinin təlimdə roluna gəldikdə isə biz əvvəlcə “riyaziyyat tarixi vasitəsilə tələbələr nə qazana bilər?” sualına cavab tapmağa çalışmalıyıq.

Ümumiyyətlə, riyaziyyat tarixi ilk növbədə riyaziyyatdakı kəşflərin mənşəyini və daha az dərəcədə riyazi üsulları araşdıran elmi tədqiqat sahəsidir (5).

Bundan əlavə:

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatın özünü yeniləyə bilər, yəni inkişaf edən biri olduğunu göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatçıların fəaliyyəti haqqında məlumat verəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyin tədris proqramında yer alan mövzulara marağını artıracaq;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatın digər elmlərlə əlaqəsini göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə əhəmiyyətli anlayışları, riyaziyyatçıları xronoloji ardıcılıqla öyrədəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyazi qaydaların, düsturların, təriflərin arxasındakı səbəbləri göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatın dünya səviyyəsindəki ölçüsünü göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixində yer alan tarixi problemlər öyrənilməyin riyazi düşüncəsinin inkişafını dəstəkləyəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatın düşüncələrimizə necə təsir etdiyini göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə cəmiyyətin inkişafında riyaziyyatın oynadığı rolu göstərəcək;

- Riyaziyyat tarixi öyrənilməyə isbat etmənin, təkzib etmənin, ehtimal vermənin, öngörmənin necə əvəzənilməz məşğuliyyət olduğunu göstərəcək;

- Ən önəmlisi isə riyaziyyat tarixi öyrənilməyə riyaziyyatın göydən hazır şəkildə enmədiyini göstərəcək (1, s.4).

Yekun olaraq qeyd edək ki, riyaziyyat tarixi riyazi fikrin təkamülü, riyazi nəzəriyyələrin inkişafını bilmək üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. O, həmçinin riyazi tənqidi bəşər tarixinə təsirini anlamağa kömək edir və riyaziyyatın tədrisində mühüm rol oynayır.

Riyaziyyatın mənşəyi insanların rəqəmləri və həndəsi formaları anlamağa başlamasına əsaslanır. Riyaziyyatın tarixi riyazi fikrin təkamülünü və riyazi nəzəriyyələrin necə inkişaf etdiyini başla düşmək üçün vacibdir. Riyazi nəzəriyyələr çox vaxt əvvəlki nəzəriyyələrdən və ya riyazi mülahizələrdən irəli gəlir. Buna görə də, riyazi nəzəriyyələrin tarixini bilmək bizə bu nəzəriyyələrin necə inkişaf etdirildiyini və niyə belə formalaşdığını anlamağa kömək edə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. A.Baki. Riyaziyyat tarixi və fəlsəfəsi. Ankara, 2020. s.409
2. A.Ülgər. Riyaziyyatın qısa bir tarixi. Ankara. 2006. 68 s.
3. E.T.Ramazan. Matematik təhsilində öyrənmə güclükləri Dikici Kahramanmaraş Mustafa Kemal Üniversitesi Sosial Bilimler Enstitüsü Dergis. 2008. 5.Cilt Sayı 9. 183
4. M.Mərdanov. Elmlərin sultanı - riyaziyyat. 525-ci qəzet. 15 mart 2021
5. https://tr.wikipedia.org/wiki/Matematik_tarihi
6. <https://www.apsistek.com/index.php/2018-10-09-09-01-25/matematik-blog/7-matematik-tarihi>

NURAY RZAYEVA
nuray1993.rn@gmail.com
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu
ZİNYƏT ƏLİYEVA
zinyet.esger@gmail.com

STEAM TƏHSİLİNDƏ RİYAZİYYAT

Bilik və məlumat cəmiyyəti olaraq yeni intellektual dəyər yarada bilən muxtar və yaradıcı insan qaynaqları sadəcə olaraq biliyi əzbərləmək əvəzinə verilən bilik və məlumatın inkişafını tələb edir. Yaradıcılığın inkişafı baxımından riyaziyyat çox vacib bir fəndir. Bununla belə, bir çox tələbə riyaziyyatın ehtiyacını və dəyərini hiss etmir. Riyaziyyat bir çox elmi və texnoloji sahələrə giriş qapısıdır. Riyaziyyatı öyrənməmək tələbələrin bir sıra vacib fənləri öyrənmək imkanlarını məhdudlaşdırır, beləliklə, onların gələcək iş imkanlarını məhdudlaşdırır və cəmiyyəti savadlı vətəndaşlardan məhrum edir.

STEAM təhsili riyaziyyatı öyrənmənin səmərəliliyini artırır və motivasiya olmaqla yanaşı, tələbələrin ona qarşı marağının inkişafına müsbət təsir göstərir. STEAM təhsilində riyaziyyat fənni tələbənin inkişafı üçün əvəzəlməz əhəmiyyət kəsb edir. Bu təhsilinin arxasında duran ideya elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyatın əhəmiyyətini vurğulamaq və bu fənn sahələrinin tədrisini daha çox inteqrasiya etməyə təşviq etməkdir. Buna görə də tələbələrin riyazi maraqlarını artırmaq üçün STEAM proqramını inkişaf etdirmək lazımdır.

***Açar sözlər:** STEAM təhsili, riyazi maraq, öyrənmə, riyaziyyat .*

STEAM- təhsili real dünya problemlərini həll etmək üçün elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyat sahələrində müxtəlif fənləri birləşdirir. Bu ayrı-ayrı fənləri hər yerdə yayılmış STEAM akroniminə birləşdirildiyi üçün müəllimlər, tədqiqatçılar, siyasətçilər və maliyyəçilər diskret fənləri inteqrasiya etmək üçün çalışmışlar. İnteqrasiya prosesi adətən kurrikulumun hazırlanması, köməkçi materialların nəşri və peşəkar inkişaf yolu ilə yeni təlimat materialları, təcrübələrin tətbiqi ilə başlayır. STEAM-in inteqrasiyası problemi müəllim hazırlığı və müəllimlərin peşəkar inkişafı ilə bağlıdır. STEAM-i daha əlaqəli şəkildə, xüsusən də real dünya problemləri kontekstində öyrətmək STEAM fənlərini tələbələr və müəllimlər üçün daha uyğun edə bilər. Bu da öz növbəsində öyrənmə motivasiyasını artırır və tələbə marağını, nailiyyətlərini, əzmkarlığını yaxşılaşdırmağa bilər.

Riyaziyyat adətən çətin fənn kimi qəbul edilir. Hətta , çoxları düşünür ki, “hər kəs riyaziyyatda yaxşı ola bilməz” . Bu cür qavrayışlarla bir çox tələbələr riyaziyyatın onlardan tələb olunmamasından qısa müddət sonra riyaziyyatı öyrənməyi dayandırır. Riyaziyyatı öyrənməkdən imtina etmək riyaziyyatı “istəyə bağlı” hesab edənlər üçün məqbul görünə bilər, lakin bu, bütövlükdə cəmiyyət üçün çox problemlidir. Riyaziyyat bir çox elmi və texnoloji sahələrə giriş qapısıdır. Onu tərk etmək tələbələrin bir sıra vacib fənləri öyrənmək imkanlarını məhdudlaşdırır, beləliklə, onların gələcək iş imkanlarını məhdudlaşdırır və cəmiyyəti kəmiyyətcə savadlı vətəndaşların potensial fondundan məhrum edir. Bu vəziyyət dəyişdirilməlidir, xüsusən tələbələrə iyirmi birinci əsrdə kəmiyyət və hesablama savadlılığına davamlı artan tələbata hazırlayarkən) .

STEAM fənləri tələbələrin fərdi, qrup halında təbii və ya süni dünya ilə aktiv şəkildə əlaqə saxlaması, onu tədqiq etməsi, sonra ideyaları xüsusi izahatla birlikdə inkişaf etdirməsi, sınaqdan keçirməsi, təkmilləşdirməsi, istifadə etməsi ilə eyni konseptual məna yaratmaq prosesini bölüşür. Riyaziyyat “empirik” bir fənn kimi düşünüləydi, digər STEAM fənləri ilə əlaqələr güclənərdi.

Riyaziyyatın belə inteqrasiya olunmuş yaşamağa uyğun olub-olmaması və necə olması mübahisə doğuran məsələdir. Riyaziyyat təkcə elm, texnologiya, incəsənətdən və mühəndislikdən daha çox tətbiq sahələrini əhatə edir. Beləliklə, modelləşdirmə, mühəndislik dizaynı və müxtəlif fənlərin inteqrasiyasını əhatə edən real həyat tətbiqləri riyaziyyatda nəzərə alınmalıdır. Bu gün riyaziyyat kompüterlər tərəfindən həyata keçirilir və qalan riyazi iş praktiki məsələnin riyazi

məsələyə çevrilməsində yerləşir. Beləliklə, tələbələrə gələcəyə hazırlamaq üçün riyaziyyatda daha geniş çeşidli fənlərin inteqrasiyası nəzərə alınmalıdır.

Riyaziyyatın faydalı olması üçün öyrədilməli olduğunu iddia edən Freudenthala istinad edilmişdir. O, iddia edirdi ki, “Obyektiv mənada ən mücərrəd riyaziyyat, şübhəsiz ki, həm də ən çevikdir. Lakin subyektiv olaraq deyil, çünki bu, bu çeviklikdən istifadə edə bilməyən şəxslərə sərf olunur” (Freudenthal, 1968, s.5). Digər bir qeyd ondan ibarətdir ki, STEAM subyektlərinin inteqrasiyasının faydaları ilə yanaşı, xərclər də var. Bunlar məktəb səviyyəsində davamlı obyektlərə (vaxt, maliyyələşdirmə, cədvəl, otaq), müəllim öhdəliyinə, peşəkar inkişafa və müəllim dəstəyinə aiddir. Tələbələrin əksəriyyəti riyaziyyatı vacib fənn kimi tanıyır, lakin çox az tələbə riyaziyyatın dəyərini düzgün dərk edir. STEAM təhsili riyaziyyat öyrənmənin səmərəliliyini artırır və motivasiya olmaqla yanaşı, tələbələrin marağının inkişafına müsbət təsir göstərir. [2]

STEAM təhsilində riyaziyyat fənni tələbənin inkişafı üçün danılmaz əhəmiyyət kəsb edir. Bu təhsilin arxasında duran ideya elm, texnologiya, mühəndislik, incəsənət və riyaziyyatın əhəmiyyətini vurğulamaq və bu fənn sahələrinin tədrisini daha çox inteqrasiya etməyə təşviq etməkdir. Bu sahələr arasında riyaziyyat ən köklü akademik fənlərdən biridir. Bununla belə, riyaziyyatın təhsil boyu əhəmiyyətini vurğulamaq da vacibdir.

STEAM təhsili elm, texnologiya, mühəndislik və riyaziyyatı ifadə edən STEM təhsilindən yaranan bir anlayışdır. STEAM təhsili son vaxtlar təhsilin inkişafı tendensiyasına çevrilmiş və bütün fənlərarası müəssisə üçün öyrənməyi təşviq etmişdir. Biz bunu erkən uşaqlıq təhsilindən ali təhsilə qədər bütün təhsil mərhələlərində görə bilərik.

Riyaziyyat və fizika müəllimləri bu iki fənnin tədrisinin həm nəzəri, həm də praktiki aspektlərindən istifadə edən dərslərdə iştirak etməyə dəvət edən müəllim hazırlığı proqramı yaratmağı qarşısına məqsəd qoymalıdırlar. Müəllimlər riyaziyyat və fizika baxımından modelləşdirmənin mənasını, təcrübələrini araşdırmalıdırlar. Bu nəzəri əsaslar daha sonra müəllimlərə fizika və riyaziyyatı potensial olaraq birləşdirən dərslər yaratmağa kömək edə və bundan sonra öz siniflərində istifadə etməyə imkan yarada biləcəkdir. Bu baxımdan fizika və riyaziyyatdan ayrı-ayrılıqda məlumatlı olan müəllimlər üçün müvafiq təlimatı tərtib etmək olar ki, onlar bu ikisini inteqrasiya vasitələri haqqında məlumatlı olsunlar.

Riyaziyyat vacib akademik fəndir, çünki o, hesab aparmaq bacarığı və formalar, bucaqlar və məsafələr haqqında anlayış kimi əsas həyati bacarıqları öyrədir. Bir çox digər akademik fənlərlə müqayisədə əsas üstünlüklərdən biri də onun anlayışlarının daha universal olması və müxtəlif dillərə asanlıqla keçməsidir. [4]

Riyaziyyat sahəsi tələbələrə həqiqətin əhəmiyyətini, qanunauyğunluqları və meylləri müəyyən etməyin dəyərini, strukturun məqsədini, məntiq və mülahizələrdən istifadə ehtiyacını öyrətmək üçün də istifadə edilə bilər. Bu cür bacarıq və qabiliyyətlər digər sahələrə də ötürülə bilər və beləliklə, daha ümumi səviyyədə idrak inkişafı üçün həlledici ola bilər. Məsələn, riyaziyyat mühasibat uçotu və maliyyə, tibb, informasiya texnologiyaları kimi sahələrin statistika və rəqəmsal məlumatların əsas rol oynadığı hər hansı bir sahənin mühüm hissəsidir.

Təlim nəticələrini yaxşılaşdırmaq üçün tövsiyə edilən ideyalardan biri də bəzi ənənəvi riyaziyyat problemlərini daha inteqrasiya olunmuş şəkildə tərtib etməklə riyaziyyatı öyrətməyə çalışmaqdır ki, bu da tələbələrə anlayışları real həyat vəziyyətləri ilə əlaqələndirməyə imkan verir. Bu, riyaziyyatın artıq əsas rol oynadığı fizika və mühəndislik kimi sahələr üçün nisbətən sadədir, lakin bunu qalan STEAM təhsil sahələri ilə də etmək olar. Məktəbdaxili STEAM proqramları tələbələrə qruplar şəklində işləmək üçün bir neçə imkan verir ki, onlar robot layihələndirsinlər, Minecraft-da naxış yaratsınlar, LEGO EV3, Ozobot və ya Sphero kimi robotları perimetr ətrafında və ya ritmlə hərəkət etdirsinlər. [5]

Riyaziyyat uzun müddətdir əsas akademik fənlərdən biri hesab olunur, ona görə də onun STEAM təhsili konsepsiyasına daxil edilməsi bəlkə də təəccüblü deyil. Bununla belə, STEAM konsepsiyasının əsas prioritetlərindən biri inteqrasiyanı təşviq etməkdir ki, bu da müəllimlər və akademik institutlar üçün həqiqətən də əsas çıxış yoludur.

Şagirdlərin məşğulluğunu və ümumi öyrənmə nəticələrini yaxşılaşdırmaq üçün riyazi anlayışları real dünya vəziyyətlərinə tətbiq etmək faydalı ola bilər ki, tələbələr riyaziyyat problemlərini asanlıqla müəyyən etsinlər.

ƏDƏBİYYAT

1. Dong-Hee Lee. (2009). The Effect of Climbing Learning Method on Mathematical Creativity and Inclination for Mathematical Creativity. Master Thesis. Busan national University.
2. Byeng-Jo Kim. (2002). The Study on the effectiveness of the creativity training program by DESK model. Master thesis. Kyung Hee University.
3. Woo-Jin Kim. (2012). STEAM Program Development and Application for Improving Creativity of the Gifted Elementary Student about Math Focused on 4D-Frame Teaching Aid Activity. Master thesis. Korea National University of Education
4. hyung-ju Park.(2012). A Study on analysis of Mathematical textbook based on STEAM Education. Master thesis. Ewha Womans University.
5. Sinclair N. (2009). Aesthetics as a liberating force in mathematics education? ZDM

III BÖLMƏ

NURİDƏ ƏKBƏROVA

nurida.akbarova@yahoo.com

XURAMAN MƏMMƏDOVA

memmedovaxuraman13@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

NƏZƏRİ PLANETOLOGİYA NƏDİR?

Planetar elm (və ya daha nadir hallarda planetologiya) planetlərin (o cümlədən Yerin), göy cisimlərinin (ay, asteroid, komet kimi) və planet sistemlərinin (xüsusən də Günəş sisteminin) və onların əmələ gəlməsi proseslərinin elmi tədqiqidir. O, mikrometeoroidlərdən tutmuş qaz nəhənglərinə qədər müxtəlif ölçülü obyektləri tədqiq edir, onların tərkibini, dinamikasını, formalaşmasını, qarşılıqlı əlaqəsini və tarixini müəyyən etmək məqsədi daşıyır. Bu, ilkin olaraq astronomiya və Yer elmindən yaranan və indi planetar geologiya, kosmik kimya, atmosfer elmi, fizika, okeanoqrafiya, hidrologiya, nəzəri planetşünaslıq və ekzoplanetologiya da daxil olmaqla bir çox fənləri özündə birləşdirən güclü fənlərarası sahədir.

Planet elminin bir-biri ilə əlaqəli müşahidə və nəzəri sahələri vardır. Müşahidə tədqiqatı, əsasən, uzaqdan zondlamadan istifadə edən robot-kosmik gəmi missiyaları ilə kosmik tədqiqatların birləşmələrini və Yer əsaslı laboratoriyalarda müqayisəli, eksperimental işləri əhatə edə bilər. Nəzəri komponentə xeyli kompüter simulyasiyası və riyazi modelləşdirmə daxildir.

Planet elminin tarixinin Hippolytusun dediyi qədim yunan filosofu Demokritlə başladığını söyləmək olar.

Daha müasir dövrdə planetar elm astronomiyada, həll olunmamış planetlərin tədqiqindən başladı. Bu mənada, orijinal planetar astronom Yupiterin dörd ən böyük peykini, Aydakı dağları kəşf edən və Saturnun halqalarını ilk dəfə müşahidə edən Qaliley oldu. 1609-cu ildə Qalileo Ay dağlarının, həm də yerdənkənar landşaftların tədqiqinə başladı: onun “Ayın, əlbəttə ki, hamar və cilalanmış səthə malik olmadığını” müşahidəsi onun və digər dünyaların “Yerin özü kimi” görünə biləcəyi fikrini irəli sürdü.

Teleskopun konstruksiyası və instrumental həlli sahəsindəki irəliləyişlər tədricən atmosferin, eləcə də planetlərin səthinin təfərrüatlarının daha çox identifikasiyasına imkan verdi. Ay Yərə yaxınlığına görə ilkin olaraq ən çox tədqiq edilən yer idi, çünki onun səthində həmişə mükəmməl xüsusiyyətlər nümayiş etdirilir və texnoloji təkmilləşdirmələr tədricən Ay haqqında daha ətraflı geoloji biliklər yaradırdı. Bu elmi prosesdə əsas alətlər astronomik optik teleskoplar (daha sonra radio teleskoplar) və nəhayət, kosmik zondlar kimi robot kəşfiyyat aparatları idi.

Günəş sistemi indi nisbətən yaxşı öyrənilmişdir və bu planet sisteminin formalaşması və təkamülü haqqında yaxşı ümumi anlayış mövcuddur. Bununla belə, çoxlu sayda həll edilməmiş suallar var və yeni kəşflərin sürəti çox yüksəkdir, bu qismən Günəş Sistemini hazırda tədqiq edən çoxlu sayda planetlərarası kosmik gəmi ilə bağlıdır.

Planetar astronomiya həm müşahidə, həm də nəzəri elmdir. Müşahidəçi tədqiqatçılar, əsasən, Günəş sisteminin kiçik cisimlərinin tədqiqi ilə məşğul olurlar: teleskoplar həm optik, həm də radio ilə müşahidə edilənlər, beləliklə, bu cisimlərin forma, spin, səth materialları və hava şəraiti kimi xüsusiyyətləri müəyyən edilir, onların yaranma və təkamül tarixini başa düşmək olar.

Nəzəri planetar astronomiya dinamika ilə məşğul olur: səma mexanikasının prinsiplərinin Günəş sisteminə və günəşdənkənar planet sistemlərinə tətbiqi. Ekzoplanetləri müşahidə etmək və onların fiziki xassələrini müəyyən etmək, ekzoplanetologiya Günəş sistemi tədqiqatlarından başqa əsas tədqiqat sahəsidir. Hər planetin öz qolu var.

<i>Planet və ya onun peyki</i>	<i>Mövzunun adı</i>	<i>Adı</i>
Merkuri	Hermologiya	Hermes
Venera	Siterologiya	Cytherea
Yer	Geologiya	Gaia
Ay	Selenologiya	Selene
Mars	Areologiya	Ares
Ceres	Demeterologiya	Demeter
Yupiter	Zenologiya	Zevs
Saturn	Kronologiya	Kronos
Uran	Uranologiya	Uran
Neptun	Poseydologiya	Poseydon
Pluton	Hadeologiya	Cəhənnəm
Eris	Eridologiya	Eris

(Qeyd: bu terminlər nadir hallarda istifadə olunur)

Nəzəri planetologiya XX əsrdə inkişaf etmiş planet elmlərinin bir qoludur. Laboratoriya təcrübələri ilə dəstəklənən elmi modellər planetlərin meydana gəlməsini, təkamülünü və daxili quruluşunu anlamaq üçün istifadə olunur.

Nəzəri planetoloqlar planetlərin kimyəvi tərkibi və materiallarının vəziyyəti haqqında fərziyyələr irəli sürərək, daha sonra temperatur, təzyiq kimi müxtəlif xüsusiyyətlərin radial paylanması hesablayaraq planetlərin daxili quruluşu haqqında anlayışı inkişaf etdirmək üçün modelləşdirmə üsullarından istifadə edirlər.

Nəzəri planetoloqlar, həmçinin Günəş Sistemi planetlərinin gələcəkdə necə əmələ gəldiyini və inkişaf etdiyini, onların istilik təkamülünü, tektonikasını, planetlərin interyerlərində maqnit sahələrinin necə əmələ gəldiyini, yer planetlərinin nüvələrində və mantiyalarında konveksiya proseslərinin necə işlədiyini anlamaq üçün ədədi modellərdən istifadə edirlər. Qaz nəhənglərinin interyerlərində, onların litosferlərinin necə deformasiyaya uğradığını, planet peyklərinin orbital dinamikasını, bəzi planetlərin (məsələn, Mars) səthində toz və buzun necə daşındığını və planet üzərində atmosfer sirkulyasiyasının necə baş verdiyini öyrənir.

Nəzəri planetoloqlar fırlanan mayelərdə konveksiya kimi planetar proseslərə bənzər müxtəlif hadisələri anlamaq üçün laboratoriya təcrübələrindən istifadə edə bilirlər.

Nəzəri planetoloqlar əsas fizikadan, xüsusən də maye dinamikasından və qatılaşdırılmış maddə fizikasından geniş istifadə edirlər və onların işlərinin çoxu kosmik missiyalar tərəfindən qaytarılan məlumatların şərhini əhatə edir, baxmayaraq ki, onlar nadir hallarda fəal iştirak edirlər.

Elmi vizual animasiyadan istifadə edildiyi üçün nəzəri planetologiyanın kompüter qrafikası ilə əlaqəsi var. Bu əlaqəni nümayiş etdirən filmlərə misal olaraq 4 dəqiqəlik “Ayın mənşəyi” [6] filmini göstərmək olar.

Nəzəri planetologiyanın əsas uğurlarından biri İo-da vulkanizmin proqnozlaşdırılması və sonradan təsdiqlənməsidir [1][2].

Proqnoz Voyager 1-in Yupiterlə qarşılaşmasından bir həftə əvvəl nəşr olunan İo-nun vulkanik cəhətdən aktiv olması lazım olduğunu iddia edən elmi məqalə yazan Stanton J. Peale tərəfindən verilmişdir. 1979-cu ildə Voyager 1 İonun şəklini çəkəndə onun nəzəriyyəsi təsdiqləndi [2]. İo-nun Hubble Kosmik Teleskopu tərəfindən və yerdən daha sonra çəkilmiş fotosəkilləri də İonun səthində vulkanları göstərdi və onlar 1995-2003-cü illərdə Yupiterin Qalileo orbitatoru tərəfindən geniş şəkildə öyrənilməyə və fotosəkilləri çəkildi.



İo-nun Tvaştar vulkanının səthindən 330 km yüksəklikdə material püskürdüyünü göstərən Yeni
Üfüqlərin ardıcılığı şəkilləri

1979-cu ildə Voyager 1 kosmik gəmisi tərəfindən İo-da vulkanizmin kəşfi nəzəri
planetologiyanın əvvəlki proqnozunu təsdiqlədi və nəzəri planetologiyanın əsas uğurlarından biri
hesab olunur [1][2].

ƏDƏBİYYAT

1. Mark Hans (2003). Encyclopedia of Space Science & Technology. Wiley. p. 883. ISBN 0-471-32408-6.
2. Jump up to:^{a b c} "İo's Volcanic Features". Solarviews.com. 1979-03-08. Retrieved 2009-05-21.
3. Archived December 11, 2006, at the Wayback Machine
4. Visualizations that have been created with VisIt. at wci.llnl.gov. Updated: November 8, 2007
5. Jump up to:^{a b c} Archived August 20, 2008, at the Wayback Machine
6. Jump up to:^{a b} "Présentation de la journée". Olats.org. Retrieved 2009-05-21

XANƏLİ HƏSƏNOV
N.QULİYEVA
S.ƏSGƏROVA
Naxçıvan Dövlət Universiteti

KOSMİK UÇUŞLARDA TƏSİR SFERASININ NƏZƏRƏ ALINMASINA DAİR

Hələ Laplas Yupiter qrupuna daxil olan qısa dövrlü kometlərin bu planetə yaxınlaşması zamanı yarana bilən dinamik effektləri öyrənmək məqsədi ilə üç cisim məsələsi olan bu problemi iki cisim məsələsinə ayırmışdır. O göstərmişdir ki:

a) Əgər komet Yupiterə kifayət qədər yaxındırsa, Günəşin kometə sarsıdıcı təsirini nəzərə almamaq olar. Bu halda, məsələ iki cisim (Yupiter-komet) məsələsi olar və komet hiperbolik trayektoriya üzrə hərəkət edər.

b) O, Günəşə kifayət qədər yaxın olduqda Yupiterin sarsıdıcı təsiri nəzərə alınmır, bu halda məsələ yenə də iki cisim (Günəş-komet) məsələsi olar, lakin bu zaman komet heliosentrik ellipsi üzrə hərəkət edər.

Kometin əvvəlcə Yupiterə, sonra isə Günəşə kifayət qədər yaxınlaşması şərtini Laplas təsir sferası ilə qiymətləndirmişdir. Belə ki, əgər komet Yupiterin təsir sferasına daxil olursa, onun hərəkəti Yupiterin cazibə qüvvəsi ilə, Günəşin təsir sferasında olanda isə onun cazibə qüvvəsi ilə idarə olunur və hər iki halda məsələ iki cisim məsələsi olur.

Kosmik aparatların uçuş trayektoriyalarının ilkin təqribi hesablanması Laplasın təsir sferası üsuluna əsaslanır. Hər bir sfera, o cümlədən təsir sferası bir kəmiyyətlə radiusla xarakterizə olunur. Bu kəmiyyətin ifadəsini almaq və onu araşdırmaq məqsədi ilə “Günəş-Yer süni cisim” sisteminə baxaq. Sistemin cisimlərinin kütlələri uyğun olaraq M_G , M və m olsun. Bütün real hallarda $m \ll M$ olduğundan M -i nəzərə almaya bilərik. Yerlə süni cisim, Yerlə Günəş və süni cisimlə Günəş arasındakı məsafələrə uyğun olaraq r , r_1 , r_2 deyək. Aydındır ki, $(r_1 - r_2)$, $r \ll r_1$ qəbul edə bilərik. Aşağıdakı təcillərin modullarını yazaq:

a) Günəşin süni cismə verdiyi təcil:

$$W_{\odot} = G \frac{M_{\odot}}{r_2^2} \quad (1)$$

b) Yer tərəfindən süni cismin hərəkətini sarsıdan təcil:

$$\Phi_1 = G \frac{M}{r^2} - G \frac{M}{r_1^2} = G \frac{M}{r^2} \quad (2)$$

c) Yerlə süni cismə verdiyi təcil:

$$W = G \frac{M}{r^2} \quad (3)$$

ç) Günəş tərəfindən süni cismin hərəkətini sarsıdan qüvvənin təcili

$$\Phi_{\odot} = GM_{\odot} \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2} \right) \approx G \frac{M_{\odot}}{r_1^3} r \quad (4)$$

Sonuncu ifadədəki təqribilik Yer, süni peyk və Günəşin bir düz xətt üzərində olduğu və $r_2 - r = r$, $r_1 - r_2 = r$, $r_1 + r_2 = 2r_1$ olmasına görədir. Aydındır ki, süni cismin Yer və Günəşdən hansının təsir sferasında olması, sarsıdıcı təcilin mərkəzi cismin süni cismə verdiyi təcillə nisbətindən asılıdır: bu nisbət böyükdürsə, süni cisim, sarsıdıcı təcil yaradan cismin təsir sferasında olar. Bunu nəzərə alaraq (2) - in (1) - ə nisbəti ilə (4) - ün (3) - ə nisbətlerini müqayisə edək.

Əgər $\frac{\Phi_1}{\omega} > \frac{\Phi_{\odot}}{\omega}$ olarsa, süni cisim Yerlə təsir sferasında və cismin hərəkəti Yerlə cazibə sahəsində Kepler trayektoriyası üzrə olur.

Əgər $\frac{\Phi_{\odot}}{\omega} > \frac{\Phi_1}{\omega}$ olarsa, süni cisim Günəşin təsir sferasında və cismin hərəkəti Günəşin cazibə sahəsində Kepler trayektoriyası üzrə olur.

(1) - (4) düsturlarını birinci bərabərsizlikdə yerinə yazıb r -ə nəzərən həll etsək,

$$r < r_1 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{2/5} \quad (5)$$

alarıq. Bu şərt ödənilərsə, deyirik ki, süni cisim Yer in təsir sferasındadır. (5) bərabərsizliyi təsir sferasının radiusunun limit şərti qəbul edilə bilər. Beləliklə, istənilən göy cisminin təsir sferasının radiusu

$$r=r_1\left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{2/5}$$

ifadəsindən təyin olunur.

Aldığımız düsturdan Yer in və Ayın təsir sferalarını qiymətləndirək. Ümumi astronomiyadan məlumdur ki:

Yer halında

$$\frac{M}{M_{\odot}} = \frac{1}{333000} \quad r_1=1\text{a.v.}\approx 1,5*10^8 \text{ km}$$

Olduğu üçün $r\approx 10^6$ km,

Ay halında $\frac{M_{ay}}{M} \approx \frac{1}{81.3}$, $r_1=3,8*10^5$ km olduğu üçün $r\approx 0,66*10^5$ km süni cismin Yer in təsir sferasından çıxıb, Günəş in təsir sferasına düşməsi praktiki əhəmiyyət kəsb etmir. Çünki, məlum, səbəblərə görə Yerdən Günəşə kosmik aparat göndərilir. Qiymətləndirmədən nəzəri işlərdə (səma mexanikasında) istifadə olunur. Lakin Yerdən Aya, Marsa və Günəş sisteminin digər cisimlərinə uçuşlarda mühüm praktiki əhəmiyyət daşıyır. Ay misalındakı qiymətləndirmədən alınır ki, Aya doğru göndərilən süni cisim Aya 66000 km qalmış onun cazibə sferasına daxil olur. Bu andan başlayaraq Yer sarsıdıcı cismə çevrilir, yaxud Aydan Yerə doğru start götürən cisim ondan bu qədər məsafədən sonra Yer in cazibə sferasına daxil olur.

ƏDƏBİYYAT

1. R.Ə. Hüseynov Astronomiya Bakı, “Maarif” nəşriyyatı, 1997
2. M.Y. Haşımzadə Astronomiya Bakı, ADU-nin nəşriyyatı, 1970
3. M.M. Дагаев и др. Астрономия Москва “Трoсвещение” 1983

AYGÜN SULTANOVA
aygunsultanova60@gmail.com
Naxçıvan Dövlət Universiteti
AYGÜN ƏHMƏDOVA
Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu

SÜRƏTLƏ BÖYÜYƏN QARA DƏLİKLƏR

Qara dəlik, cazibə qüvvəsinin o qədər güclü olduğu kosmos-zamanın bölgəsidir ki, oradan heç bir hissəcik, heç bir şey və ya hətta işıq kimi elektromaqnit şüalanma qaça bilməz. Ümumi nisbilik nəzəriyyəsi proqnozlaşdırır ki, kifayət qədər yığcam bir kütlə qara dəlik əmələ gətirmək üçün kosmos zamanı deformasiya edə bilər.

Qara dəlik işıq və zərrəciklər kimi elektromaqnit dalğaların içindən qaça bilmədiyi güclü qravitasiyaya sahib fəza-zamanın bir nahiyəsidir. Ümumi nisbilik nəzəriyyəsinə görə, kifayət qədər kompakt kütlə fəza-zamanı deformasiya edərək bir qara dəlik formalaşdırır. Heç bir obyektin qaçışının mümkün olmadığı bölgənin sərhədinə hadisə üfüqü deyilir. Hadisə üfüqü onu keçən obyektin vəziyyətinə böyük ölçüdə təsir göstərməsinə rəğmən, lokal olaraq aşkar edilə bilən xüsusiyyətlər müşahidə edilmir. Bir çox cəhətdən, qara dəlik işığı əks etdirmədiyi üçün ideal qara cisim kimidir.

Üstəlik, əyri fəza-zamanda kvant sahə nəzəriyyəsi proqnoz edir ki, qara dəlik kütləsi ilə tərs mütənəsüb şəkildə, qara cismin şüalandırdığı istilik ilə eyni spektrumda Hokinq radiasiyası yayır. Bu temperatur ulduz qara dəlikləridə milyardlarla kelvinə bərabər olduğuna görə onların müşahidə edilməsini imkansızlaşdırır [1].

Qravitasiya sahəsi işığın qaça bilməyəcəyi qədər güclü olan cisimlər ilk dəfə XVIII əsrdə Con Mixel və Pyer Simon Laplas tərəfindən nəzərə alındı. Qara dəliyi xarakterizə edən ümumi nisbiliyin ilk müasir həlli 1916-cı ildə Karl Şvartşild tərəfindən tapılmışdır, ancaq heç bir şeyin qaça bilməyəcəyi fəza bölgəsi olaraq şərhli ilk dəfə Devid Finkelştein tərəfindən 1958-ci ildə nəşr edildi. Qara dəliklər çoxdan bəri riyazi maraq hesab olunurdu; 1960-cı illərdə nəzəri tədqiqatlar ümumi nisbiliyin ümumi proqnozu olduğunu göstərdi. 1967-ci ildə Coselin Bell Bernell tərəfindən neytron ulduzların kəşf edilməsi, mümkün astrofiziki reallıq olaraq qravitasiya nəticəsində çökmüş kompakt cisimlərə maraq oyatdı.

Qara dəliklərin sinqulyarlıqlarına görə üçölçülü olmadıqları və sıfır həcmli olduqları qəbul edilir. Qara dəliklərin daxilində zamanın yavaş irəlilədiyi və ya ümumiyyətlə irəliləmədiyi təxmin edilir. Qara dəliklər Eynşteynin ümumi nisbilik nəzəriyyəsi ilə təsvir edilir. Birbaşa müşahidə edilə bilmirlər. Onlar müxtəlif dalğa uzunluqları istifadə edən bilavasitə müşahidə üsulları sayəsində kəşf edilmişdir. Bu üsullar eyni zamanda ətraflarında yaranan varlıqların da müşahidə edilməsini təmin etmişdir.

Məsələn, bir qara dəliyin potensial quyusunun çox dərin olması səbəbi ilə yaxınlığında yaranan böyümə diskinin üzərinə düşən maddələr diskin çox yüksək temperatura çatmasına səbəb olacaq. Bu da yayılan rentgen şüalarının təyin edilməsi ilə diskin (və dolayısı olaraq qara dəliyin) aşkar olunmasını təmin edəcək. Hal-hazırda qara dəliklərin varlığı bu problemlə maraqlanan astrofiziklər və nəzəri fiziklərdən ibarət olan elmi birliyin demək olar ki, bütün fərdləri tərəfindən təsdiq edilərək dəqiqlik qazanmış vəziyyətdədir.

İlk dəfə 10 aprel 2019-cu ildə yayımlanan Hadisə Üfüqü Teleskopu vasitəsi ilə çəkilmiş ifrat nəhəng elliptik qalaktika Messier 87-nin mərkəzində yerləşən təxminən 7 milyard Günəş kütləsinə sahib ifrat kütləli qara dəlik mövcuddur [3].

Hadisə üfüqü sadəcə 75 kilometr genişliyində olmasına baxmayaraq 10 günəş kütləsinə sahib dönməyən bir qara dəliyin 600 kilometr uzaqlıqdan simulyativ görünüşü, bu kütlədə bir qara dəliyin bu uzaqlıqda yaratdığı təcil Yer səthindəkinin təxminən 400 milyon qatıdır.

Yaranması - qara dəliklərin reallıqda olması ehtimalı ümumi nisbilik nəzəriyyəsinə aid bir nəticə deyil; qravitasiyadan bəhs edən, demək olar ki, bütün digər real fiziki qanunlar da onların

varlığının ehtimalının böyük olduğunu göstərir. Digər qravitasiya qanunları kimi ümumi nisbilik nəzəriyyəsi də qara dəliklərin varlığını proqnozlaşdırmaqla kifayətlənməyib onların kosmosun bir bölgəsində sıxılmış maddədən yaranmış ola biləcəyi fikrini irəli sürür.

Məsələn, Günəş diametri təxminən 3 kilometr olan bir kürə içinə (yəni həcmnin 4 milyonda biri qədər həcmi olan bir kürəyə) sıxışdırılmış olsa, bir qara dəlik halına gələr. Hətta Günəşi 1 sm^3 (kub-santimetr) həcminə sıxışdırarsak, bu dəfə 1 sm^3 -lik bir qara dəlik düzəltmiş olarıq. Lakin bu vəziyyətdə Günəş sistemindəki planetlərin orbit hərəkətlərində bir dəyişiklik olmayacaq; yəni sistemimizdəki planetlər bu 1 sm^3 -lik qara dəliyin Günəşinkinə bərabər cazibə qüvvəsi ilə orbitlərində fırlanmağa davam edəcək. Bir başqa nümunədə Dünya bir neçə kub-santimetrlilik bir həcm içinə sıxışdırılmış olsa, o da bir qara dəlik halına gələcək.

Astrofizikada qara dəlik bir cazibə içə çökməsinin son mərhələsi olaraq nəzərə alınır. Ulduzların təkamül müddətinin sonu sahib olduqları kütləyə görə müəyyən edilir. Təkamül müddətinin son mərhələsinə yaxınlaşmış ulduzlarda maddənin sıxılması sonunda kütlələrinə görə iki hal yaranır: bunlar ya ağ cırtıdan, ya da sonradan qara dəliyə çevrilə biləcək neytron ulduzudur. Ağ cırtıdanı qravitasiyaya qarşı tarazlıq halında tutan şey elektronların reqressiya (geriləmə, tənəzzül) təzyiqidir. Neytron ulduzu halındadırsa, nukleonların reqressiya təzyiqindən danışılmır, çünki tarazlıq halını saxlayan təsir güclü qarşılıqlı təsirdir [2].

Lakin təkamül müddətində çevrilmə anındakı ulduz müəyyən bir kritik kütləni aşanda (kütləsi yetərinə böyük olanda), əgər cazibə gücü təzyiq təsirini aşı biləcək qədər böyükdürsə, bir qara dəlik yarana bilər. Bu vəziyyətdə elmə məlum olan heç bir qüvvə tarazlığı yaratmağa bəs etməz və həmin cisim öz içinə çökər. Praktikada bir çox formada yarana bilər:

- Bir neytron ulduzuna (müəyyən bir kritik kütləyə çatana qədər) başqa bir ulduzdan çıxan maddənin əlavə olunması ilə yarana bilər;
- Bir neytron ulduzunun başqa bir neytron ulduzu ilə birləşməsi ilə yarana bilər (çox nadir, apriori bir fenomendir);
- Böyük bir ulduzun özəyinin birbaşa qara dəlik halında içə çökməsi ilə yarana bilər.
- 1980-ci illərdə neytron ulduzlarından da daha çox sıxılmış bir maddənin varlığı mövzusunda bir hipotez ortaya atılmışdı. Bu maddə "qəribə ulduzlar" da adlanan kvark ulduzlarındakı sıxılmış maddə idi. Bu mövzuda 1990-cı illərdən etibarən dəqiq tapıntılar aşkar edilmişdir, lakin bu tapıntılar ulduz növündəki müəyyən bir kütlənin təkamülünü qara dəlik halında içə çökməsi ilə tamamlaması mövzusunda əvvəlcədən məlum olanları dəyişdirməmişdi. Dəyişdirdiyi şey yalnız kütlənin miqdarı haqqında hədd olmuşdur.

- 2006-cı ildə kütlələrinə bağlı olaraq qara dəliklər 4 sinifə ayırılmışdır: ulduz qara dəlikləri, nəhəng qara dəliklər, orta kütləli qara dəliklər və ilkin (ya da mikro) qara dəliklər.

İlkin qara dəliklər - Mikro qara dəliklər və ya kvant qara dəlikləri də adlanan "ilkin qara dəliklər" çox kiçik ölçülərdə olan qara dəliklərdir. Bunlara "ilkin" adının verilmə səbəbi Böyük partlayış zamanı yaranmalarının düşünülməsidir. "İlkin kainat"da kiçik ölçülü ifrat sıxlaşmaların qravitasiya içə çökməsiylə yarandığı güman edilir. 1970-ci illərdə məşhur fiziklərdən Stiven Hokinq və Bernard Karr qara dəliklərin ilkin kainatdakı yaranma mexanizmi barədə araşdırmalar etdilər və qara dəlik anlayışını inkişaf etdirərək "kiçik qara dəlik" adı verilən ulduz qara dəliklərə nəzərən son dərəcə kiçik qara dəliklərin bol miqdarda olduğu nəticəsinə gəldilər. Bu qara dəliklərin kütlələri baxımından sıxlıqları hələ bilinməsə də, bunları müəyyən edən faktorların ilkin kainatdakı yəni "kosmik şişkinlik"dəki sürətli genişlənmə mərhələsiylə, şəraitlərlə əlaqəli olduğu zənn edilir. Bu kiçik kütləli qara dəliklər, əgər varsa, qamma şüaları yaymalıdır. Şüaları INTEGRAL kimi peyklər tərəfindən kəşf ediləcək [3].

Yüksək enerjili fiziki nümunələr üzərində işləyən bəzi fiziklərə görə bu qara dəliklərin daha kiçik bənzər nümunələri Cenevrə yaxınlığındakı LHC kimi "zərrəcik sürətləndirici" istifadə edərək laboratoriyada yaradıla bilər.

Nəhəng qara dəliklər. Bir neçə milyon ilə bir neçə milyard günəş kütləsi arasında dəyişən bir kütləyə sahibdir. Qalaktikaların mərkəzində yerləşirlər və varlıqları bəzən "axis"lərin və rentgen şüasının yaranmasına yol açır. Buna görə bu qalaktika nüvələri ulduzların üst-üstə yer almasından

Yaranan normal parlaqlıqla müqayisədə daha parlaq hala gəlir və “aktiv qalaktika nüvələri” adını alır. Süd Yolu qalaktikası da belə bir qara dəlik ehtiva edir və bu qara dəliyə yaxın ulduzların son dərəcə sürətli hərəkət etdiklərinin müşahidə edilməsi bu tapıntıyı təsdiqləyər.

Məsələn, bu ulduzlardan biri olan S2 adlı ulduzun müşahidə edilməyən qaranlıq bir cismin çevrəsində ən az 11 illik bir fırlanma hərəkəti etdiyi müşahidə edilib. Bu ulduzun elliptik orbiti qaranlıq cisimdən 20 astronomik vahid uzaqlığındadır və qaranlıq cismin məhdud həcminə qarşılıq 2,3 milyon günəş kütləsi qədər bir kütləyə sahibdir. Qara dəlikdən başqa belə sıx maddə ehtiva edən bir cisim nümunəsinə indiyədək rast gəlinməmişdi.

Chandra teleskopu “NGC 6240” qalaktikası üzərində edilən müşahidələrdə bu qalaktikanın mərkəzində bir-birlərinin ətrafında dönməyi iki nəhəng qara dəliyin müşahidə edilməsini təmin etmişdir. Belə nəhənglərin yaranması haqqındakı müzakirələr hələ də davam edir. Bəzilərinə görə də kainatın başlanğıcında çox sürətli bir şəkildə yaranmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. N.Z.İsmayılov. Atmosferdən kənar astronomiya. Bakı, 2009.
2. C.M.Quluzadə. Klassik astronomiya. Bakı, 2004.
3. R.Ə.Hüseynov. Astronomiya. Bakı, 1997.

AYNURƏ HƏSƏNOVA
aynura.hasanov @shao.science.az
NƏRİMAN İSMAYİLOV
ismailovnshao@gmail.com
ƏLİ BALOĞLANOV
shao56beli@gmail.com

HD187982 (A1 Iab) İFRATNƏHƏNG ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ H_β, H_γ, H_δ XƏTLƏRİNİN DƏYİŞMƏSİ

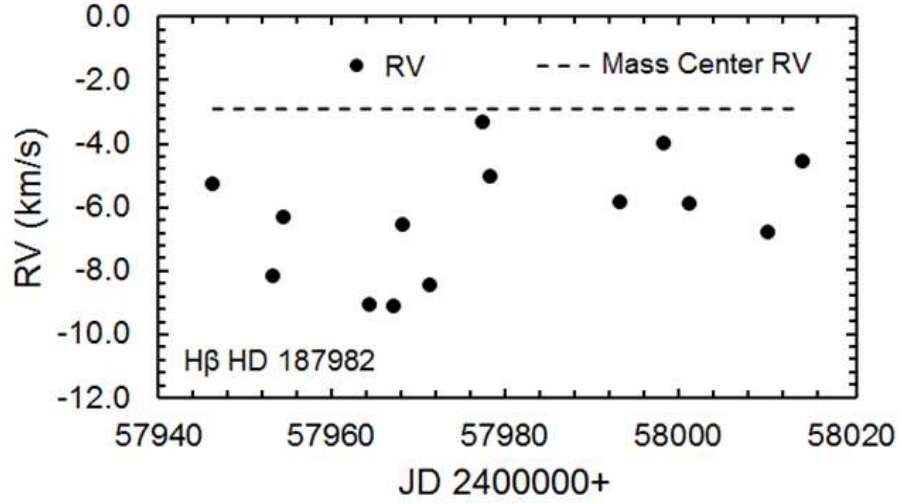
Müşahidə materiallarının alınması işlənməsi və müzakirəsi

İsti ifratnəhənglər bizim Qalaktikanın, eləcə də digər qalaktikaların ən parlaq ulduzlarındanır. Bu ulduzlar cavandır və əsasən Qalaktika müstəvisində yerləşirlər. İfratnəhəng ulduzlar parlaq olduğu üçün Günəşdən uzaq məsafələrdə kimyəvi elementlərin paylanması və ona qədər olan məsafəni göstərən indikatorlardır. Qalaktikanın spiral quruluşunun, forma və ölçülərinin təyin edilməsində bu ulduzlardan geniş istifadə edilir. Ona görə də belə ifratnəhəng ulduzların tipik nümayəndəsi olan HD187982 ulduzunun tədqiq olunması təkamül nöqtəyi- nəzərindən mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqsədlə ŞAR-ın 2-m teleskopunda HD187982 ifratnəhəng ulduzunun spektrləri alınmışdır. Alınmış spektrlərə əsasən H_β, H_γ, H_δ xəttinin profillərini xarakterizə edən parametrlərin qiymətlərinin və profilin formasının dəyişməsi öyrənilmişdir.

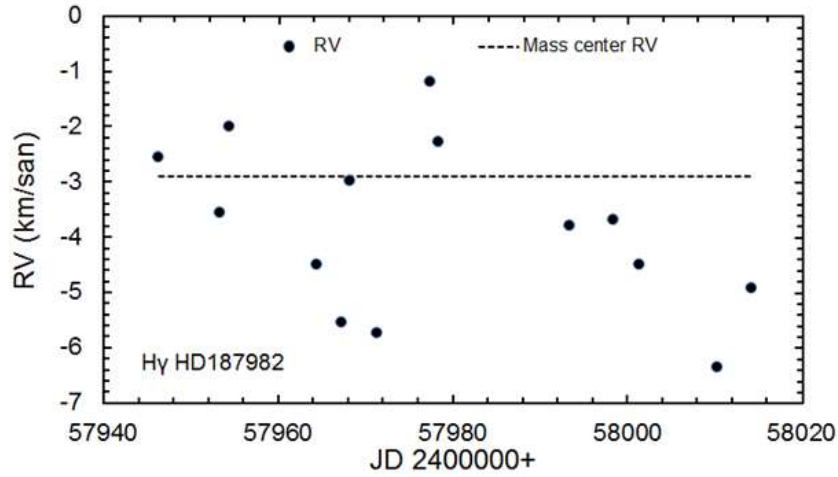
HD187982=HR 7573 ifratnəhəng ulduzunun görünən ulduz ölçüsü 5^m.56-5^m.71 intervalında dəyişir (Verdugo 1999(1), 351-362). HD 187982 (Sp A1-A2Iab, $\alpha_{2000} = 19^{\text{h}}52^{\text{m}}02^{\text{s}}$, $\delta_{2000} = +24^{\circ}59'32''$) ifratnəhəng ulduzu Vul OB4 ulduz topasının ən parlaq ulduzudur (Verdugo 1999(2), 819-830). Müxtəlif kataloqlarda və A tipli ifratnəhəng ulduzlar haqqında olan icmal xarakterli elmi məqalələrdə bu ulduzun ayrı-ayrı parametrlərinin qiymətinin yer almasına baxmayaraq, ulduzun dəyişkənliyini xarakterizə edən spektral parametrlər detallı araşdırılmamışdır. Ulduzun kütlə mərkəzinin sürəti $RV = -2.9$ km/s (Duflo 1993, 114), effektiv temperaturu $T_{\text{eff}} = 9300\text{K}$, $\log g = 1.60$ (Evans 2003, 1123-1135), $v_{\text{sin}i} = 54$ km/s (Royer 2002, 897-911).

HD187982 ulduzunun spektrləri 2016-2019-cu il tarixlərində N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-metrlük teleskopun Kasseqren fokusunda optik lifli eşele spektroqrafında, quraşdırılmış CCD kamerası vasitəsi ilə alınmışdır. Dispersiya əyrisinin qurulmasında gündüz səmasının spektrindən istifadə edilmişdir. Spektrlərin işlənməsi Qalazutdinov (Galazutdinov 1992) tərəfindən təqdim olunmuş DECH-20, DECH-20T və DECH-30 paket proqramları vasitəsilə aparılmışdır. Bir gecədə ulduzun 2-3 spektri alınmışdır. Gecə ərzində ulduzun spektrində güclü dəyişkənlik olmadığından spektrlər ortalaşdırılmışdır. Təqdim olunan işdə əsasən ulduzun spektrlərdə H_β, H_γ, H_δ xətlərinin ekvivalent eni (W), xəttin mərkəzi dərinliyi (R) və şüa sürəti (Vr) ölçülmüşdür. Alınmış nəticələr 1-ci cədvəldə verilmişdir. Ekvivalent enin ölçülməsindəki xəta 3-4%-dən, şüa sürətinin ölçülməsində xəta isə ± 1 km/s-dən çox deyildir. Müşahidə materialları və onların işlənməsi metodikasını (Khalilov 2007, 20-25, Khalilov 2010, 23-29)-da geniş təsvir olunmuşdur. Ulduzun spektrində H_α xəttinin profilinin dəyişməsi və profili xarakterizə edən fiziki parametrlərin dəyişməsi bizim əvvəlki işlərimizdə geniş şərh edilmişdir (Hasanova 2021, 44-51).

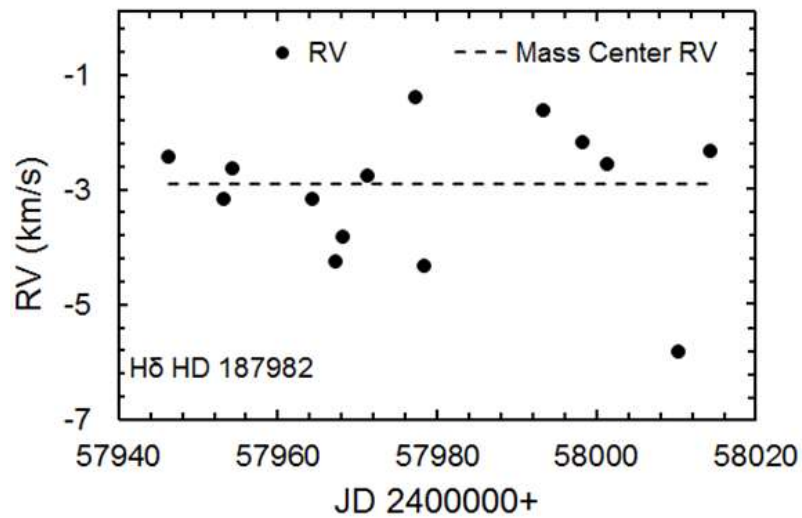
Şəkil 1,2,3-də uyğun olaraq H_β, H_γ, H_δ xətlərinin şüa sürətinin zamandan asılılıq qrafikləri verilmişdir, qrafiklərdən aydın görünür ki, qeyd olunan xətlərin şüa sürətinin orta qiyməti ilə ulduzun kütlə mərkəzinin şüa sürətinin müqayisəsindən fərqli qiymətlər alınır. Xəttin kvant ədədinin artması ilə bu sürət fərqi sifirə yaxınlaşır. Bu, hidrogen xətlərinin, əsasən, ulduz atmosferinin müxtəlif spesifik təbəqələrində əmələ gəldiyini göstərir. Hidrogen xətləri 24-29 gün xarakterik vaxtla 6-8 km/s amplituda ilə dəyişkənlik göstərir.



Şəkil 1. HD 187982 ulduzunda H β xəttinin şüa sürətinin zamandan asılılıq qrafiki



Şəkil 2. HD 187982 ulduzunda H γ xəttinin şüa sürətinin zamandan asılılıq qrafiki



Şəkil 3. HD 187982 ulduzunda H δ xəttinin şüa sürətinin zamandan asılılıq qrafiki

Cədvəl 1. HD187982 ulduzu spektrində müşahidə olunan H_β , H_γ , H_δ xətlərinin bəzi spektral parametrlərinin qiymətləri.

JD 2400000+	H_β			H_γ			H_δ		
	W,mÅ	Vr,km/s	R	W,mÅ	Vr,km/s	R	W,mÅ	Vr,km/s	R
57946.34	2458.0	-3.4	0.55	2529.2	-1.9	0.66	2402.4	-1.9	0.66
57953.31	2542.3	-6.6	0.56	2531.9	-4.8	0.66	2346.3	-3.7	0.67
57954.42	2566.8	-4.9	0.56	2475.5	-2.6	0.65	2348.0	-4.4	0.66
57964.36	2422.3	-6.3	0.56	2766.2	-3.4	0.66	2273.4	-1.4	0.67
57967.24	2366.0	-6.9	0.57	2627.6	-7.9	0.67	2491.2	-6.1	0.68
57968.27	2471.6	-3.6	0.57	2523.6	-1.3	0.65	2379.6	-5.9	0.65
57971.34	2333.1	-7.7	0.57	2550.0	-6.9	0.67	2475.9	-2.8	0.68
57977.39	2378.3	-1.1	0.59	2553.7	0.9	0.66	2539.0	-1.0	0.68
57978.37	2548.5	-3.8	0.60	2531.6	-1.7	0.67	2495.0	-5.2	0.69
57993.37	2564.2	-5.3	0.61	2385.5	-3.5	0.66	2241.8	-1.9	0.65
57998.35	2522.7	-5.9	0.61	2668.6	-7.6	0.70	2572.3	-5.5	0.72
58001.33	2773.7	-6.2	0.62	2710.5	-4.8	0.69	2547.3	-2.0	0.70
58010.32	2455.6	-7.5	0.60	2604.2	-9.8	0.68	2292.0	-8.8	0.68
58014.28	2702.0	-3.2	0.65	2531.1	-5.5	0.70	2351.2	-0.1	0.72

Nəticə:

1. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində aşkar olunmuşdur ki, H_β , H_γ , H_δ xətlərinin spektral parametrləri (W, R, Vr) zamandan asılı olaraq dəyişir.

2. Ulduz atmosferinin müxtəlif spesifik təbəqələrində əmələ gələn hidrogen xətlərinin şüa sürətinin orta qiyməti ilə ulduzun kütlə mərkəzinin şüa sürəti ilə müqayisəsi göstərir ki, xəttin kvant ədədi artdıqca bu sürət fərqi sifira yaxınlaşır.

3. Hidrogen xətləri 24-29 gün xarakterik vaxt və 6-8 km/s amplitudla dəyişkənlik göstərir. Bu sürətin qiyməti ulduzun birinci kosmik sürətindən kiçik olduğu üçün ulduz səthinin üst təbəqələrindən ulduz küləyi ilə atılan maddə az müddətdən sonra geriyyə, ulduz səthinə tökülməlidir. Ona görə ulduzətrafi qaz diski və deməli, spektrdə şüalanma xətləri dəyişməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Verdugo E., Talavera A., Gomez de Castro A.I. 1999, Understanding A-type supergiants: Ultraviolet and visible spectral atlas of A type supergiants.; AA, 137, 351-362
2. Verdugo E., Talavera A., Gomez de Castro A.I. 1999, Understanding A-type supergiants: II. Atmospheric parameters and rotational velocities of Galactic A-type supergiants; AA, 346, 819-830
3. Duflo M., Figon P., Meyssonier N. Vitesses radiales.; 1995; Catalogue WEB: Wilson Evans Batten. Subtitle: Radial velocities: The Wilson-Evans-Batten catalogue; AAS, 114, 269D
4. Evans C.J., Howarth Ian D.; 2003; Characteristics and classification of A-type supergiants in the Small Magellanic Cloud.; MNRAS, 345, 1223-1235
5. Royer F., Grenier S., Baylac M. -O., et al.; 2002; Rotational velocities of A-type stars in the northern hemisphere. II. Measurement of $v \sin i$; AA...393..897-911
6. G.A.Galazutdinov; 1992; “Star echelle spectra processing system. 1. Image processing. 2. Spectra processing.” Preprint No. 92, Spets. Astrofiz. Obs. Ross. Akad. Nauk – Special Astrophysics Observatory, Russian Academy of Science, Nizhnii Arkhyz
7. A.M.Khalilov and A.R.Gasanova; 2007; Variability of some spectral lines and profiles of $H\alpha$ lines in the spectrum 89 Her (F2 Ibe); Astron. Zh. Azerb. 3–4 (2), 20–25
8. A.M.Khalilov, A.R.Gasanova, and P.N.Shustarev; 2010; Long-period changes in the profile of the $H\alpha$ line and the values of its parameters in the spectrum of the 89 Her (F2 Ibe) high-latitude supergiant; Astron. Zh. Azerb. 5 (2), 23–29
9. A.B.Hasanova, A.Sh.Baloglanov, N.Z.Ismailov; 2021; Spectral variability of the supergiant HD 187982, Astronomical Journal of Azerbaijan; Vol. 16, No. 2, p44-51

NƏRİMAN İSMAYİLOV

ismailovnshao@gmail.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

ÜLVÜ VƏLİYEV

veliyev_ulvu@mail.ru

FAİDƏ HÜSEYNOVA

faidahuseynova@gmail.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Batabat Astrofizika Rəsədxanası

MASSİV HBE TİP ULDUZLARININ FİZİKİ PARAMETRLƏRİ

1. Introduction.

As a group of young intermediate-mass (2-10 M_{\odot}) stars, Herbig AeBe stars (HAeBeS) were firstly presented by Herbig [1]. HAeBe stars belong to the class of young stars which are placed to the right and above of the Main Sequence on the H-R diagram. Their name is abbreviated as Hes (Herbig emission-line stars) or HAeBe (Herbig Ae/Be stars). In addition, Herbig [1] defined some of its features as follows:

1. Spectral classes are A or B type;

2. These stars are located inside of the dark nebulae;

3. HAEBE stars of this type illuminate the nebula near them quite brightly;

The following other characteristics of stars of this type were added by The et al.[2]:

a) Infrared excess – many Hes have observed significant IR excess, indicating the presence of a gas-dust disk around the star.

b) Time variation - in general, there are irregular changes in the brightness and spectral properties of Hes-type stars.

c) Linear polarization– the degree of linear polarization of radiation in HAeBe-type stars can be up to 1%, as in ordinary Be-type stars. However, in a few Hes-type stars, the degree of polarization can even rise to 7-8%, indicating that the polarization of the star has a different origin than Be-type stars.

d) Star formation regions - stars of this type are most often associated with special star formation regions (molecular clouds, young star clusters and stellar associations). Some stars are accompanied by molecular and optical bipolar flows.

It is known that the vast majority of stars of various masses visible in the optical range at the Pre-Main Sequence (PMS) stage of their evolution are surrounded by circumstellar disks [3]. In such disks, flow – accretion of matter to the star surface continues [4-6].

The masses of HAeBe stars from below are adjacent to T Tauri stars (TTS), which have masses of 0.5–2 M_{\odot} . TTS are classified according to their emission spectra, especially according to the intensity of the $H\alpha$ emission line. In addition, in the spectral energy distribution of those stars, a strong excess of radiation in the UV, near and far IR range is detected [7], [8].

As classical TTS, HAeBe stars also shows strong emission lines in their spectra and a strong emission excess in the IR range of the spectrum, which is associated with dust emission [3], [2]. In such stars, the spectrum radiated by the circumstellar disk mixes with the atmospheric spectrum of the central star, resulting in a combined spectrum. The selection and study of spectral lines with a circumstellar disk from this spectrum can provide information about the physical processes occurring in the disk and the interaction between the central star and the disk. Such an interaction mechanism in low-mass CTTS stars is relatively well studied, because these stars have dipole-shaped magnetic fields with an intensity of 1 kGs. Based on this, magnetospheric accretion models were developed [4]. According to this model, the magnetic field intersects the circumstellar disk, and the pressure of the material flowing from above balances the pressure of the magnetic field created by the stellar

surface. The matter spilled in the scattering radius is flowing onto the stellar surface at ballistic speed along the tubes of the magnetic field lines. Such a model allows explaining the changing activity of radiation lines observed in the spectrum of CTTS stars, the formation of UV radiation excess, and the nature of the additional continuum created in the spectrum, which veils the absorption lines in the UV and optical ranges. The issue of explaining the activity of HAeBe-type stars with the magnetospheric accretion model has not yet been confirmed. Measurements of magnetic fields in HAeBe stars have shown that the global magnetic fields of these stars are about 100 Gs [10], [12], [13]. Unlike cold stars, in HAeBe-type stars, energy is transporting away from the center of the star not by convection, but by radiation [11], [14], [15] confirmed that the formation of the magnetosphere accretion process in the HAeBe-type stars may occur even at a 100 Gs magnetic field.

Knowledge of the upper mass limit of the higher-mass stars that harbor the HAeBe phenomenon is not well defined. Such massive stars include various groups of young objects (Young Stellar Objects-YSO). Until recently, 255 well-studied and confirmed HAeBe stars were known [2]. The recent work on the study of these stars can be found in these works [16], [17]. Objects above the mass limit of $M_{\odot} > 8-10 M_{\odot}$ are called (massive) MYSO. It should be noted here that the difference between the previous H Ae and H Be types and MYSO is not an unequivocal determination, but in many cases, it is determined by the visibility conditions of the object. An extensive list of MYSO objects can be found in Lumsden et al. (2013) work. At present, extensive information about MYSO has been extensively described in the works of [19], [20]. Although several hundred objects are listed in these works, their extensive research has not been carried out, and their characteristics have not yet been fully studied.

Guzmán-Díaz et al. [16], a virtual catalog HArchibe containing data of 318 stars was created (http://svo2.cab.inta-csic.es/projects/harchibe/docs/?pagename=The_Archive). In that catalog, the mass of more than 40 stars was estimated in the range of 12-40 M_{\odot} . This result in itself opens up a new area for research in the study of HAeBe stars.

1. List of targets

We have selected from the catalogue HArchibe in total 46 targets with masses $M > 10 M_{\odot}$. Full list of these objects have been presented on the table 1. In this table from left to right presented: Name of target, distances, interstellar reddening coefficient, temperature, radius, luminosity, ages, masses and spectral types, respectively.

Table 1. List of selected massive HAeBe type stars.

Name	Dis (pc)	Av (mag)	T (K)	R (Rsun)	logL (Lsun)	t (Myr)	M (Msun)	SpType
VOS 787	3700	3.33	25000	4.7	3.89	0.104	10.9	B1.5
GSC 1876-0892	4454.83	6	16000	21.4	4.43	0.02	16.04	B4
MWC 137	4596.95	5	24000	29.95	5.43	0.01	39.47	B1
PDS 241	5063.17	3	24000	11.99	4.63	0.03	17.82	B1
PDS 27	2531.94	5	15000	14.83	4	0.05	11.65	B4-B5
PDS 286	1780.03	6	27000	15.5	5.06	0.02	26.08	B0
HD 87643	1951.01	2.5	16000	21.28	4.43	0.02	16.02	B4
HD 305298	4431.37	2	34000	7.7	4.85	0.04	23.22	O
HD 96042	2702.01	1.5	27000	13.51	4.94	0.02	23.74	B0
PDS 138	9691.91	5	24000	33.72	5.53	0.01	44.33	B1
Hen 2-80	10154	3	15000	24.94	4.45	0.02	17.13	B4-B5

Hen 3-938	5898.42	5.5	31000	20.24	5.53	<	0.01	43.92	O
VOS 2093	3360	5.086	15700	15.7	4.13		0.042	12.6	B5
HD									
141926	1323.57	2.5	26000	9.84	4.6		0.03	16.91	B0
Hen 3-1121	3056.53	4	22000	7.36	4.06		0.08	10.99	B1-B2
Hen 3-1121S	2243.01	3.5	30000	8.54	4.73		0.03	19.14	O-B0
V921 Sco	1398.97	5.5	26000	14.31	4.93		0.02	23.47	B0-B1
MWC 878	1787.61	3.5	28000	9.37	4.69		0.03	18.05	B0
PDS 477	5342.63	4.5	19000	11.48	4.19		0.05	12.17	B2-B3
VOS 1617	2660	3.47	24800	5.6	4.03		0.09	10.9	B1.5
VOS 1600	1867	4.37	22500	7.3	4.09		0.075	11.2	B1.5-B2
VOS 1515	1983	6.69	28000	7	4.44		0.05	14.5	B0.5
VOS 1034	1735	5.33	20000	8	3.97		0.09	10.3	B1.5-B5
MWC 297	407.79	8.5	26000	12.05	4.78		0.02	19.98	B0
V431 Sct	1693.96	4	21000	8.49	4.1		0.07	11.21	B2
AS 310	2380.46	4	28000	6.32	4.34		0.05	14.4	B0
VOS 1342	1890	5.93	22500	9	4.27		0.052	12.9	B1.5-B2
MWC 953	1996.16	3.5	16000	14.7	4.11		0.05	12.06	B4
PDS 543	1445.7	6.5	30000	12.81	5.08		0.02	26.92	O-B0
HD									
174571	1287.18	2.5	22000	12.07	4.49		0.04	15.87	B1-B2
VOS 1672	3810	3.68	22500	9.7	4.33		0.047	13.6	B1.5-B2
MWC									
1021	3090.47	9	13000	154.47	5.79	<	0.01	73.64	B6-B7
V1478									
Cyg	1669.83	9	14000	66.87	5.19	<	0.01	36.19	B5-B6
VOS 1331	1394	6.02	28000	4.1	3.98		0.12	11.5	B0.5
AS 470	9102.29	2.5	8000	42.78	3.83		0.02	13.29	A4-A7
VOS 2169	4530	2.84	20000	9	4.03		0.08	10.8	B1.5-B5
VOS 2171	5140	4.41	21000	10	4.21		0.05	12	B}
MWC 655	1881.25	1.5	19000	9.7	4.04		0.08	11	B2-B3
VOS 2085	2880	2.66	24800	6.4	4.15		0.07	11.7	B1.5
IL Cep	797.43	3	20000	7.87	3.95		0.09	10.02	B2
VOS 1575	3120	5.93	20000	9	4.07		0.07	11.1	B1.5-B5
VOS 1026	2773	2.55	28000	4.1	3.97		0.12	11.5	B0.5
MWC									
1080	1424.3	5	28000	9.03	4.66		0.03	17.97	B0

Of the 318 stars in the catalog, there were only 43 stars with masses greater than $10 M_{\odot}$. We have considered some characteristics of the selected stars. For example, in Fig.1 the mass-luminosity relation is given for the entire array from the HAeBe catalog, as well as for the massive YSO listed in Table 1.

As can be seen from Fig. 1, the mass-luminosity relation does not generally differ for stars with different masses. Fig.1 also shows that the maximum mass for most young stars reaches up to $40 M_{\odot}$. Only one star, MWC 1021, has a mass up to $80 M_{\odot}$. The luminosities of massive stars ($M > 10 M_{\odot}$) are in the range $3.7 < \text{Log } L/L_{\odot} < 6$ and complement the mass-luminosity dependence for low mass

stars. This suggests that the internal structure of young stars is no different from the mass-luminosity dependence for older stars.

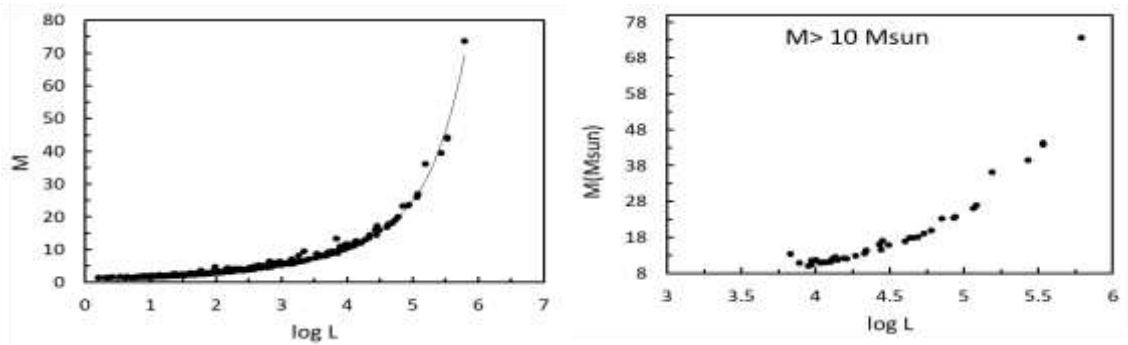


Fig.1. Mass-luminosity relation for total HAeBe list (left panel) and for MYSO (right panel).

Figure 2 shows the mass-age dependence for all stars in the catalog and for selected massive stars. As can be seen from this figure, massive stars have ages only in the interval $t = 0.01-0.12$ Myr. In addition, the right panel of Fig. 1 shows that no stars with masses $M > 10 M_{\odot}$ are found after the age of 0.06 Myr. Perhaps this is the age limit when the star loses all signs of the HAeBe star phenomenon and turns into an ordinary Main Sequence star.

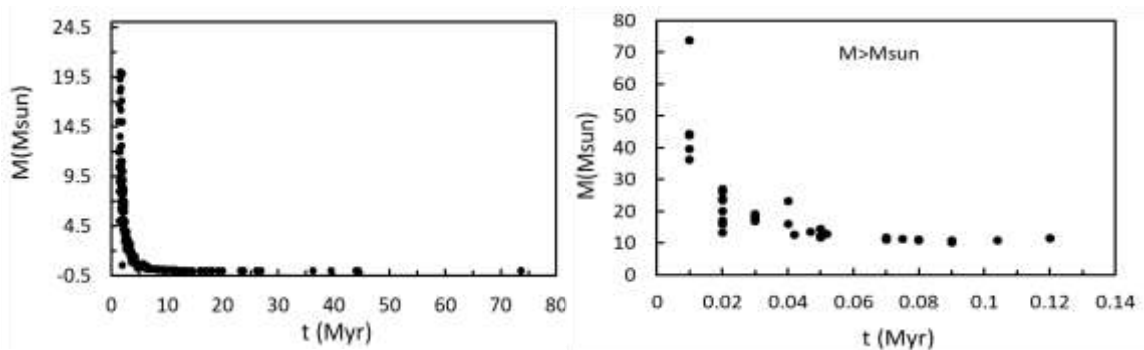


Fig.2. Mass-Age relation of total HAeBe stars (left panel) and HBe stars with $M > 10 M_{\odot}$ (right panel).

In Fig. 3 we also show graphs showing the mass-temperature relationship for the same sets of stars. These graphs show that the mass-temperature dependence does not show a noticeable difference in most stars. Both these graphs (Fig. 3) and the graphs in Fig. 1 show that the physical structure of these groups of stars does not differ. Hence, it follows that all the phenomenal properties of HAeBe-type stars, such as variability in brightness, emission spectrum, and excess radiation, are associated with the outer circumstellar disks and the interaction between the central star and the circumstellar disk.

Thus, analyzing the mass-luminosity-age relation and temperature for young HAeBe stars, we come to the following conclusion:

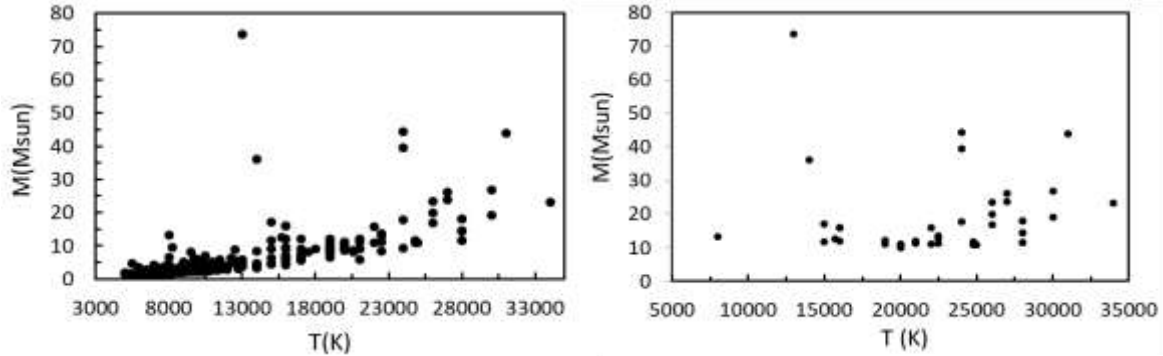


Fig.3. The mass-temperature relationship of all HAeBe stars (left panel) and for massive YSO (right panel).

1. The physical structure of most young stars of medium and high masses is practically the same. This indicates that the physical structure of ordinary intermediate-mass stars is identical to that of more massive young stars.

2. Massive stars with ages $t < 0.06$ Myr were not found in this sample, which may indicate that this is the age limit for young massive stars at which they lose their signs of HAeBe.

REFERENCES

1. Herbig G.H., 1960, A&AS, 4, 337.
2. The, P.S., de Winter, D., & Perez, M. R. 1994, A&AS, 104, 315.
3. Finkenzeller U., Mundt R., 1984, A&AS, 55, 109
4. Bouvier J., Alencar S. H. P, Harries T.J., Johns-Krull C. M., Romanova M. M, 2007, in Protostars and Planets V, ed. B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil (Tucson, AZ: Univ. Arizona Press), 479.
5. Pogodin M. A., Beskrovnaya N. G., Kozlova O. V., 2022, AzAJ 17, No2, 50
6. Schöller M., Pogodin M. A., Cahuasquí J. A., Drake N. A., Hubrig S., Petr-Gotzens M. G., Savanov I. S., 2016, A&A 592, A50
7. Grankin K.N. Astron.Letters, 2016, Vol. 42, No. 5, 314
8. Ismailov N.Z., Valiyev U.S., 2022, Astron.Rep., 66, 965
9. Hubrig S., Schöller, M., Ilyin, I., & Lo Curto, G. 2013, Astron. Nachr., 334, 1093
10. Hubrig S., Carroll, T. A., Schöller, M., & Ilyin, I. 2015, MNRAS, 449, L118
11. Hubrig S., Stelzer, B., Schöller M. et al., 2009 A&A 502, 283
12. Alecian E., Catala, C., Wade, G. A., et al. 2008, MNRAS, 385, 391
13. Alecian E., Wade, G. A., Catala, C., et al. 2013, MNRAS, 429, 1001
14. Muzerolle J., D’Alessio, P., Calvet, N., et al.: 2004, ApJ 617, 406
15. Grady C.A., Hamaguchi, K., Scheider, G., et al.: 2010, ApJ 719, 1565
16. Guzmán-Díaz J., Mendigutía I., Montesinos B., et al., 2021 A&A 650, A182
17. Vioque M., Oudmaijer R. D., Wichittanakom Ch. et al., 2022 ApJ 930, 39
18. Lumsden S.L., Hoare, M. G., Urquhart, J. S., et al. 2013, ApJS, 208, 11
19. Koumpia E., de Wit, W. J., Oudmaijer, R. D., et al. 2021, A&A, 654, A109
20. Frost A.J., Oudmaijer, R. D., de Wit, W. J., & Lumsden, S. L. 2021, A&A, 648, A62

VƏFA QAFAROVA

qafarovavefa889@gmail.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Batabat Astrofizika Rəsədxanası

ASTROFOTOMETRİYA VƏ FOTOMETRİK KƏMİYYƏTLƏR

Astrofotometriya – Kainat obyektindən qəbulediciyə çatan işığın miqdarı ilə ölçülür, tətbiq olunan ölçmə üsulları və ölçmə cihazlarının bu və ya digər xarakteristikalarını öyrənir. “Fotometriya” sözünün mənası yunanca “ışığın ölçülməsi” deməkdir. Astrofotometriyanın predmeti optik şüalanmanı ölçməkdən ibarətdir və əsas məqsəd göy cisimlərdən gələn işığı dəqiq ölçməklə, bu ölçmələr əsasında həmin cisimlərin fiziki xassələrini müəyyən etməkdir [1]. Həmçinin astrofotometriyanın müasir dövr üçün bir sıra əsas məsələləri var. Bu məsələlər aşağıdakı kimi səciyyələnir:

Ulduz ölçüsü və ulduzun koordinatları fəzada uçan kosmik peykə naviqasiya və mövqe üçün çox vacibdir. Kosmosda cihaz öz qəbuledicisini səmanın müəyyən oblastına yönləndirərək oradakı ulduzları eyniləşdirə və görüş sahəsinə düşən sahənin koordinatlarını müəyyən edə bilər. Astrofotometriya bir diapazonda ölçmələr apararaq digər diapazonlarda cihazın eyni bir ulduz şüalanmasına reaksiyasını təyin etməyi bacarmalıdır.

Digər məsələlərdən biri də ulduzun koordinat və ölçüsünü təyin etmək üçün çoxrəngli fotometrik ölçmələrlə ulduzların enerji paylanmasını öyrənməkdir. Ölçmələrin dəqiq aparılması, fundamental astronomiyada çoxlu sayda ulduzların temperaturu, işıqlığı və kimyəvi tərkibi haqqında məlumat almağa imkan verə bilər. Son illərdə astrometriyada Yerdə və kosmosda milyona qədər parlaq ulduzun koordinatını və özünəməxsus hərəkətini 0.”002 bucaq saniyəsi dəqiqliyi ilə təyin etmişdir. Müasir dövrdə isə daha dəqiqliklə yəni 0.”00001 bucaq saniyəsi ilə ölçmə tələb olunur [2].

Ən önəmli məsələ isə ulduzlardan gələn şüalanmanın zamana görə dəyişməsinə ölçməkdir. Bu zaman ulduzların şüalanma dəyişmələrində müşahidə olunan müxtəliflik onların fiziki xassələrinin öyrənilməsi üçün çox vacib bir informasiya mənbəyi olaraq qalır.

Kainatda obyektlər nöqtəvi və ya müəyyən qədər kiçik ölçüdə görünürlər. Müxtəlif göy cisimləri, ulduzlar, asteroidlər və s. ən güclü teleskopda belə nöqtəvi mənbələr kimi görünürlər. Hətta parlaq planetlərin özlərini də adi gözlə biz nöqtəvi mənbələr kimi görürük. Nöqtəvi mənbə özünün işıqlanması ilə səciyyələnir. Bu hadisələr zamanı işıq maddə ilə qarşılıqlı təsirdə olduğundan onun xarakteristikalarını-enerjisini, gücünü, intensivliyini, mənbəyin parlaqlığını və s. müəyyənləşdirmək lazımdır. Astrofizikada müxtəlif işıq qəbuledicilərinin ölçdüyü işıq kəmiyyətləri-fotometrik kəmiyyətlər adlanır. Bir neçə fotometrik kəmiyyətlər var ki, astrofizikada əhəmiyyətli rol oynayır. Bu fotometrik kəmiyyətlər – işıqlanma, obyektin işıqlığı, obyektin şüalanma intensivliyi və sıxlığı, şüalanma seli və obyektin parlaqlığı kimi zəruri parametrlərdir.

İşıqlanma-fotometriyada çox əhəmiyyətli kəmiyyətlərdən biridir. Fotoelektrik üsulla işıqlanmanı ölçmək üçün fotoelementin pəncərəsi teleskopun fokal müstəvisində yerləşdirilir. Obyektin işıq selinin təsiri ilə yaranan fotocərəyanın şiddəti işıqlanma ilə mütənasib olduğundan biz mənbəyin işıqlanmasını ölçə bilərik. İşıqlanma verilmiş $d\sigma$ səthinə düşən $d\Phi$ işıq selinin həmin səthin sahəsinə nisbəti ilə ölçülür:

$$E = \frac{\Phi}{S} \cos\varphi \quad (1)$$

Bu ifadədən istifadə edərək nöqtəvi mənbəyin yaratdığı işıqlanmanı təyin edək. Nöqtəvi mənbədən çıxan selin bütün istiqamətlərdə bərabər paylandığını qəbul edək. $\varphi = 0^\circ$ olduqda şüalar səthə normal düşdüyündən bu halda mənbənin yaratdığı işıqlanma maksimum olur.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (2)$$

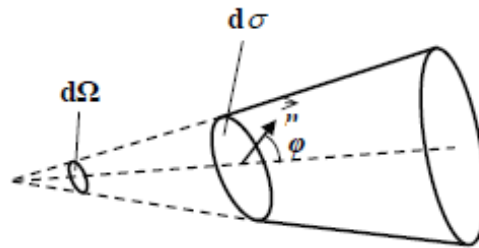
Parlaqlıq- bildiyimiz kimi nöqtəvi mənbəyin verilmiş istiqamətdə şüalanması işıq şiddəti ilə xarakterizə olunur. Oxşar qayda ilə nöqtəvi mənbəyə malik olmayan, sonlu ölçüyə malik mənbələri

xarakterizə etmək üçün mənbəyin vahid görünən işıq şiddəti- parlaqlıq adlanan fotometrik kəmiyyətdən istifadə olunur.

$$B_{\varphi} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega d\sigma \cos\varphi} \quad (3)$$

Burada $d\sigma \cos\varphi$ görünən səth olduğundan verilmiş istiqamətdəki parlaqlığın, həmin istiqamətdə görünən vahid səthdən vahid zamanda vahid cisim bucağı daxilində yayılan enerji selinin qiyməti ilə təyin olunduğunu görürük. Başqa sözlə, müəyyən istiqamətdəki parlaqlıq, mənbəyin görünən vahid səthinin həmin istiqamətdə yaratdığı işıq şiddətinin ədədi qiymətinə bərabərdir. Ümumi halda mənbəyin (yaxud, kənardan işıqlandırılan səthin) parlaqlığı müxtəlif istiqamətlərdə müxtəlif ola bilər. Lakin elə işıq mənbələrinə (Günəş, mütləq qara cisim), yaxud səthlərə (kənar mənbə vasitəsilə işıqlandırılan tutqun səth) rast gəlirik ki, onlar üçün B_{φ} müşahidə istiqamətindən asılı olmayan sabit kəmiyyətdir, yəni $B_{\varphi} = B = \text{const}$. Bu qanuna tabe olan mənbələr Lambert mənbələri adlanır [1].

Bundan əlavə işıqlanma ilə obyektin parlaqlığı arasında əlaqəyə baxaq:



Şüalandıran səthin Σ elementinə baxaq. Fərz edək ki, bu element cisim bucağı Ω olan elə K konusunun ixtiyari kəsiyidir ki, bu konusun L oxu həmin elementin n normalı ilə φ bucağı əmələ gətirir. Σ səth elementinin bu konus daxilində şüalandırdığı selə Φ deyək. Onda yuxarıdakı şərtlər daxilində baxış şüasına (L oxuna) perpendikulyar olan $\sigma = \Sigma \cos\varphi$ səthindən keçən sel də Φ olar. Parlaqlığın (B) tərifinə əsasən

$$B = \frac{\Phi}{\Omega \Sigma \cos\varphi} = \frac{\Phi}{\Omega \sigma} \quad (4)$$

yazırıq. Digər tərəfdən cisim bucağı anlayışına görə $\Omega = \frac{S}{r^2}$ və $\omega = \frac{\sigma}{r^2}$ yaza bilərik. Bu iki ifadədən $\sigma \Omega = \omega S$ münasibəti alınır. Bu ifadəni (2) və (4) düsturlarında nəzərə alsaq

$$E = B \omega \quad (5)$$

olar. (5) düsturundan görürük ki, obyektin yaratdığı maksimum işıqlanma onun orta parlaqlığı ilə cisim bucağının hasilinə bərabərdir və bu düstur, əsasən, optik müşahidələrdə tətbiq olunur. Bütün bu dediklərimiz əlbəttə, görünən ölçüyə malik olan obyektlərə aiddir. Nöqtəvi mənbələrin cisim bucağı ($\Omega=0$) olduğundan belə obyektlərin yalnız yerdə yaratdıqları işıqlanmanı və ya onların işıqlığını təyin etmək olar [3].

Biz parlaqlıq adlanan fotometrik kəmiyyət haqqında yuxarıda məlumat aldığımızı və öyrəndik ki, parlaqlığı daxil etməklə sonlu ölçülü mənbələri və ya kənardan işıqlandırılan səthləri xarakterizə edə bilərik. Əslində isə çox zaman bizə mənbəyin bütün istiqamətlərdə baş verən yekun şüalanmasını bilmək lazım gəlir. Elə bu səbəbə görə işıqlıq adlanan yeni fotometrik kəmiyyət daxil edilir. Işıqlıq- vahid səthdən bütün istiqamətlərdə şüalanan tam işıq selinin qiyməti ilə ölçülür:

$$S = \frac{d\Phi}{d\sigma} \quad (6)$$

Işıqlıq və parlaqlıq qarşılıqlı əlaqəsi olan fotometrik kəmiyyətlərdir. Onlar arasındakı əlaqənin riyazi ifadəsini də müəyyənləşdirmək olar. $d^2\Phi = B_{\varphi} d\Omega d\sigma \cos\varphi$ ifadəsindən istifadə edərək $d\sigma$ səthindən bütün istiqamətlərdə yayılan işıq selini tapaq. Bunun üçün, (1.9) ifadəsini φ -yə görə sıfırdan $\pi/2$ -dək, θ -ya görə isə sıfırdan 2π -ə qədər inteqrallamaq lazımdır:

$$d\Phi = d\sigma \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\pi/2} B_{\varphi} \sin\varphi \cos\varphi d\varphi = 2\pi d\sigma \int_0^{\pi/2} B_{\varphi} \sin\varphi \cos\varphi d\varphi \quad (7)$$

Digər tərəfdən, $d\sigma$ səthindən çıxan işıq selini işıqlıq vasitəsilə aşağıdakı düsturla təyin etsək:

$$d\varphi = S d\sigma \quad (8)$$

(7) və (8) –in sağ tərəflərinin bərabərliyindən

$$S = 2\pi \int_0^{\pi/2} B_\varphi \sin\varphi \cos\varphi d\varphi \quad (9)$$

ifadəsi alınır. Lambert mənbələri üçün $B_\varphi = B$ olduğundan

$$S = 2\pi B \int_0^{\pi/2} \cos\varphi \sin\varphi d\varphi \quad (10)$$

Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, müstəqil işıq mənbəyi olmayan səth kənar mənbə tərəfindən işıqlandırıldığı halda, həmin səth formal olaraq parlaqlıq və işıqlıq kimi fotometrik kəmiyyətlərlə xarakterizə oluna bilər.

Astrofizikada işıqlanma fotometrik kəmiyyətinə fiziki analoq olaraq ulduz ölçüsü adlanan kəmiyyətdən də istifadə olunur. Ulduz ölçüsü termini obyektin həndəsi ölçüsünə aid deyildir. Ulduz ölçüsü ilk fotometrik anlayışdır. Ən parlaq ulduzun ölçüsü 1, ən zəif ulduzun ölçüsü isə 6-dır. Ulduz ölçüsü, mənbəyin işıq şüalarına perpendikulyar qoyulmuş səthin həmin mənbə tərəfindən nisbi işıqlanmasının əsası 2,512 olan mənfi işarəli loqarifmidir [4]:

$$\lg \frac{E}{E_0} = -0.4(m - m_0) \quad (11)$$

$E_{0=1}$ qəbul etsək, (bu halda $m_0 = 0$ olar)

$$m = -\lg_{2,512} E \quad (12)$$

Ümumiyyətlə isə

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m-m_0)} \quad (13)$$

(13) düsturu göstərir ki, bir obyektin ulduz ölçüsü digərindən bir vahid böyükdürsə, onun görünən parlaqlığı birincidən 2,512 dəfə kiçikdir, yaxud tərsinə bir obyektin ulduz ölçüsü bir vahid kiçikdirsə, onun görünən parlaqlığı birincidən 2,512 dəfə böyükdür. Ulduz ölçüləri ədədi qiymətə sıfır, mənfi və müsbət ola bilər. Adı gözlə və ya vizual fotometr vasitəsilə təyin olunan, görünən (vizual) ulduz ölçüsü (m_0) adlanır. Vizual ulduz ölçüsündən başqa qəbuledicinin növündən asılı olaraq fotoqrafik, fotovizual, UBV sistemində sarı (V), göy (B), ultrabənövşəyi (U) və bütün dalğalar oblastında şüalanmaya aid olan bolometrik ulduz ölçüləri vardır.

ƏDƏBİYYAT

1. R.Ə.Hüseynov. *Astronomiya*. Bakı: Maarif, 1997. 445 s
2. N.Z.İsmayılov. *Praktik Astrofizika*. Bakı: Bakı Univeristeti, 2012. 178 s
3. Самусь Н.Н. *Переменные звезды. Учебное пособие по курсу "Астрономия"*, Москва, изд.во МГУ, 1976
4. *Ümumi fizika kursu. IV cild*. N.M.Qocayev. *Optika*. Bakı: Çarşıoğlu, 2009. 624 s.

SAMİRƏ RƏHİMLİ

samira.rahimli.97@gmail.com

NAZİM HÜSEYNOV

nazimqaramamedli@mail.ru

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

NGC 3516 SEYFERT QALAKTİKASININ 2016-2022-ci İLLƏRDƏ FOTOMERİK MONİTORİNQİ

Bu işdə Seyfert qalaktikası NGC 3516-nın 2017-2022-ci illərdə fotometrik müşahidəsinin nəticələri verilir. Müşahidə dövrü ərzində qalaktikanın parlaqlığının artması və azalması qeydə alınmışdır. Birinci alışımda parlaqlığın artması 16.05.2018-ci il (JD2458255) tarixdə BVRcIc süzgəclərində, uyğun olaraq 0,42; 0,30; 0,06 və 0,12 ulduz ölçüsü civarında olmuşdur. 15.06.2018-ci il (JD2458295) tarixdə NGC 3516 qalaktikasının parlaqlığının xeyli zəifləməsi müşahidə olunmuşdur. Zəifləmənin amplitudu BVRcIc süzgəclərində uyğun olaraq 0,39; 0,28; 0,04 və 0,04 ulduz ölçüsü tərtibində olmuşdur. İkinci alışma 10.07.2022-ci il (JD2459771) tarixdə müşahidə olunmuş və parlaqlaşmanın amplitudu BVRcIc süzgəclərində, uyğun olaraq 0,43; 0,36; 0,103 və 0,27 ulduz ölçüsü civarında olmuşdur. Müşahidə dövrü ərzində qalaktikanın parlaqlığının dəyişməsi xaotik olmuşdur.

Açar sözlər: Seyfert qalaktikası, NGC 3516, BVRcIc fotometrik dəyişkənlik, qara dəlik, fəal nüvəli qalaktika.

Giriş. Fəal nüvəli qalaktikaların (FNQ) fotometrik dəyişkənliyinin tədqiqi fəal nüvənin təbiətini, nüvədə baş verən fiziki proseslərin öyrənilməsi və həndəsi quruluşunu başa düşmək baxımından böyük maraq kəsb edir. Elmi ədəbiyyatda fəal nüvəli qalaktikaların tədqiqinə həsr edilmiş işlər, əsasən, fəallığın baş verdiyi müəmmalı obyektlərin, qalaktikaların mərkəzi oblastlarının öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Seyfert qalaktikalarının (SG) fəallığı probleminin tədqiqinə maraq, kvazarların, radiqalaktikaların, lasertidlərin (BL LAC), və onlara oxşar obyektlərin öyrənilməsi ilə sıx bağlıdır.

Akkresiya baş verən kompakt ifratnəhəng obyektlərin fotometrik dəyişkənliyinin tədqiqi fəal nüvəli qalaktikalarda fiziki proseslərin diaqnostikası baxımından ən effektiv üsullardan biridir. Dəyişmənin xarakterik vaxtı optik kontinumuu və geniş zolaqlı emissiya xətlərini şüalandıran oblastın ölçülərinin həddindən artıq kiçik olmasından xəbər verir. Fəal nüvəli qalaktikaların fotometrik dəyişkənliyinin tədqiqi FNQ təkamülünü və kompakt nüvənin quruluşunu aydınlaşdırmaq baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bunları başa düşmədən mərkəzi kompakt energetik mənbənin həlli probleminə yaxınlaşmaq mümkün deyil. FNQ nəzəri modelləri içərisindən seçim etmək üçün onların fotometrik dəyişkənliyinin xüsusiyyətləri haqqında məlumat əldə etmək çox vacibdir. Akkresiya diskinə malik ifratnəhəng qara çuxur modelinə görə fəal nüvəli qalaktikaların dəyişkənliyinin həm periodik, həm də xaotik olmasını müşahidə etmək mümkündür. Fəal nüvənin fotometrik dəyişkənliyinin xüsusiyyətlərinin aşkarlanması mövcud nəzəri modellər içərisindən seçim etmək imkanı verir [Дибай, Э.А (1984) 10-17.].

Seyfert qalaktikalarını ilk dəfə 1943-cü ildə amerikan alimi Karl Seyfert bir sıra qeyri adi xüsusiyyətlərinə görə seçmişdir [Seyfert, C (1943), 28-40]. Hazırda həmin obyektləri onun şərəfinə Seyfert qalaktikaları adlandırırlar. Aktiv qalaktikaların nüvəsində uzun müddət adi maddə ilə işləyə biləcək və onun müşahidə olunan güclü enerji ayrılmasını təmin edə bilən, hələlik fizikada məlum olan yeganə enerji mənbəyi ancaq kütləsi bir neçə mindən bir neçə milyard Günəş kütləsi civarında olan (10^6 - 10^9 M_{\odot}) qara dəliyin akkresiya diskinin qravitasiya təsiri altında maddənin qara çuxura akkresiyası ola bilər. Qara dəliyə sərbəst düşən maddə işıq sürətinə yaxın sürətlərə qədər təcillənir və elektromaqnit şüalanması impuls momentinə malik olduğundan fırlanaraq sıx və həddindən artıq isti akkresiya diskini formalaşdırır. Həmin akkresiya diskində toplanan enerjisi fəal qalaktikaların nüvələri

üçün əsas enerji anbarı kimi fəaliyyət göstərir. Bütün yekxə enerjili və digər şüalanma qara dəlikdə deyil, akresiya diskində formalaşır. Onun maqnit sahəsi hesabına proton və elektronların çox yüksək enerjiyə qədər təcillənməsi nəticəsində akkresiya diskinin müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə nazik cet formasında atılma baş verir [Засов, А. В 2006, 496].

Qalaktika nüvələrinin fəallığı problemi hələlik axıra qədər həll edilməmişdir. Nə üçün qalaktikalrın bəzilərinin nüvələri aktiv, digərlərinin ki isə passivdir? Maraqlıdır qalaktika nüvələrinin fəallığı qalaktikaların təkamül prosesində qısa müddətli bir dövrdür yaxud da bu qalaktika nüvəsinin fundamental fərqli quruluşu ilə bağlıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, hələlik bu sualların dəqiq cavabı yoxdur. Qalaktikada mövcud olan sərbəst qazın və ya ulduzun təmamilə yaxudda hissə-hissə zəbt olunması mexanizmi hələlik axıra qədər öyrənilməmişdir [Combes, F 2001,1-56]. Qalaktikanın nüvəsindən bir neçə kiloparsek məsafədə hərəkət edən qaz nüvəyə düşməzdən əvvəl, impuls momentinin böyük bir hissəsini itirməlidir. Qalaktika nüvələrinin aktiv olmasını qalaktikalrın məxsusi xüsusiyyətləri ilə izah etmək üçün son dövrlərdə xeyli işlər görülmüşdür [Sholman I 2002, 921-93, Knapen J.H 2005, 141-151, Martini P 2003, 353–406].

Seyfert qalaktikalarını, radiqalaktikaları, kvazarları, lasertidləri və ultrabənövşəyi oblastda şüalanmasının artıqlığı ilə seçilən obyektləri fəal nüvəli qalaktikalar adlandırırlar.

Hesab olunur ki, bütün massiv qalaktikaların nüvəsində ifratnəhəng qara dəliklər yerləşirlər. Həmin qara dəliklər müəyyən şəraitlərdə fəallıq mərkəzinə çevrilirlər. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, fəallıq qalaktikaların cəmişi bir faizində müşahidə olunur. Yerdə qalan 99% qalaktikaların nüvələri aktiv deyil və ya fəallığı çox aşağı səviyyədədir. Belə qalaktikaları normal qalaktikalar adlandırırlar [Засов, А. В 2006 (1), 496].

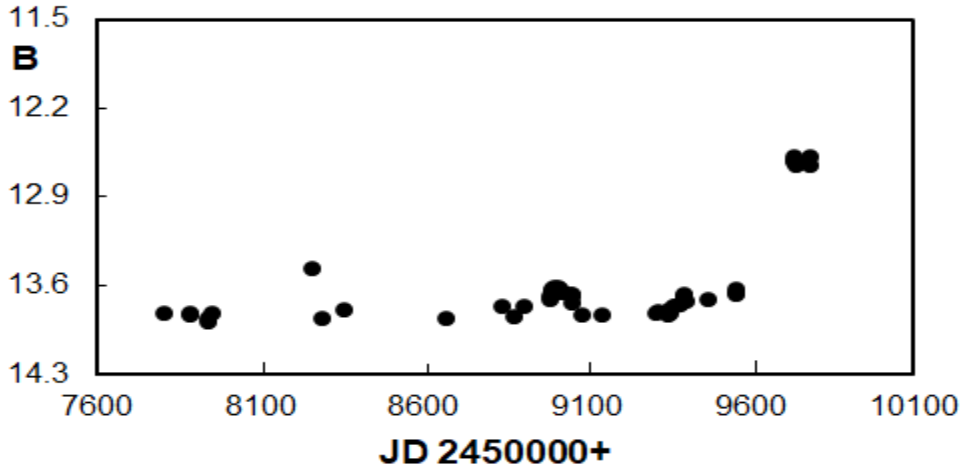
Fəal nüvənin, yəni mərkəzi energetik mənbənin (qara dəliyin) kütləsi 10^8 - $10^9 M_{\odot}$ Günəş kütləsi tərtibindədir. Mərkəzi energetik mənbənin kütləsini təyin etmək üçün bir sıra üsullar təklif edilmişdir. Həmin üsullarla ətraflı tanış olmaq olar [Campitiello 2013,11-22].

Seyfert qalaktikalarının dəyişkənliyi ilk dəfə Fitch et al. [Fitch, W.S 1967, 177-180] tərəfindən 1967-ci ildə aşkar edilmişdir. Daha sonra bu dəyişkənlik Zaytseva və Lyutyı tərəfindən təsdiq edilmişdir [Зайцева, Г.В 1969, 237-240]. Son dövrlərdə kosmik və yerüstü müşahidələrdən Dan Maoz [Dan Maoz 2000, 119-125] rentgen oblastında, Ilic et al. [Ilic D 2020, 13-20] və Huseynov [Гусейнов, Н.А 1997, 78-80] Seyfert qalaktikası NGC 3516-nın parlaqlığının görünən oblastda dəyişməsi aşkar edilmişdir. Bundan başqa biz 2016-2020-ci illər ərzində Seyfert qalaktikası NGC 3516 spektral müşahidələrindən spektral tipin dəyişməsini aşkar etdik [Окнянский, В.Л 2020, 971-976].

Müşahidə. 2017-2022-ci illərdə NGC3516 Seyfert qalaktikasının Elm və Təhsil Nazirliyi N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Zeiss 600” teleskopunda müşahidələri aparılmışdır. Müşahidələr CCD fotometrə BVRcIc süğəclərində aparılmışdır [Абдуллаев, Б.И. 2012, 39-49]. Teleskopun Baş parabolik güzgüsünün diametri 600 millimetrdir. Ekvivalent fokus məsafəsi 7500 mm və işıqgücü 1:12.5 tərtibindədir. Fotometrin fokal müstəvisində xəyalın ölçüsü 17 bucaq dəqiqəsidir. Kasseqren güzgüsünün diametri 183 mm-dir [Лютый, В.М 2009, 35-41]. Işıq qəbuledicisi kimi fotometrə CCD (Yük Əlaqəli Cihaz) matrisa Alta U-47-dən istifadə edilmişdir.

N.Tusi Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Zeiss 600” teleskopu fotometrik dəyişkənliyin tədqiqi üçün unikal bir cihazdır. Müşahidələr ilini müxtəlif fəsilərdə və vaxtlarında aparılmışdır. Məlum olduğu kimi, yerüstü astronomik müşahidələr hava şəraitindən, obyektin səmada görünmə vaxtından və vaxt bölgüsündən asılıdır. Ona görə də, biz NGC 3516 Seyfert qalaktikasının müntəzəm müşahidələrini apara bilməmişik. Bizim müşahidələrimiz 2017-2022-ci illər ərzində BVRcIc süğəclərində aparılmışdır. Alınmış müşahidə fotometrik materialları “MAXİM DL4” proqram paketi vasitəsi ilə işlənmişdir [Maxim DL, 17]. Ölçmələr 7 pixel ($13''5$ bucaq saniyəsi) aperturası ilə aparılmışdır. Müşahidələr əsasən Aysız və aydın gecələrdə aparılmışdır.

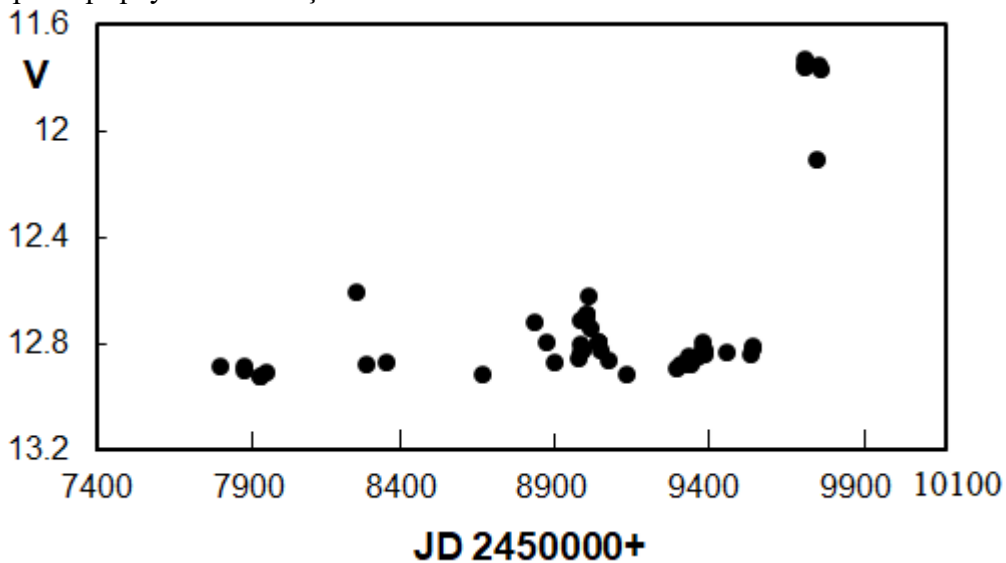
Şəkil 1-də Seyfert qalaktikası NGC 3516-nın B süğəcində 7 pixellə 2017-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin nəticəsi verilmişdir.



Şəkil 1. Seyfert qalaktikası NGC 3516-nın B süzgəcində 7 pixellə 2017-2022-ci illərdə parlaqlıq əyrisi

Şəkil 1- dən göründüyü kimi müşahidə dövrü ərzində B süzgəcində müxtəlif vaxtlarda parlaqlığın həm artması, həm də azalması baş vermişdir. Belə ki, 19.02.2017 (JD2457804) - 03.07.2017 (JD2457938) tarixləri aralığında B süzgəcində NGC 3516 Seyfert qalaktikası 0.07 ulduz ölçüsü civarında zəifləmişdir. 03.07.2017 (JD2457938) – 16.05.2018 (JD2458255) tarixləri aralığında isə B süzgəcində 0,42 ulduz ölçüsü tərtibində parlaqlaşma müşahidə olunmuşdur. 16.05.2018 (JD2458255) – 15.06.2018 (JD2458295) tarixləri aralığında 0,39 ulduz ölçüsü zəifləmişdir. 15.06.2018 (JD2458295) -28.05.2020 (JD2458295) tarixləri aralığında 0,24 ulduz ölçüsü parlaqlaşmışdır. 28.07.2020 (JD2459055) – 12.05.2021 (JD2459347) tarixləri aralığında 0,09 ulduz ölçüsü zəifləmişdir. 12.05.2021 (JD2459347) – 28.06.2021 (JD2459394) tarixləri aralığında 0,16 ulduz ölçüsü parlaqlığı artmışdır. Nəhayət, 28.06.2021 (JD2459394) – 18.07.2022 (JD2459779) tarixləri aralığında ən yüksək dəyişmə 0,43 ulduz ölçüsü parlaqlaşma müşahidə olunmuşdur. Qeyd etmək istərdik ki, digər süzgəclərdə ən güclü dəyişmə 10 iyul 2022 (JD2459771) tarixində müşahidə olunmuşdur. Həmin tarixdə B süzgəcində çəkilmiş kadrlar keyfiyyətsiz olduğundan 18.07.2022 (JD2459779) tarixinin nəticələrindən istifadə edilmişdir.

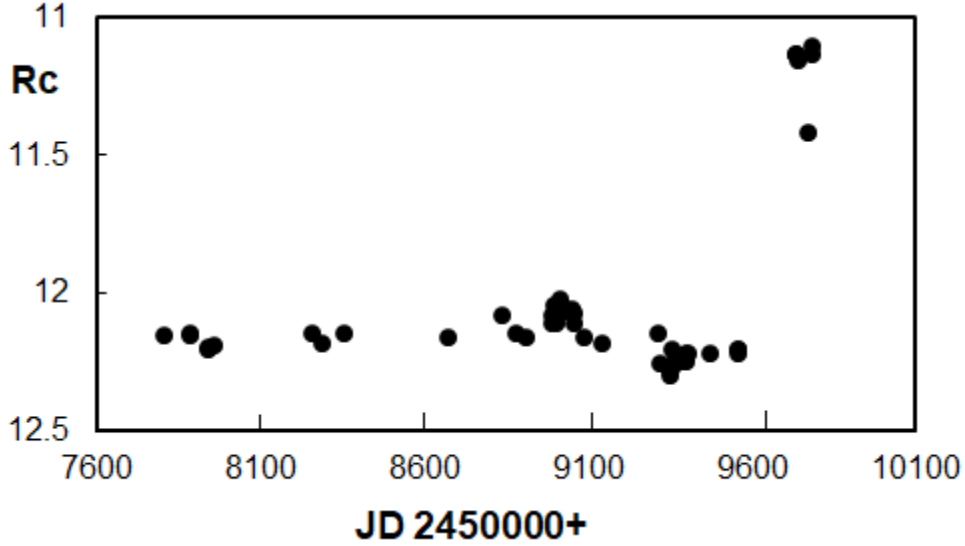
Şəkil 2-də NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə “Zeiss 600” teleskopunda V süzgəcində parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 2. NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə V süzgəcində parlaqlıq əyrisi

B süzğəcində olduğu kimi, V süzğəcində də NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə parlaqlaşması və zəifləməsi müşahidə olunmuşdur. B süzğəci ilə sinxron olaraq V –dədə həmin tarixlərdə uyğun olaraq 0.04 zəifləmə, 0.30 parlaqlaşma, 0.28 zəifləmə, 0.16 parlaqlaşma, 0.05 zəifləmə, 0.08 parlaqlaşma və 0.36 (JD2459771) ulduz parlaqlaşma qeydə alınmışdır.

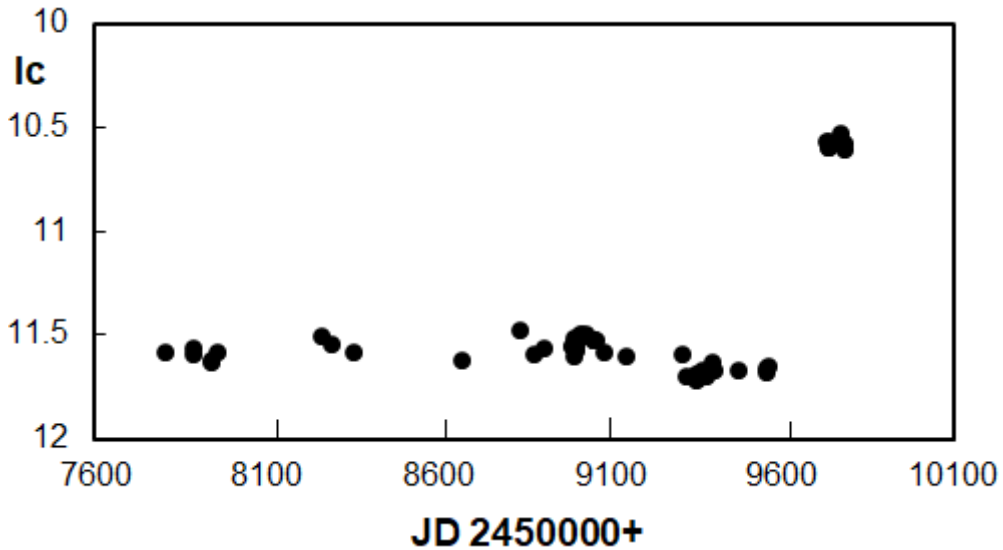
Şəkil 3 də Rc süzğəcində NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illəri ərzində parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 3. NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə Rc süzğəcində parlaqlıq əyrisi

Şəkil 3-dən göründüyü kimi, V süzğəcində olduğu kimi, Rc süzğəcində də NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə parlaqlığın artması və azalması müşahidə olunmuşdur. V süzğəci ilə sinxron olaraq Rc –süzğəcində də həmin tarixlərdə uyğun olaraq 0.04 zəifləmə, 0.06 parlaqlaşma, 0.04 zəifləmə, 0.08 parlaqlaşma, 0.18 zəifləmə, 0.1 parlaqlaşma və 0.27 (JD2459771) ulduz ölçüsü parlaqlaşma qeydə alınmışdır.

Şəkil 4 də Ic süzğəcində NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illəri ərzində parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 4. NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə Ic süzğəcində parlaqlıq əyrisi

Şəkil 4-dən göründüyü kimi, Rc süzğəcində olduğu kimi, Ic süzğəcində də NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə parlaqlığının artması və azalması müşahidə olunmuşdur. V süzğəci ilə sinxron olaraq Ic –süzğəcində də həmin tarixlərdə uyğun olaraq dəyişmənin amplitudu 0.04 zəifləmə, 0.12 parlaqlaşma, 0.04 zəifləmə, 0.04 parlaqlaşma, 0.17 zəifləmə, 0.06 parlaqlaşma və 0.103 (JD2459771) ulduz ölçüsü parlaqlaşma qeydə alınmışdır.

Şəkil 1, 2, 3 və 4-dən göründüyü kimi NGC 3516 Seyfert qalaktikasında BVRcIc süzğəclərində sinxron olaraq parlaqlığının azalması və artması baş verir. Dəyişmənin amplitudu isə müxtəlif vaxtlarda fərqli ulduz ölçüsü civarında olmuşdur.

Nəticə

Fotometrik müşahidə materiallarının işlənməsindən alınan nəticələrin analizi Seyfert qalaktikası NGC 3516-da dəyişmənin xarakterinin xaotik olmasını göstərir. BVRcIc süzğəclərində müşahidə olunan dəyişmələr, yəni parlaqlığın zamana görə azalması və artması sinxron xarakter daşıyır. Müşahidə nəticələrinin analizi NGC 3516 qalaktikasında 2017-2022 –ci illər ərzində çox fəal fiziki proseslərin baş verdiyini göstərir. Biz hesab edirik ki, parlaqlığın dəyişməsinin səbəbi qalaktikanın nüvəsində yerləşən qara dəliyə maddənin akkresiya tempinin dəyişməsi ilə bağlıdır.

Aparılan elmi tədqiqat işində aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. NGC 3516 Seyfert qalaktikasının 2017-2022-ci illərdə müşahidəsindən alınan nəticələr parlaqlığın dəyişməsinin xaotik olmasını göstərir.

2. Birinci alışımda parlaqlığın artması 16.05.2018-ci il (JD2458255) tarixdə BVRcIc süzğəclərində, uyğun olaraq 0,42; 0,30; 0,06 və 0,12 ulduz ölçüsü civarında olmuşdur.

3. 15.06.2018-ci il (JD2458295) tarixdə nüvəyə maddə axınının sürəti xeyli zəifləmiş və nəticədə NGC 3516 qalaktikasının parlaqlığının ən böyük zəifləməsi müşahidə olunmuşdur. Zəifləmənin amplitudu BVRcIc süzğəclərində uyğun olaraq 0,39; 0,28; 0,04 və 0,04 ulduz ölçüsü tərtibində olmuşdur.

4. Müşahidə dövrü ərzində ən güclü alışıma 10.07.2022-ci il (JD2459771) tarixdə müşahidə olunmuş və parlaqlaşmanın amplitudu BVRcIc süzğəclərində, uyğun olaraq 0,43; 0,36; 0,103 və 0,27 ulduz ölçüsü civarında olmuşdur. B süzğəcində bu dəyişmənin qiyməti (JD2459779) tarixindəki ulduz ölçüsü götürülmüşdür.

ƏDƏBİYYAT

1. Дибай, Э.А., Лютый, В.М. //1984// Параметры оптической переменности активных ядер галактик. // Астрон. журн., 61, вып. 1. с. 10-17.
2. Seyfert, C. //1943// Nuclear Emission in Spiral Nebulae//Astrophys. Journal, 97, p. 28-40.
3. Засов, А. В., Постнов, К. А. //2006// Общая астрофизика // Фрязино: 496 с. ISBN 5-85099-169-7, УДК 52, ББК 22.6.
4. Combes, F. // 2001// Fueling the AGN // arXiv:astro-ph/0010570 , p. 1-56. In Advanced Lectures on the Starburst-AGN Connection, eds. (Singapore: World Scientific), 223
5. Sholman, I., Heller, C.V.H. //2002// Nested bars in disk galaxies: No offset dust lanes in secondary nuclear bars // Astrophysical Journal, Vol. 565, pp. 921-93.
6. Knapen, J.H. // 2005// Structure and Star Formation in Disk Galaxies. III. Nuclear and Circumnuclear H α Emission//Astronomy and Astrophysics, 429, 141-151.
7. Martini, P., Michael, W. R., Regan, J.S. //2003// Circumnuclear dust in nearby active and in active galaxies. I. Data // The Astrophysical Journal Supplement Series, 146, pp. 353–406,.
8. Campitiello, S. Celotti, A., Ghisellini, G. et al. // Black hole mass and spin estimates of the most distant quasars//Astronomy & Astrophysics, Volume 625, id.A23, pp.11-22.
9. Fitch, W.S., Pocholchuk A.G., Weymann P.J., Allan S. //1967// Optical variation of the nuclei of three compact galaxies together with new photometric data for seyfert galaxies.// Astrophys.J.Lett., Vol. 150, L 177-180.
10. Зайцева, Г.В., Лютый, В.М. // 1969// Оптическая переменность ядра сейфертовской галактики NGC 4151.// Астрон. Журн., Том. 46, с. 237-240.

11. Dan Maoz, Edelson, R, Nandra, K., et al. // A Possible 100 Day X-Ray-to-Optical Lag in the Variations of the Seyfert 1 Nucleus NGC 3516.//The Astronomical Journal, 2000, 119, 119-125.
12. Пис, D., Окнянский, V., Попович, L.C. et al. //2020// A flare in the optical spotted in the changing-look Seyfert NGC 3516//A&A, Vol. 638, A13-20.
13. Гусейнов, Н.А.//1997// Оптическая переменность ядер активных галактик NGC 3516 и NGC 4151 // Кинематика и физика небесных тел, Т. 13. № 3. с. 78-80.
14. Окнянский, В.Л., Микаилов, Х.М., Гусейнов, Н.А. //2020// Изменение спектрального типа ядра сейфертовской галактики NGC 3516 //Астрономический Журнал, Vol 97, No 12, 971-976, Moskva.
15. Абдуллаев, Б.И. Алекберов, И.А. Гюльмалиев, Н.И.//2012//НОВЫЙ ФОТОМЕТР – ПОЛЯРИМЕТР С ПЗС- КАМЕРОЙ // Azerbaijani Astronomical Journal, №4, с.39-49.
16. Лютый, В.М., Абдуллаев, Б.И., Алекперов, И.А. и др.// 2009// ПЗС фотометр на телескопе Цейсс-600 Шамахинской Астрофизической Обсерватории. I. Согласования ПЗС фотометра с оптикой Цейсс-600 //Астрономический журнал Азербайджана, 4, с. 35-41.
17. MaxIm DL CCD Imaging Software V.4 Diffraction Limited, 1997-2005.

SUMMARY

Samira Rahimli, Nazim Huseynov

PHOTOMETRIC MONITORING OF THE SEYFERT GALAXY NGC 3516 2016-2022

This paper presents the results of observations of the Seyfert galaxy NGC 3516, conducted in the period 2017-2022. During the observation period, an increase and decrease in the brightness of the galaxy were detected. The brightness increase occurred on May 16, 2018 (JD2458255), in the BVRcIc filters, the brightness change during the first flare was 0.42; 0.30; 0.06 and 0.12 magnitudes respectively. Then there was a significant decrease in the brightness of the galaxy NGC 3516 on June 15, 2018 (JD2458295). The attenuation in the BVRcIc filters was 0.39; 0.28; 0.04 and 0.04 magnitudes respectively. The second flare occurred on July 10, 2022 (JD2459771) and the change in brightness was 0.43; 0.36; 0.103 and 0.27 magnitudes respectively. During the period of observations, the change in the brightness of the galaxy was chaotic.

Key words: *Seyfer galaxy, NGC 3516, BVRcIc photometric variability, black hole, active core galaxy*

РЕЗЮМЕ

Самира Рагимли, Назим Гусейнов

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 3516 В 2017-2022 ГОДАХ

В этой работе приводятся результаты наблюдений сейфертовской галактики NGC 3516 проведенных в период 2017-2022 годах. В период наблюдения обнаружено увеличение и уменьшение блеска галактики. Повышение яркости произошло 16 мая 2018 (JD2458255) года, в фильтрах BVRcIc изменение блеска при первой вспышке составило соответственно 0,42; 0,30; 0,06 и 0,12 звездных величин. Потом произошло значительное ослабление блеска галактики NGC 3516 15 июня 2018 (JD2458295) года. Ослабление в фильтрах BVRcIc составило соответственно 0,39; 0,28; 0,04 и 0,04 звездных величин. Вторая вспышка произошла 10 июля 2022 (JD2459771) года и изменение амплитуда блеска составило соответственно 0,43; 0,36; 0,103 и 0,27 звездных величин. В период наблюдений изменение блеска галактики было хаотическим.

Ключевые слова: *сейфертовская галактика, NGC 3516, фотометрическая переменность BVRcIc, черная дыра, галактика с активным ядром.*

XIDIR MİKAYİLOV

mikailov.kh@gmail.com

Bakı Dövlət Universiteti

RUSLAN MƏMMƏDOV

ruslan_rtm@yahoo.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Batabat Astrofizika Rəsədxanası

AYSEL RÜSTƏMOVA

aysel.rustemova@yahoo.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

AG PEG SİMBİOTİK ULDUZUNUN FOTOMETRİK MÜŞAHİDƏSİ

Məqalədə AG Peg simbiotik ulduzun AAVSO (American Association of Variable Star Observers) fotometrik məlumat bazasından istifadə edərək 68-illik (1954-2022-ci illər) dövr üçün Vis filtrdə parlaqlıq əyrisi qurulmuşdur. Scargle metodundan istifadə etməklə statistik spektral furiye-analizini tətbiq edərək parlaqlıq əyrisində periodik dəyişmələrin mümkün qiymətləri araşdırılmışdır. Parlaqlıq əyrisində iki $P=17857^d$ uzun və $P=815^d$ qısa periodik dəyişmələr aşkar edilmişdir.

Açar sözlər: simbiotik ulduzlar, Ag Peg, fotometriya, period.

Giriş. Simbiotik ulduzlar qarşılıqlı təsirdə olan örtüklə əhatə olunmuş qoşa sistemlərdir. Onlar inkişaf etmiş qırmızı nəhəng və isti komponentdən-ağ cırtdandan ibarətdir. Dumanlığın material mənbəyi öz maddəsini ulduz küləyi və ya pulsasiya vasitəsi ilə itirən qırmızı nəhəng, enerji mənbəyi isə isti ağ cırtdan hesab olunur.

AG Pegasi - Peqas bürcündə yerləşən simbiotik ulduzdur. Bu ulduz qırmızı nəhəng (RG-red giant) və ağ cırtdandan (WD- white dwarf) ibarət sıx qoşa sistemdir [1]. Sistem bütövlükdə qaz-toz dumanlığı ilə əhatə olunmuşdur. Ulduzun orbital dolanma ~ 818 gün qəbul olunur [2]. Qırmızı nəhəngin kütləsi: $M_g = 2.6M_{\odot}$, Ağ cırtdanın kütləsi: $M_d = 0.6M_{\odot}$, komponentlərin kütlələri nisbəti $M_g/M_d = 4.33$.

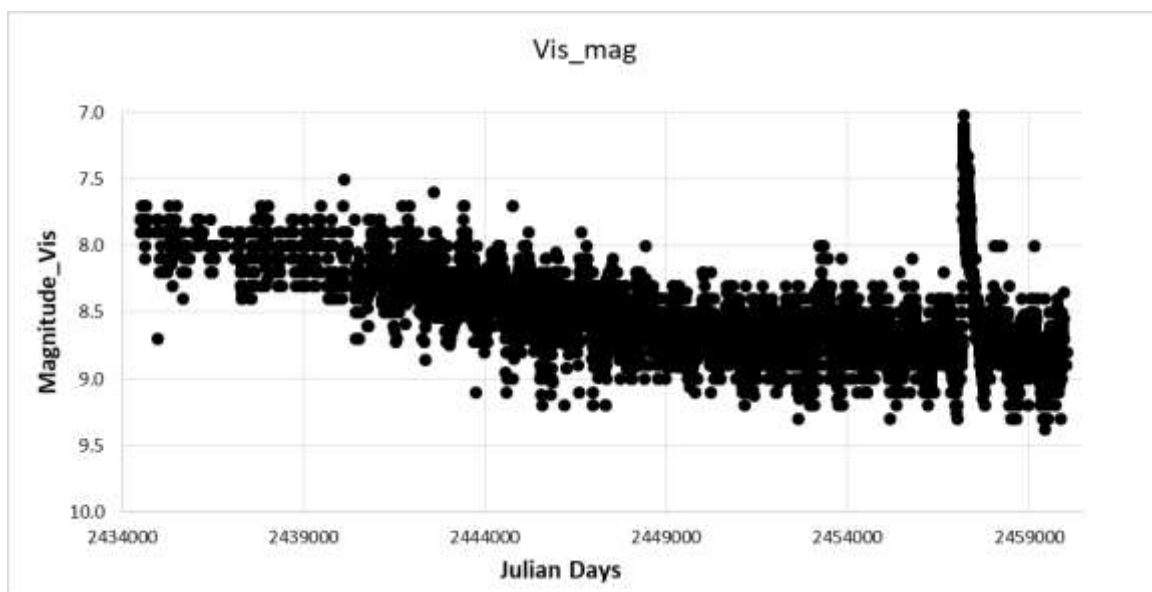
AG Peg simbiotik yenilər qrupuna aid edilir. İndiki dövrdə cəmi 8 yeniyə bənzər simbiotik ulduz məlumdur. Alışma baş vermə zamanı bu sinfin nümayəndələri çox yüksək parlaqlığa çatır və onlarla, bəzən yüzlərlə il bu vəziyyətdə qalırlar. Alışma baş verən zaman meydana gələn güclü zərbə dalğaları ətrafdakı plazmanı $10^7 \div 10^8$ K temperatura qədər qızdırır və müxtəlif ionlaşma dərəcəsinə malik emissiya xətlərinin formalaşması mənbəyinə çevrilir. Ulduzun spektrində FeX, FeXI, [NiXV] kimi tac xətləri yanaşı [NII], [OII] qadağan olunmuş və hidrogenin Balmer seriyası kimi aşağı həyəcanlaşma potensialına malik xətlərə qədər müşahidə olunur. AG Peg inamla "simbiotik yenilərə" misal ola bilər.

AG Peg XIX əsrin ortalarından tədqiq olunur. AG Peg simbiotik ulduzun kifayət qədər parlaq olması ($V \approx 8.5^m$) onun həm fotometrik və həm də spektral olaraq yaxşı öyrənilməsinə imkan vermişdir. 1850-ci illərdən başlayan parlaqlıq əyrisini təhlil edən Allen [2-3] AG Peg ulduzunu simbiotik yeni adlandırdı. Alışma 1850-ci ildə başlamışdır [4]. Onda onun ulduz ölçüsü 9^m -dan 6^m -ya qədər yüksəlmişdir. Parlaqlığının maksimumuna $\sim 6^m$ -cı ulduz ölçüsünə təxminən 1885-ci ildə çatmışdır. Sonradan ulduzun parlaqlığının tədricən azalması, alışımdan əvvəl müşahidə olunan səviyyəyə çatması 130 ilə yaxın davam etdi [5, 6]. Bundan sonra AG Peg 2000-ci ilə qədər zəifləməkdə davam etmişdir və 2015-ci ilin iyununa qədər V filtrində $8.5^m \div 9.0^m$ ulduz ölçüsü intervalında dəyişmələr göstərmişdir [7]. Digər spektrofotometrik parametrlərlə birlikdə parlaqlıq əyrisinin (LC-light curve) bu cür təkamülü indiyə qədər qeydə alınmış ən yavaş novaya xarakterikdir [6].

AG Peg simbiotik ulduzun yaxşı öyrənilməsinə baxmayaraq hər gün yeni müşahidə materiallarının alınması, yeni yanaşma metodları ulduz haqqında yeni və daha etibarlı nəticələr almağa, həm də ulduzun parametrlərinin əvəllər alınmış qiymətlərini dəqiqləşdirməyə imkan verir.

Bizim işimizin əsas məqsədi AG Peg simbiotik ulduzunun parlaqlıq əyrisində periodik dəyişmələri araşdırmaqdır. Bunun üçün AAVSO fotometrik məlumat bazasından istifadə edərək 68-illik dövr üçün AG Peg simbiotik ulduzun Vis filtrdə parlaqlıq əyrisi qurulmuş və Furye analizi ilə parlaqlığın dəyişməsinə periodik dəyişmələrin mümkün qiymətləri araşdırılmışdır. AG Peg simbiotik ulduzun fotometrik müşahidə materialları AAVSO (American Association of Variable Star Observers) - Amerika Dəyişən Ulduz Müşahidəçiləri Assosiasiyası verilər bazasından götürülmüşdür [7].

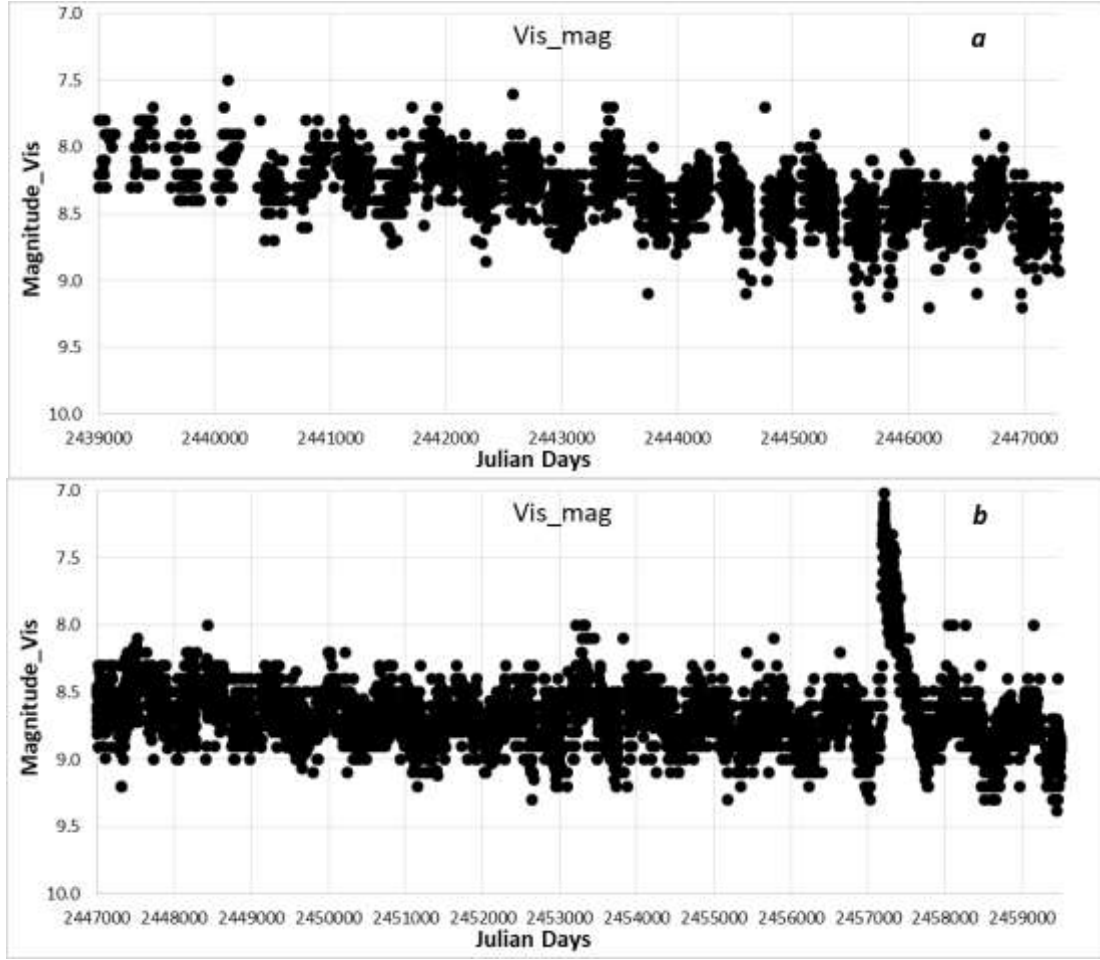
Tədqiqat metodu. AG Peg yeniyəbənzer simbiotik ulduzun AAVSO verilər bazası əsasında 68 illik bir dövr üçün Vis filtrdə parlaqlıq əyrisini qurduq (şəkil 1).



Şəkil 1. AG Peg simbiotik ulduzun 1954-2022-ci il dövrü üçün parlaqlıq əyrisi. Şəkildə hər bir nöqtə bir gün ərzində ölçmələrin orta qiymətidir

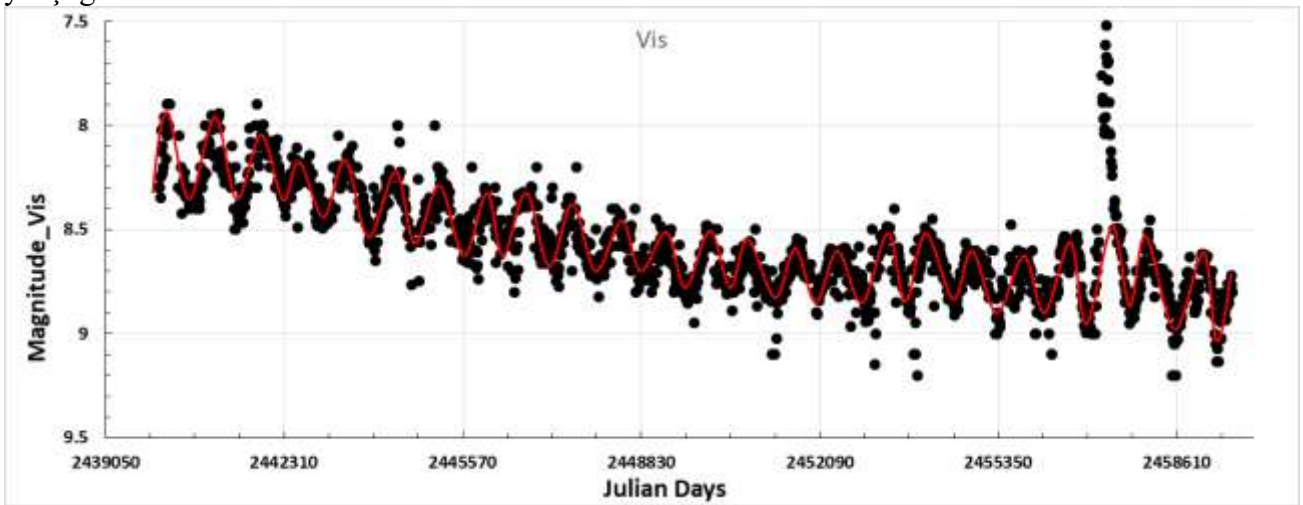
Ulduzun parlaqlığı şəkildən görüldüyü kimi (1954-1970)-ci illərdə 8 ulduz ölçüsü olub. 1970-ci ildən sonra ulduzun parlaqlığı yavaş-yavaş düşür. AG Peg ulduzunda 2015-ci ildə (2457050-2457400 Yulian tarixində) bir dəfə olmaqla güclü alışma baş verib. Bu zaman ulduz ölçüsü 8.7-dən 6.9 qədər artıb. Yəni 1.8 ulduz ölçüsü qədər dəyişib. Qalan vaxtlarda isə ümumi götürsək ulduzun parlaqlıq əyrisindən görüldüyü kimi 1 ulduz ölçüsü intervalında ulduzda kiçik modulyasiyalar, yəni dəyişmələr baş vermişdir. Hal-hazırda isə ulduz ölçüsü 8.5-dir.

Biz AG Peg simbiotik ulduzunda parlaqlıq əyrisindəki periodik dəyişmələri daha yaxşı görmək üçün şəkil 1-də olan parlaqlıq əyrisini iki hissəyə bölüb qurmuşuq. Birinci hissə 1954-1990, ikinci hissə isə 1990-2022-ci il aralığını əhatə edir (şəkil 2). Şəkil 2-dən parlaqlıq əyrisində müəyyən periodik dəyişmələr görünür.



Şəkil 2. AAVSO-nun məlumatlarına əsasən AG Peg simbiotik ulduzunun 1954-2022-ci il dövr üçün parlaqlıq əyrisi. a) 1954-1990, b) 1990-2022.

Şəkil 3-də isə biz JD 2440000-JD 2460000 aralığı üçün parlaqlıq əyrisini qurmuşuq. Zaman intervalı 10 gün götürülmüşdür. Başqa sözlə hər bir nöqtə 10 günlük ölçmələrin ortalaşdırılmış qiymətidir. Şəkildən görüldüyü kimi bu halda ulduzun parlaqlığında dövrü-periodik dəyişmələr daha yaxşı görünür.

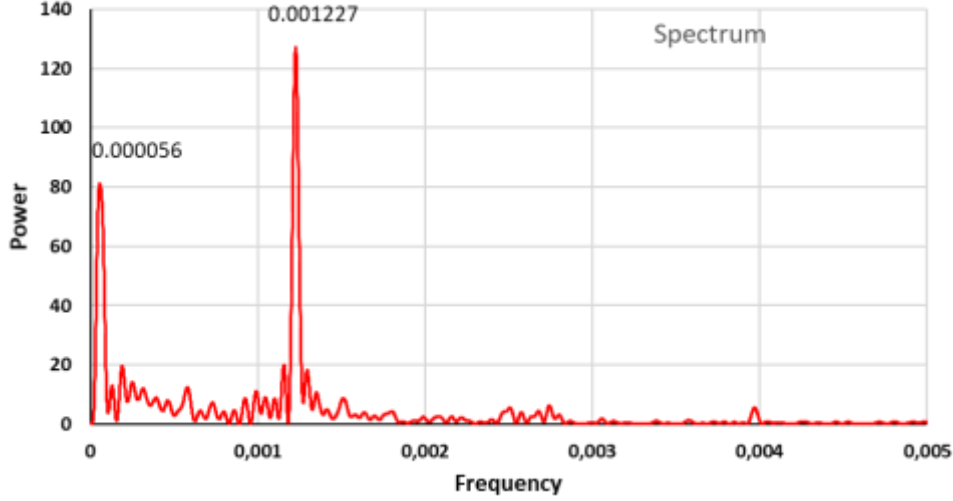


Şəkil 3. AG Peg ulduzun 1968-2022-ci il üçün (JD 2440000-2459000) parlaqlıq əyrisi. Şəkildə hər bir nöqtə 10 günlük ölçmələrin orta qiymətidir.

Şəkildən də görüldüyü kimi sakit dövrlərdə periodik dəyişmələr daha yaxşı görünür. Qırmızı rəngdə göstərilmiş qırçınlı əyri xətt təxminən 815 günlük perioda uyğun gəlir. Bu əyri nöqtələrin üzərinə çox yaxşı da oturur.

Periodu tapmaq üçün Scargle proqramından istifadə olunmaqla Furye analizi aparılmışdır. Klassik Scargle yalnız Norton-da işləyə bilər. Biz Hikmət Mikayılovun Windows üçün hazırladığı versiyadan istifadə etmişik. Periodun tapılması ardıcılığı aşağıdakı kimidir: **1.** Zamandan asılı olaraq ulduz ölçüsü haqqında olan faylı proqrama əlavə edirik. **2.** Hesabla düyməsini sıxırıq. **3.** Maksimal tezlik-frequency və addımı daxil edirik. **4.** Trendi nəzərə alırıq.

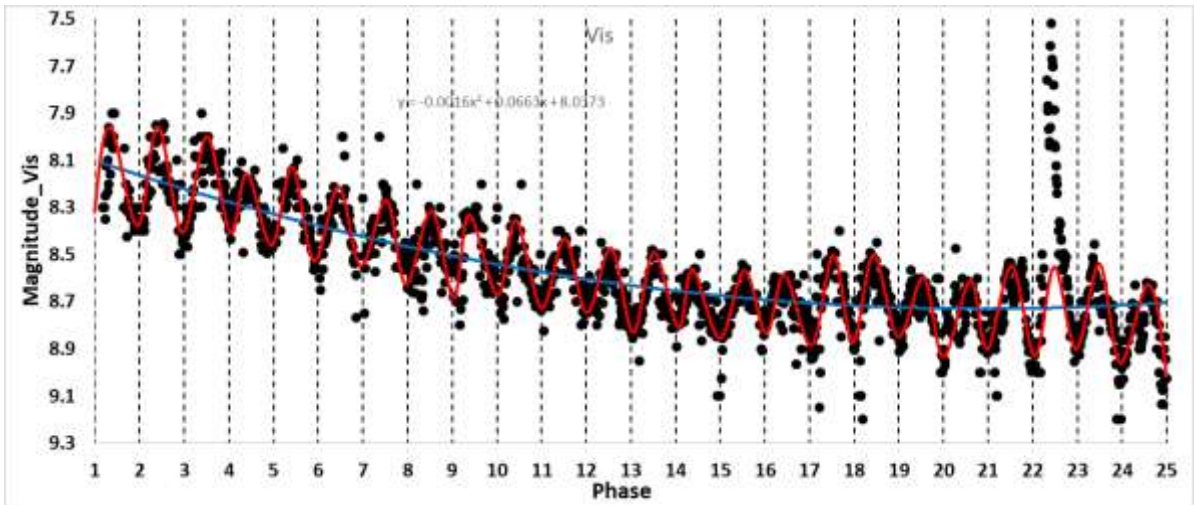
Şəkil 4-də 1994-2005- ci il intervalı üçün güc spektri qurulmuşdur.



Şəkil 4. Seçilmiş JD 2449400-JD2453400 (1994-2005) interval üçün güc spektri.

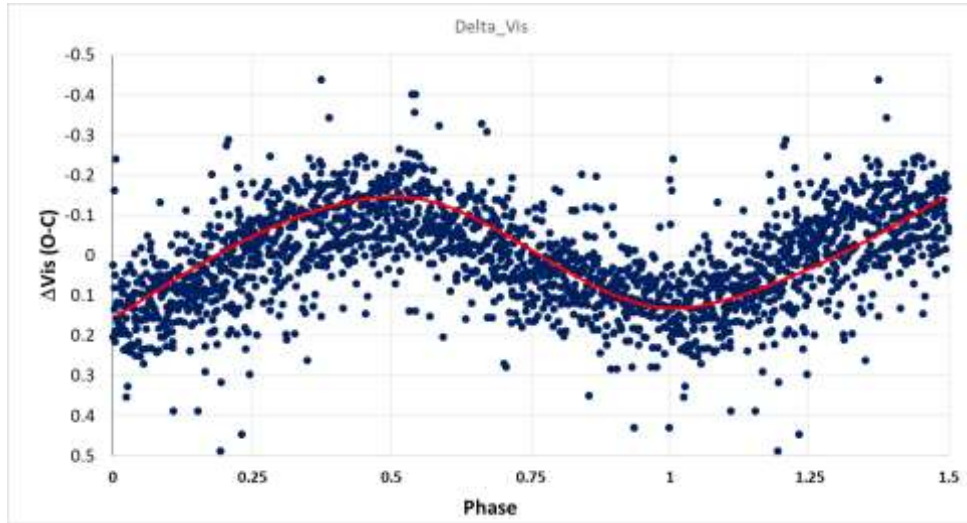
Şəkildən də görüldüyü kimi güc spektrində iki dənə maksimumlar vardır: **0.000056** və **0.001227**. Periodun tezliklə tərs mütənasib olduğunu bilərək periodun aşağıdakı qiymətlərini alırıq: 1. Qısa period $P=814.99$ gün, 2. Uzun period $P=17857.148$ gün. Görüldüyü kimi əsasən 2 period alınır.

AG Peg simbiotik ulduzunun seçilmiş (1968-2012-ci il, Yulian tarixi ilə isə 2440014÷2455953 aralığı üçün, yəni 44 illik dövr üçün) intervalda parlaqlıq əyrisi üçün faza diaqramı qurulmuşdur (şəkil 5).



Şəkil 5. 1968-2012-ci il 44 illik dövr üçün faza diaqramı. Faza diaqramı 25 tam dövrü əhatə edir. Hər bir dövr 814.99 gündür.

Biz seçilmiş zaman intervalı üzrə trend əyrisini keçirmişik. Əyrinin funksiyası: $y = -0.0016x^2 + 0.0663x + 8.0373$. Bu funksiyadan istifadə edərək Vis ulduz ölçüsünün hər bir zaman üçün orta qiymətdən kənara çıxma qiyməti (O-C, Observed-Calculated) hesablanmışdır. Başqa sözlə AG Peg-in ulduz ölçüsünün hər bir qiymətindən həmin zaman üçün trend əyrisindəki qiymət çıxılmışdır (Şəkil 6).



Şəkil 6. AG Peg ulduzunun Vis ulduz ölçüsünün ümumi faza diaqramı.

Şəkildən görüldüyü kimi 44 illik dövr üçün nöqtələr faza diaqramına çox yaxşı uyğun gəlir. Beləliklə, hesab edirik ki, AG Peg ulduzunun Vis ulduz ölçüsü $P=814.99^d$ periodla dəyişir. Epoxanın başlanğıcı $T_0=2439050$. Minimum faza isə: $\text{Min}=\text{JD}2439050 + 814.99E$ hesablanır.

Nəticə

AG Peg simbiotik ulduzun 68 illik (1954-2022-ci il) dövr üçün parlaqlıq əyrisi qurulmuşdur. AG Peg-in uzunmüddətli işıq əyrisi iki növ optik dəyişkənlik göstərir. Onlardan biri böyük amplitudlu dəyişiklik, ikincisi müntəzəm dövrü modulyasiyalardır. Kiçik amplitudla modulyasiyalar 1968-2012-ci il intervalında daha yaxşı görünür. Furiye analizindən istifadə edərək ulduzun parlaqlıq əyrisində periodların tapılması məsələsinə baxılmışdır. Parlaqlıq əyrisində 2 periodik dəyişmə aşkar edilmişdir: 1. Uzun period üçün $P=17857.148$ gün. 2. Qısa period üçün isə $P=814.99$ gün.

Hesab olunur ki, qısa period qoşa sistemin orbital hərəkəti ilə bağlıdır. Yəni, bu sistemin qırmızı nəhəngin və ağ cırtdanın ümumi kütlə mərkəzi ətrafında orbital hərəkətilə bağlıdır. Uzun period isə qırmızı nəhəngin ulduz küləyi vasitəsilə itirdiyi maddənin ağ cırtdan üzərində akkresiyası (yəni toplanması) nəticəsində baş vermiş alışımlarla izah oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Fleming W.P., Stars having peculiar spectra // The Observatory, 1912, vol. 56, № 6, p. 165-226.
2. Merrill P.W. A Variable Star with a Peculiar Spectrum // Publ. Astr. Soc. Pasific, 1919, vol.31, № 184, p.305-307.
3. Plaskett, H.H. The spectra of Z And // Pub.DAO, 1928, p.119-121.
4. Kenyon, S. J., & Fernandez-Castro, T. 1987, AJ, v.93, p.938
5. Fekel, F. C., Joyce, R. R., Hinkle, K. H., & Skrutskie, M. F. 2000, AJ, v.119, p.1375
6. Skopal A., Shugarov S., Vanko M., et.al., Astron. Nachr., 2012, v.333, p. 242
7. <https://www.aavso.org/LCGv2/>

SUMMARY

**Khidir Mikailov, Ruslan Mammadov,
Aysel Rustamova**

**PHOTOMETRIC OBSERVATION OF
THE SYMBIOTIC STAR AG PEG**

In the article, using the AAVSO (American Association of Variable Star Observers) photometric database of the AG Peg symbiotic star, a light curve was constructed in the Vis filter for a period of 68 years (1954-2022). Using the Scargle method, the possible values of periodic variable in the brightness curve were investigated by applying the statistical spectral Fourier-analysis. Two $P=17857^d$ long and $P=815^d$ short periodic variable were detected in the light curve.

Key words: *symbiotic stars, AG Peg, photometry, period.*

РЕЗЮМЕ

**Хыдыр Микайлов, Руслан Мамедов,
Айсель Рустамова**

**ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ
СИМБИОТИЧЕСКОЙ ЗВЕЗДЫ AG PEG**

В статье с использованием фотометрической базы данных AAVSO (American Association of Variable Star Observers) симбиотической звезды AG Peg построена кривая светимости в фильтре Vis за период 68 лет (1954-2022). Методом Скаргла были исследованы возможные значения периодических изменений кривой яркости путем применения статистического спектрального Фурье-анализа. На кривой блеска обнаружены две длинные $P=17857^d$ и короткие $P=815^d$ периодические вариации.

Ключевые слова: *симбиотические звезды, AG Peg, фотометрия, период.*

GÜNEL RÜSTƏMOVA
rustemovagunel27@gmail.com

XIDIR MİKAYİLOV
mikailov.kh@gmail.com

Bakı Dövlət Universiteti

RUSLAN MƏMMƏDOV
ruslan_rtm@yahoo.com

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Batabat Astrofizika Rəsədxanası*

AYSEL RÜSTƏMOVA
aysel.rustemova@yahoo.com

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası*

AG DRA ULDUZUNUN 2019-2021-Cİ İLLƏRDƏ SPEKTRAL TƏDQIQI

Məqalədə AG Dra ulduzunun ARAS spektral verilər bazasından endirilmiş 20 spektrinə görə 2019-2021-ci illər üçün udulma xətlərinin şüa sürətlərinin faza diaqramı qurulmuş, H_{α} , H_{β} , HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) və birqat ionlaşmış HeII ($\lambda=4685,68\text{\AA}$) xətlərinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxılmışdır. Məlum olmuşdur ki, H_{α} , H_{β} , HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) xətlərinin profilləri fazanın 0.9 ± 0.3 qiymətləri aralığında iki komponentli, 0.35-dən başlayaraq 0.78 fazaya qədər isə bir komponentli quruluş göstərilir. Eyni zamanda H_{β} və HeII 4686 xətlərinə görə sistemin isti komponentinin temperaturu üçün 180 000K -190 000K alınmışdır.

***Açar sözlər:** Ag Dra simbiotik ulduzu, xətlərin profili, faza diaqramı, period*

Giriş. AG Dra digər simbiotik ulduzlar kimi soyuq nəhəng və isti ağ cırtdan ulduzdan ibarət qarşılıqlı təsirdə olan qoşa sistemdir. Onlar təkamül prosesində maddə mübadiləsi edirlər və cütlük bütövlükdə dumanlıqla əhatə olunmuşdur. Dumanlığın material mənbəyi öz maddəsini ulduz küləyi və ya pulsasiya ilə itirən soyuq nəhəng ulduz, enerji mənbəyi isə isti ağ cırtdan hesab olunur.

AG Dra ulduzu metal tərkibi aşağı və böyük barisentrik sürəti ($\gamma = -148 \text{ km/s}$) olan, yüksək qalaktik enliyə ($b = 41^{\circ}$) malik yaşlı hal məskunlaşmasına aid olan məşhur simbiotik sistemdir [1]. AG Dra simbiotik ulduzu klassik simbiotiklər sinfinə daxildir. AG Dra simbiotik sistemin soyuq komponenti digər simbiotiklərdən fərqli olaraq nisbətən isti K2-3 tipli nəhəngdir və ulduz sarı rəngə çalır. Ona görə də tədqiqatçılar onu sarı simbiotik ulduz adlandırırlar [2-4]. AG Dra simbiotiklərin S (Stellar) qrupuna daxildir. Yəni spektrin infraqırmızı oblastında enerji artıqlığı müşahidə olunmur və enerji paylanması standart ulduzun enerji paylanmasına uyğundur. AG Dra-nın isti komponenti onun səthində yığılmış maddənin termonüvə yanması səbəbindən yüksək işıqlılığa ($\approx 10^3 L_{\odot}$) və yüksək temperatura ($\approx 10^5 \text{ K}$) malikdir [3].

Çoxillik fotometrik və spektral müşahidələr AG Dra simbiotik ulduzunda orbital hərəkətlə bağlı olan 550^{d} uzun period və soyuq nəhəngin pulsasiyası ilə bağlı olan nisbətən qısa 355^{d} periodların mövcud olduğunu göstərir [5]. Fotometrik orbital period 550^{d} [6, 7] soyuq komponentin şüa sürəti əyrisi ilə çox yaxşı təsdiq olunur [1,3,8]. AG Dra simbiotik ulduzunun spektrində həm soyuq ulduza, həm isti ulduza, həm də qaz-toz dumanlığına aid spektral xətlər müşahidə olunur. Deməli simbiotik ulduzları öyrənməklə biz üç obyektə soyuq, isti ulduzu və qaz-toz dumanlığını və onların qarşılıqlı təsir mexanizmlərini öyrənmə bilərik.

Bu işdə AG Dra ulduzunun 20 spektrinə görə 2019-2021-ci illər üçün H_{α} , H_{β} , HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) və birqat ionlaşmış HeII ($\lambda=4685,68\text{\AA}$) xətlərinin profilinin qoşa sistemin orbital hərəkətindən asılı olaraq dəyişməsinə baxılmışdır.

Spektroskopiya və nəticələr. AG Dra simbiotik ulduzunun spektrləri ARAS (Astronomical Ring for Access to Spectroscopy) spektral verilər bazasından endirilmişdir [9]. Spektrlərin siyahısı

cədvəl 1-də verilmişdir. Cədvəldə 1-ci sütunda təqvim tarixi, 2-ci sütunda Yulian günü, 3-cü sütunda spektrin ayırdetmə qabiliyyəti, 4-cü sütunda spektrin qısa tərəfinin və 5-ci sütunda spektrin uzun tərəfinin dalğa uzunluğu sərhəddi verilmişdir.

Cədvəl 1. Spektrlərin siyahısı

Cal.Date	JD	Resolution	λ_{\min}	λ_{\max}
04.07.2017	2457938	13000	4030	7949
18.07.2017	2457953	13000	4030	7949
17.08.2017	2457983	13000	4030	7949
27.02.2019	2458542	11000	4200	7110
13.03.2019	2458556	14000	4030	7950
02.04.2019	2458576	14000	4030	7950
14.04.2019	2458588	14000	4030	7950
22.04.2019	2458596	14000	4030	7950
06.05.2019	2458610	14000	4030	7950
17.06.2019	2458652	14000	4030	7950
08.07.2019	2458673	14000	4030	7950
23.08.2019	2458719	11000	4500	7200
17.09.2019	2458744	11000	4500	7200
28.03.2020	2458937	14000	4030	7955
23.04.2020	2458963	14000	4030	7955
21.05.2020	2458991	14000	4030	7955
14.06.2020	2459015	14000	4030	7955
16.08.2020	2459078	14000	4030	7955
18.09.2020	2459111	14000	4030	7955
20.11.2020	2459174	12000	3789	7588
25.01.2021	2459240	13275	6483	6637
17.04.2021	2459323	11000	3914	7590
02.05.2021	2459337	9500	4000	7300
15.07.2021	2459411	8500	3897	9389
05.08.2021	2459432	8500	3880	9619

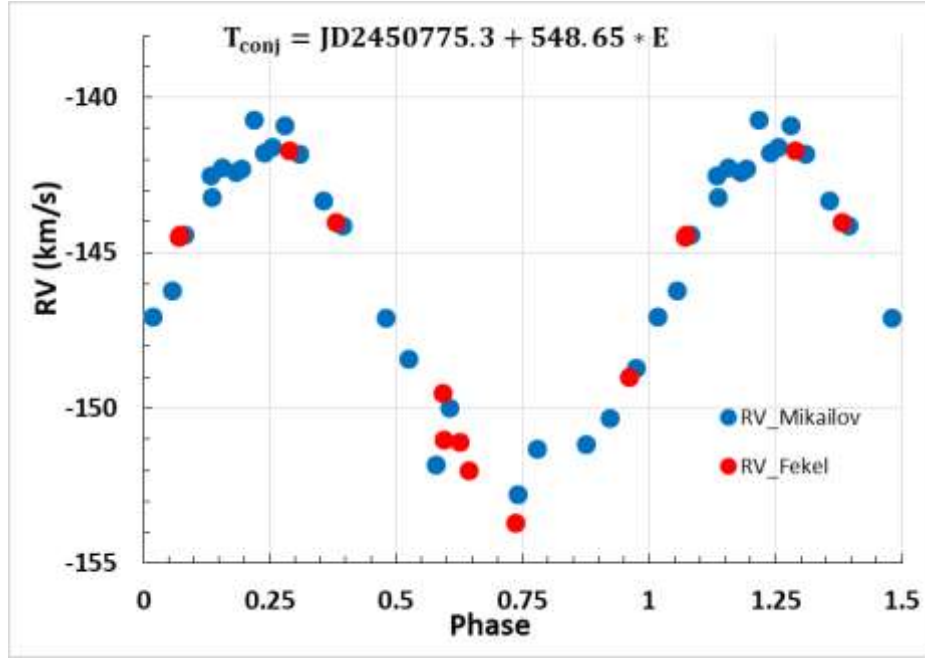
Spektrlər DECH30 [10] proqramı vasitəsilə standart metodlar əsasında emal edilmişdir. Spektrlərin ayırdetmə gücü $R=\lambda/\Delta\lambda=11000\div 14000$.

Udulma xətlərinin şüa sürətləri əyrisi. Udulma xətləri simbiotik sistemin əsas komponentini – sakit soyuq nəhəngi xarakterizə edir. Metal atomlarının udulma xətləri ancaq soyuq nəhəngin atmosferində yaranırlar və ona görə də udulma xətlərinin şüa sürətlərinin tədqiqi sistemdə orbital hərəkəti aşkar etməyə imkan verir.

2019-2021-ci il dövrü üçün AG Dra simbiotik ulduzunun 20 eşelle spektrinə görə $H\alpha$, $H\beta$, HeI ($\lambda=5876\text{Å}$) və birqat ionlaşmış HeII ($\lambda=4685,68\text{Å}$) şüalanma xətləri və soyuq nəhəngə məxsus udulma xətləri tədqiq edilmişdir. Fazadan asılı olaraq profilin dəyişməsinə izləmək üçün bütün spektrlər üzrə udulma xətlərinin şüa sürətləri ölçülmüş (Cədvəl 2) və Fekelin [8] məlumatları əsasında orbital hərəkətin faza diaqramı qurulmuşdur (Şəkil 1). Faza $T_{conj} = JD2450775.3 + 648,65 * E$ formulu ilə hesablanmışdır. Burada T_{conj} aşağı birləşmə tarixi bütün spektrlərə görə $H\alpha$, $H\beta$, HeI ($\lambda=5876\text{Å}$) və birqat ionlaşmış HeII ($\lambda=4685,68\text{Å}$) şüalanma xətlərinin profilləri qurulmuş və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdır.

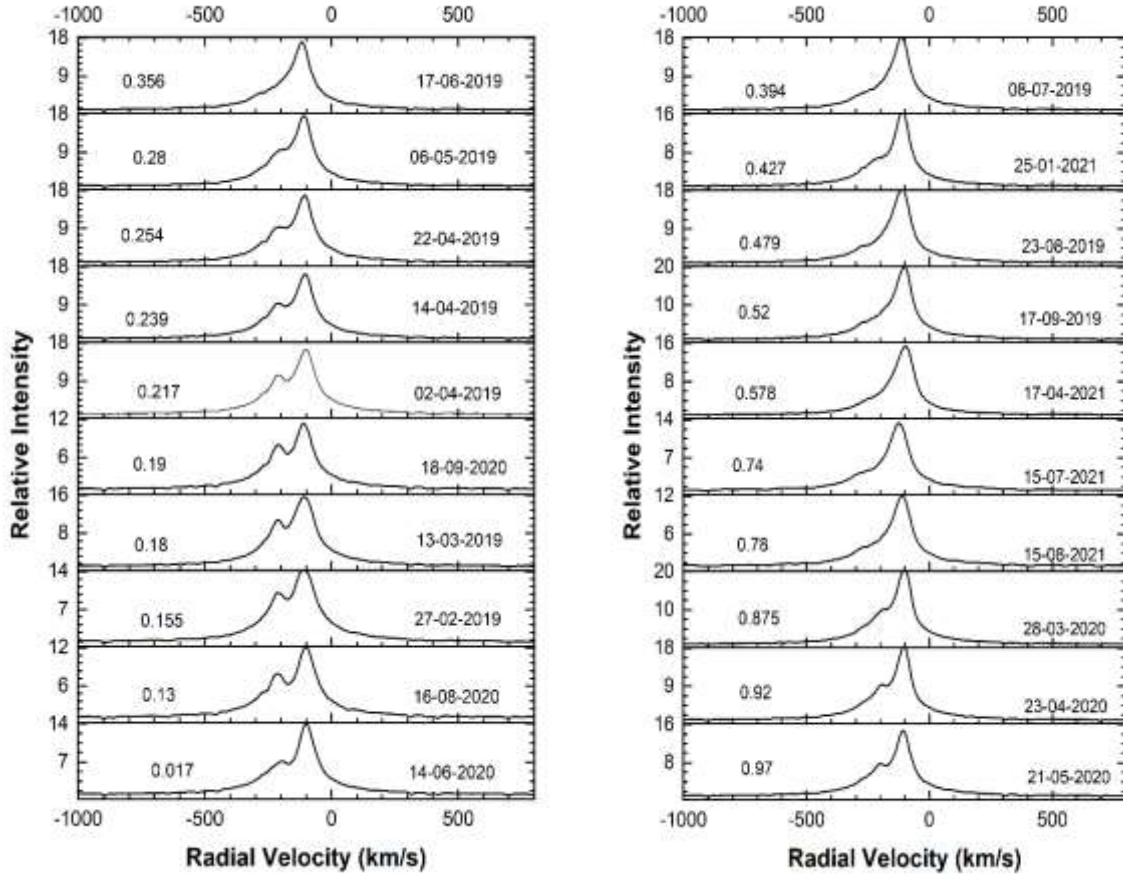
Cədvəl 2. Absorbsiya xətlərinin şüa sürətləri

JD	RV(km/s)	Phase	RV(abs)_Mikailov	JD	RV(km/s)	Phase	RV(abs)_Fekel
2458542	-142.25	0.155328	-142.25	2450570	-151.1	0.625359	-151.1
2458556	-142.4	0.181093	-142.4	2450630	-153.7	0.734583	-153.7
2458576	-140.7	0.21741	-140.7	2450934	-141.2	0.288789	-141.7
2458588	-141.77	0.239252	-141.77	2450984	-144	0.379789	-144
2458596	-141.6	0.253786	-141.6	2451302	-149	0.959439	-149
2458610	-140.9	0.279416	-140.9	2451363	-144.5	0.070695	-144.5
2458652	-143.3	0.355803	-143.3	2451364	-144.4	0.072409	-144.4
2458673	-144.1	0.39403	-144.1	2451648	-149.5	0.590245	-149.5
2458719	-147.1	0.479301	-147.1	2451650	-151	0.593982	-151
2458744	-148.4	0.524772	-148.4	2451677	-152	0.64325	-152
2458937	-151.14	0.875406	-151.14				
2458963	-150.3	0.922772	-150.3				
2458991	-148.7	0.973681	-148.7				
2459015	-147.05	0.017359	-147.05				
2459078	-142.5	0.132176	-142.5				
2459111	-142.3	0.192233	-142.3				
2459174	-141.8	0.308623	-141.8				
2459322	-151.8	0.578526	-151.8				
2459337	-150	0.605652	-150				
2459411	-152.77	0.740554	-152.77				
2459432	-151.32	0.778927	-151.32				
2457953	-144.4	0.081875	-144.4				
2457982	-143.2	0.135525	-143.2				
2457938	-146.2	0.055427	-146.2				



Şəkil 1. Şüa sürətlərinin orbital faza diaqramı. Qırmızı nöqtələr Fekelin, göy nöqtələr müəllifin ölçmələridir

H α xətti. 2019-2021-ci il dövrü üçün AG Dra simbiotik ulduzunun 20 eşelle spektrinə görə H α şüalanma xətti tədqiq edilmişdir. Bütün spektrlərə görə H α şüalanma xəttinin profilləri qurulmuş (şəkil 2) və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdır.



Şəkil 2. AG Dra spektrində H α şüalanma xəttinin profilləri

H_{α} xəttinin profillərinin fazadan asılı olaraq dəyişməsi digər xətlərlə müqayisədə özünü daha qabarıq şəkildə göstərir. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi fazanın $0.9 \div 0.3$ qiymətləri aralığında H_{α} profilləri iki komponentli, güclü qırmızı R və zəif bənövşəyi V komponentlərindən ibarət quruluş göstərir. Digər fazalarda isə bənövşəyi komponent yoxa çıxır və yalnız qırmızı komponentdən ibarət quruluş göstərilir. Görüldüyü kimi fazanın müəyyən qiymətlərində məs: 0.35-dən başlayaraq 0.78 fazaya qədər ikinci komponent yoxa çıxır və görünür. Yalnız yenə də 0-a yaxın fazalarda 0.87-dən sonra V komponenti görünür. V komponent 0 fazadan 0.28 fazaya qədər əvvəlcə yaxşı görünür sonra zəifləyir. 0.28 fazada çox zəif görünür, 0.35 fazada isə yoxa çıxır. Ola bilsin ki, ulduzun sistemin müəyyən vəziyyətlərində biz bu komponentlərin yarandığı oblastı görürük və onu müşahidə edə bilirik. Ona görə də V komponent yalnız həmin fazalarda müşahidə olunur. Hesab olunur ki, H_{α} xəttinin profilindəki bu dəyişmə sırf ulduzun orbital hərəkəti ilə bağlıdır [13].

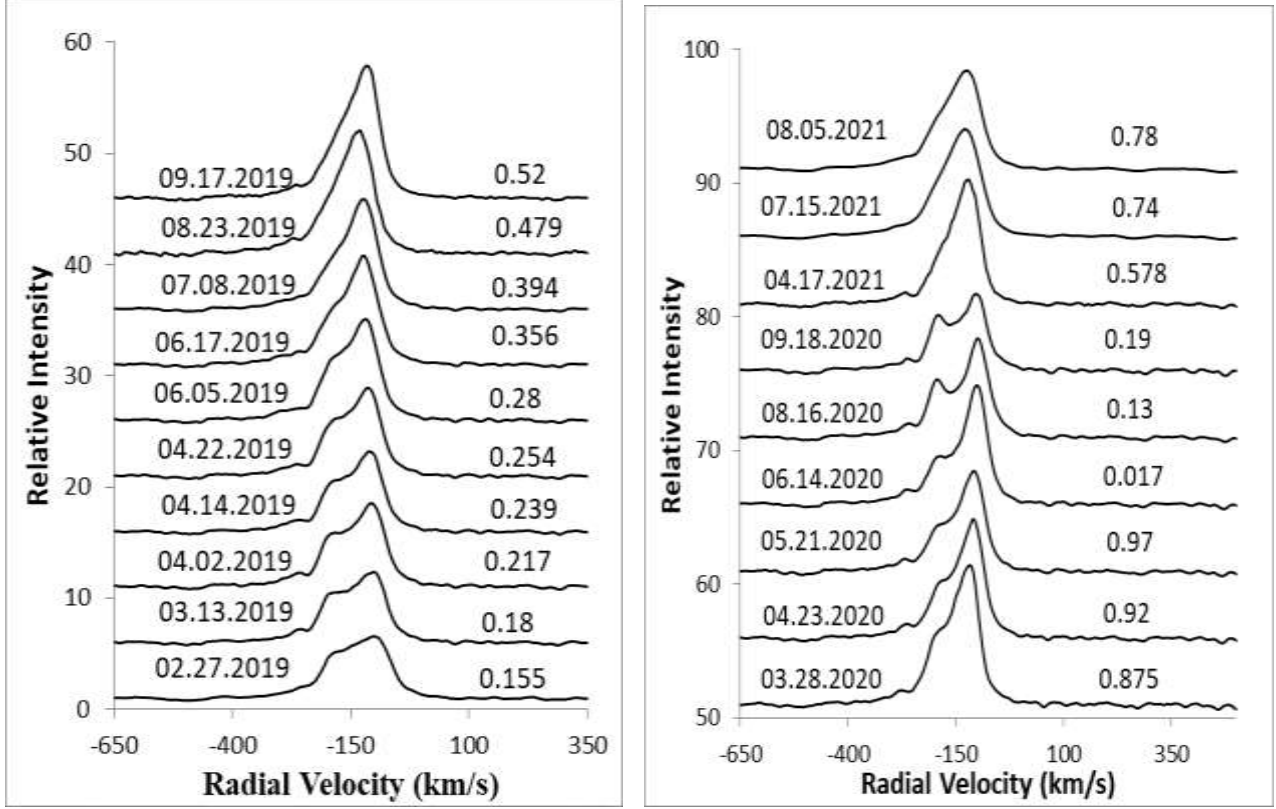
Eyni zamanda H_{α} xəttinin spektrofotometrik parametrləri - intensivlik, ekvivalent və yarım en, şüa sürəti, Günəşə gətirilmə sürəti ölçülmüşdür. Cədvəl 3-də H_{α} xəttinin ölçmələrdən alınan parametrlərin qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 3. H_{α} xəttinin spektrofotometrik parametrləri

CD	JD	Phase	RV(km/s)		RV(km/s)_Int (1/2)	EW(Å)	I/I ₀	
			R	V			R	V
27.02.2019	2458541.6	0.1553278	-117.79	-218.63	-155.3	77.26	14.35	10.03
13.03.2019	2458555.8	0.1810934	-109.3	-212.4	-148.2	83.14	15.63	10.76
02.04.2019	2458575.7	0.2174098	-104.2	-213.31	-145.1	82.41	16.34	10.36
14.04.2019	2458587.7	0.2392518	-104.34	-209.51	-145.66	74.1	16.2	9.3
22.04.2019	2458595.6	0.2537858	-106.4	-206.57	-146.7	76.1	16.81	9.32
06.05.2019	2458609.7	0.2794157	-111.92	-202.44	-146.01	76.88	17.57	9.57
17.06.2019	2458651.6	0.355803	-116.66		-129.47	69.97	17.05	5.17
08.07.2019	2458672.6	0.3940295	-118.65		-125.2	72.9	18.27	5.04
23.08.2019	2458719.4	0.4793008	-106.89		-116.83	70.47	18.34	5.02
17.09.2019	2458744.3	0.5247717	-102.36		-112.59	76.62	20.28	5.62
28.03.2020	2458936.7	0.8754058	-106.4	-189.45	-135.45	80.42	20.45	10.09
23.04.2020	2458962.7	0.9227721	-104.63	-193.67	-136.36	71.85	18.44	9.4
21.05.2020	2458990.6	0.9736812	-106.71	-202.19	-138.15	60.28	14.75	7.74
14.06.2020	2459014.6	0.0173586	-108.29	-204.12	-143.7	61.28	14.02	7.12
16.08.2020	2459077.6	0.1321755	-101.37	-212.2	-144.01	58.48	11.73	7.6
18.09.2020	2459110.5	0.1922329	-110.81	-208.9	-151.03	53.07	11.49	8.06
20.11.2020	2459174.4	0.3086228	-101.57			97.58	24.9	
25.01.2021	2459239.5	0.4273588	-105.67	-199.37	-113.33	58.56	16.63	7.06
17.04.2021	2459322.5	0.5785257	-117.25		-119.65	52.81	15.31	4.54
02.05.2021	2459337.3	0.6056517	-105.34		-120.2	54.38		
15.07.2021	2459411.4	0.7405543	-119.5		-125.2	52.23	13.27	4.19
05.08.2021	2459432.4	0.7789268	-123.02		-130.64	47.99	11.97	3.97

H β xətti. Şəkil 3-də H β xəttinin profilləri verilmişdir. 2019-2021-ci il dövrü üçün AG Dra simbiotik ulduzunun 19 eşelle spektrinə görə H β şüalanma xətti tədqiq edilmişdir. Bütün spektrlərə görə H β şüalanma xəttinin profilləri qurulmuş və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdır. H β şüalanma xəttinin profilləri də H α xətti kimi oxşar iki komponentli struktur göstərir. Eyni ilə H α -da olduğu kimi fazanın müəyyən qiymətlərində məs: 0.394-dən başlayaraq 0.78 fazaya qədər ikinci komponent yoxa çıxır, görünür. Yalnız yenə də 0-a yaxın fazalarda 0.155-dən 0.356 fazaya və 0.19-dan 0.875 fazaya qədər iki komponentli profil görünür. Burda da 0 fazadan 0.19

fazaya qədər əvvəlcə yaxşı intensiv görünür, sonra zəifləyir və 0.356 fazada çox zəif görünür, 0.394 fazada yoxa çıxır. Eynilə H_β xəttinin profilləri də iki komponentli (qırmızı-R və bənövşəyi-V) quruluş göstərir və biz hesab edirik ki, H_β xəttinin profilindəki bu dəyişmədə sırf ulduzun orbital hərəkəti ilə bağlıdır. Eyni zamanda H_β xəttinin spektrofotometrik parametrləri-intensivlik, ekvivalent və yarım en, şüa sürəti, Günəşə gətirilmə sürəti, ekvivalent eni ölçülmüşdür.



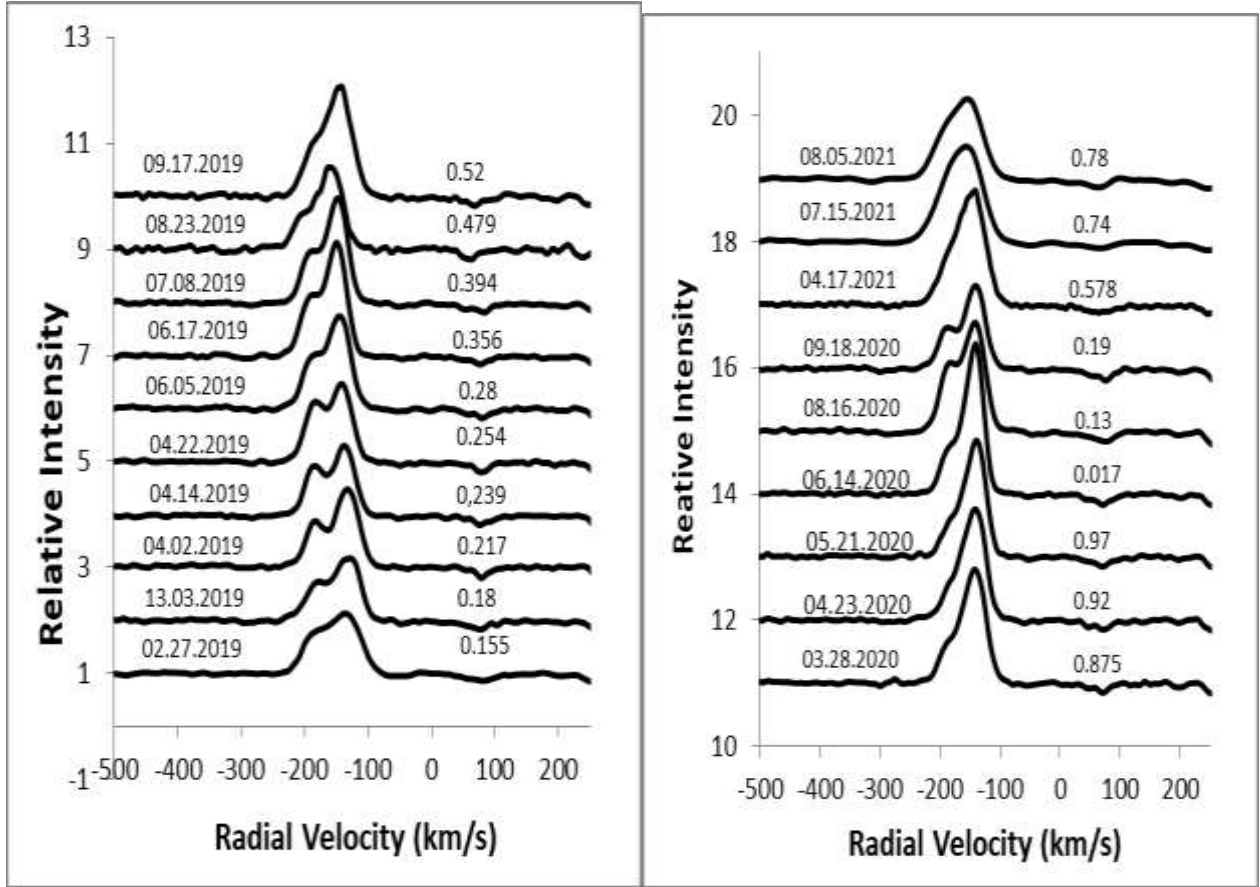
Şəkil 3. AG Dra spektrində H_β şüalanma xəttinin profilləri.

Cədvəl 4-də H_β xəttinin ölçmələrdən alınan parametrlərin qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 4. H β xəttinin ölçmələrdən alınan nəticələri

CD	JD	Phase	RV(R)	EW (Å)	I/I ₀
27.02.2019	2458542	0.155328	38.962	13.95638	6.54
13.03.2019	2458556	0.181093	41.875	14.97135	7.31
02.04.2019	2458576	0.21741	85.528	16.77341	8.5
14.04.2019	2458588	0.239252	83.204	15.01382	8.19
22.04.2019	2458596	0.253786	32.815	16.34165	8.88
06.05.2019	2458610	0.279416	29.812	18.41056	10.07
17.06.2019	2458652	0.355803	71.303	18.66498	10.79
08.07.2019	2458673	0.39403	24.909	18.18254	10.91
23.08.2019	2458719	0.479301	78.593	20.60208	12.03
17.09.2019	2458744	0.524772	25.43	21.01849	12.85
28.03.2020	2458937	0.875406	35.319	19.10545	11.38
23.04.2020	2458963	0.922772	37.608	15.60878	9.85
21.05.2020	2458991	0.973681	41.579	13.55862	8.44
14.06.2020	2459015	0.017359	95.337	15.54194	9.83
16.08.2020	2459078	0.132176	45.133	14.23356	8.36
18.09.2020	2459111	0.192233	37.627	12.37166	6.68
20.11.2020	2459174	0.308623	69.856	41.8803	21.98
17.04.2021	2459322	0.578526	77.466	20.6637	12.9
02.05.2021	2459337	0.605652	23.363	16.10436	9.25
15.07.2021	2459411	0.740554	73.187	16.68802	9.02
05.08.2021	2459432	0.778927	75.185	14.69546	8.03

HeI 5876 xətti. Şəkil 4-də HeI($\lambda=5876\text{Å}$) xəttinin profilləri verilmişdir. 2019-2021-ci il dövrü üçün AG Dra simbiotik ulduzunun 19 eşelle spektrinə görə HeI($\lambda=5876\text{Å}$) şüalanma xətti tədqiq edilmişdir. Bütün spektrlərə görə HeI şüalanma xəttinin profilləri qurulmuş və spektrlərin alındığı tarixlər üçün fazalar hesablanmışdır. HeI şüalanma xəttinin profilləri də H α və H β kimi oxşar struktur göstərir. Göründüyü kimi fazanın 0.578÷0.78 qiymətlərində ikinci komponent yoxa çıxır, görünür. Yalnız 0.155-dən 0.52 fazaya və 0.19-dan 0.875 fazaya qədər iki komponentli struktur görünür. Burada da 0.13 fazadan 0.394 fazaya qədər əvvəlcə yaxşı intensiv görünür sonra zəifləyir. 0.52 fazada çox zəif görünür. 0.394 fazada yoxa çıxır. HeI xətti adətən ulduz küləyində yaranan xətlərdir. Bu xətt H α və H β xətləri kimi eyni struktur göstərir. Orbital hərəkət üzrə fazadan asılı olaraq qoşa komponentli və ya tək komponentli quruluş göstərir. Beləliklə, HeI xəttinin profilləri də iki komponentli (qırmızı-R və bənövşəyi-V) quruluş göstərir və biz hesab edirik ki, HeI xəttinin profilindəki bu dəyişmə də sırf ulduzun orbital hərəkəti ilə bağlıdır. Eyni zamanda HeI xəttinin spektrofotometrik parametrləri - intensiv, ekvivalent və yarım en, şüa sürəti, Günəşə gətirilmə sürəti, ekvivalent eni ölçülmüşdür. Cədvəl 5-də HeI xəttinin ölçmələrdən alınan parametrlərin qiymətləri verilmişdir.



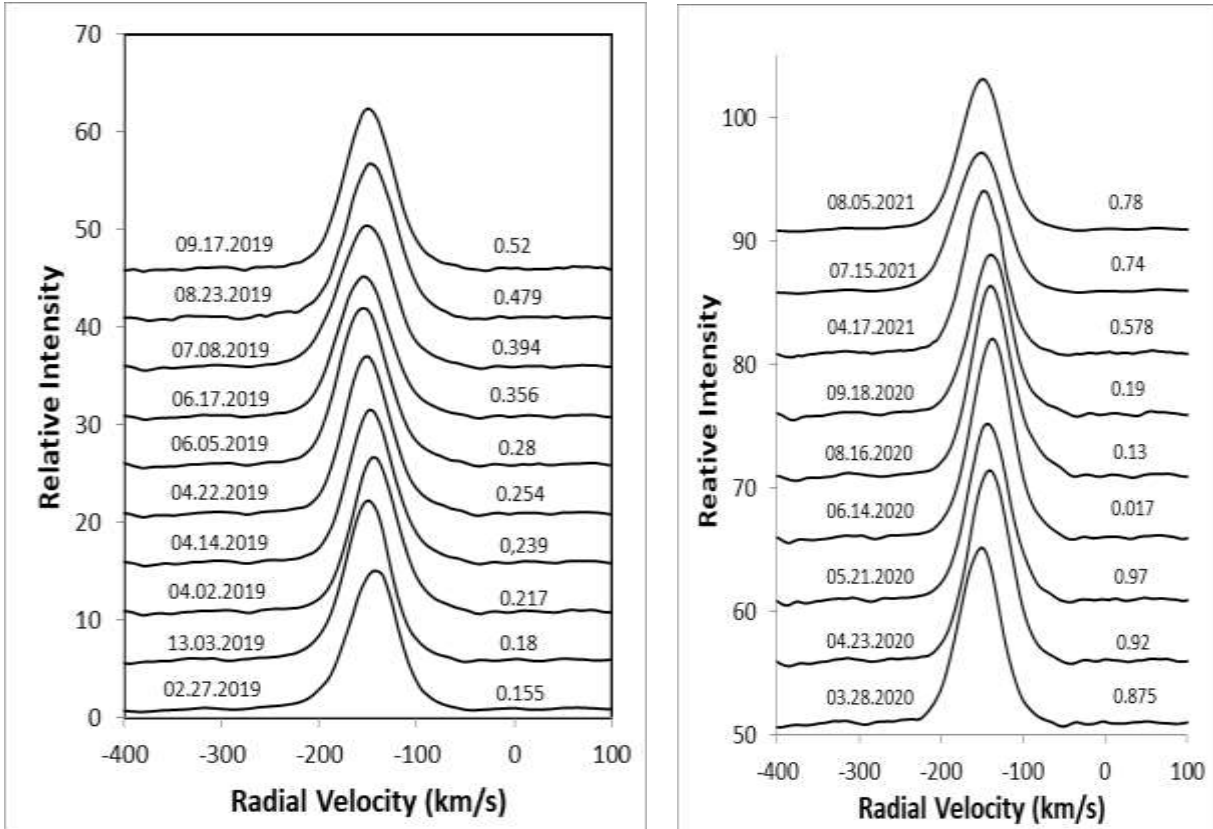
Şəkil 4. AG Dra spektrində HeI şüalanma xəttinin profilləri

Cədvəl 5. HeI xəttinin ölçmələrdən alınan nəticələri

CD	JD	Phase	RV(km/s)		EW(Å)	I/I ₀	
			R	V		R	V
27.02.2019	2458542	0.155328	55.169		1.953366	2.12	
13.03.2019	2458556	0.181093	61.166	14.68	1.725192	2.17	1.72
02.04.2019	2458576	0.21741	9.369	-40.878	1.974729	2.47	1.87
14.04.2019	2458588	0.239252	8.431	-38.037	1.747894	2.29	1.91
22.04.2019	2458596	0.253786	53.948	12.722	2.012642	2.46	2.12
06.05.2019	2458610	0.279416	2.83	-35.303	2.23155	2.73	1.98
17.06.2019	2458652	0.355803	47.144	10.121	2.456446	3.12	2.14
08.07.2019	2458673	0.39403	48.924	8.8	2.231377	2.96	1.95
23.08.2019	2458719	0.479301	32.916		1.920133	2.55	
17.09.2019	2458744	0.524772	46.529		2.647916	3.07	
28.03.2020	2458937	0.875406	52.078		2.132382	2.79	
23.04.2020	2458963	0.922772	54.418		2.020849	2.75	
21.05.2020	2458991	0.973681	57.313		1.926098	2.84	
14.06.2020	2459015	0.017359	6.954		2.247969	3.37	
16.08.2020	2459078	0.132176	52.266	11.783	2.276628	2.71	2.07
18.09.2020	2459111	0.192233	0.629	-45.42	1.516227	2.29	1.63
20.11.2020	2459174	0.308623	0.978		4.406698	4.01	
17.04.2021	2459322	0.578526	52.558		2.316906	2.82	
02.05.2021	2459337	0.605652	6.163		2.57551	2.77	
15.07.2021	2459411	0.740554	39.31		2.333231	2.5	
05.08.2021	2459432	0.778927	39.59		1.927692	2.26	

HeII 4686 xətti. Şəkil 5-də HeII ($\lambda=4685,68\text{\AA}$) xəttinin profilləri verilmişdir. HeII xəttində komponentləri ayırd etmək olmur. Lakin H_{α} və H_{β} xətlərinin iki komponentli quruluşu zamanı profil HeII-də sol tərəfə genişlənmə yaranır. He daxili isti oblastlarda yarandığına görə adətən profillərində genişlənmələr və ya sıxılmalar görünür. Bu onu göstərir ki, spektrin bu ayırdetməsi həmin komponentin ayırd olunmasına imkan vermir.

Həmçinin HeII xətti üçün də spektrofotometrik parametrləri - intensivlik, ekvivalent və yarım en, şüa sürəti, Günəşə gətirilmə sürəti, ekvivalent eni ölçülmüşdür. Cədvəl 6-da HeII xəttinin ölçmələrdən alınan parametrlərin qiymətləri verilmişdir.



Şəkil 5. AG Dra spektrində HeII şüalanma xəttinin profilləri

Cədvəl 6. HeII xəttinin ölçmələrdən alınan nəticələri

HeII	JD	Phase	RV(km/s)	EW(Å)	I/I ₀
			R		
18.07.2017	2457953	0.081875	-9.132	22.84174	20.77
17.08.2017	2457982	0.135525	-8.168	22.58889	22.01
04.07.2017	2457938	0.055427	-13.749	22.13693	20.19
27.02.2019	2458542	0.155328	8.847	14.42033	15.04
13.03.2019	2458556	0.181093	-1.426	15.65792	17.17
02.04.2019	2458576	0.21741	-4.884	15.20634	16.66
14.04.2019	2458588	0.239252	-8.69	15.13149	16.47
22.04.2019	2458596	0.253786	-11.334	15.68331	16.94
06.05.2019	2458610	0.279416	-12.69	16.65461	16.9
17.06.2019	2458652	0.355803	-14.556	15.2718	15.14
08.07.2019	2458673	0.39403	-9.73	16.29194	15.36
23.08.2019	2458719	0.479301	0.891	16.82422	16.66
17.09.2019	2458744	0.524772	-15.59	16.81426	17.34
28.03.2020	2458937	0.875406	-2.588	14.5185	15.12
23.04.2020	2458963	0.922772	-0.646	15.84747	16.37
21.05.2020	2458991	0.973681	-0.266	14.60359	15.16
14.06.2020	2459015	0.017359	-2.705	16.50581	17.05
16.08.2020	2459078	0.132176	-2.431	15.93403	16.32
18.09.2020	2459111	0.192233	-4.737	13.3117	13.85
20.11.2020	2459174	0.308623	0.351	34.92159	28.68
17.04.2021	2459322	0.578526	-8.544	12.76681	14.07
02.05.2021	2459337	0.605652	-8.242	12.11995	11.57
15.07.2021	2459411	0.740554	-11.707	13.62576	12.17
05.08.2021	2459432	0.778927	-11.49	13.61388	13.25

İsti komponentin temperaturunun təyini. [14]-ə əsaslanaraq biz AG Dra simbiotik sistemin isti komponentinin temperaturunu təyin etmişik. Temperaturun təyini H_β və HeII 4686 xətlərinin ekvivalent eninə görə təyin edilir və düstur aşağıdakı kimidir [14]:

$$T_{hot}(in 10^4 K) \approx 14.16 \sqrt{\frac{EW_{4686}}{EW_{H\beta}}} + 5.13$$

Ekvivalent enlərin minimum qiymətlərində:

$$T_{hot}(in 10^4 K) \approx 14.16 \sqrt{\frac{12.1}{12.37}} + 5.13 = 19.13$$

Ekvivalent enlərin maksimum qiymətlərində:

$$T_{hot}(in 10^4 K) \approx 14.16 \sqrt{\frac{34.92}{41.9}} + 5.13 = 18.05$$

Ekvivalent enlərin orta qiymətlərində:

$$T_{hot}(in 10^4K) \approx 14.16 \sqrt{\frac{16.8}{17.83}} + 5.13 = 18.87$$

Göründüyü kimi bizim hesablamalarımıza görə isti komponentin temperaturu 180 000K - 190 000K alınır.

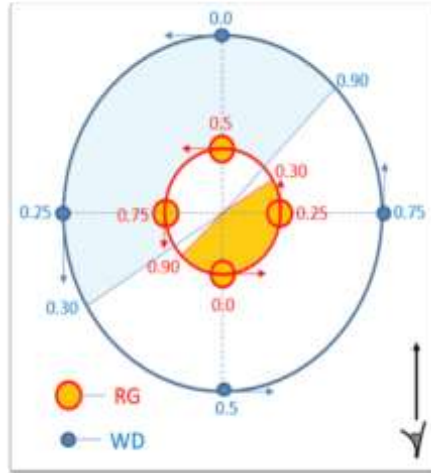
Profillərin izahı. H α xəttinin profillərində baş verən dəyişmələrin izahı xəttin əmələ gəlməsi mexanizminin izahına yanaşma münasibətimizdən asılıdır. Başqa sözlə, xətt necə və hansı şəraitdə formalaşır. Buna iki prizmadan yanaşmaq olar:

1. Simbiotik ulduzlarda Balmer xətləri ulduz küləyi nəticəsində qırmızı nəhəngdən axan maddədə formalaşır. Bu maddə isti kompakt ulduz tərəfindən ionlaşdırılır. Balmer xətlərinin eyni və dəyişən intensivlikli iki komponentli profillərinə simbiotik ulduzlarda tez-tez rast gəlinir. Çox ehtimal ki, ionlaşmış oblast ətrafında neytral hidrogen oblastında özü udulma baş verir. Əksər hallarda udulma komponenti xəttin mərkəzinə nəzərən spektrin göy tərəfinə sürüşür.

2. Lakin qoşa profillərin izahı üçün başqa yanaşma da var. Bu ağ cırtdan ətrafında akkresiya diskinin mövcudluğunun qəbul olunmasıdır. Bir çox simbiotik ulduzlarda iki komponentli eyni intensivlikli profillərin akkresiya diski ilə bağlı olduğu qəbul olunmuşdur.

Profillərin fazadan asılı olaraq təhlili: Fazanın 0÷0.28 və 0.88÷0 qiymətləri aralığında H α profilləri iki komponentli quruluş göstərir. Digər fazalarda bənövşəyi komponent yoxa çıxır və qırmızı komponentdən ibarət quruluş göstərilir. Tədqiqatlar göstərdi ki, H β və HeI xətlərinin profilləri H α xəttinin profilləri kimi orbital fazadan asılı olaraq tamamilə oxşar quruluş göstərilir. HeII xətti isə yalnız bir komponentli quruluş göstərir və fazadan asılılıq görünmür. HeII daha isti qatlarda yarandığına görə komponentlər yaxın olur və bu səbəbdən ola bilsin ki, spektrlərin ayırdılması həmin komponentin ayırd olunmasına imkan vermir. HeII emissiya xəttinin profilinin quruluşu haqqında fikir söyləmək üçün daha yüksək ayırd etməli spektrlər lazımdır.

Profildəki dəyişməni izah etmək üçün şəkil 6-da qoşa sistemin orbital hərəkəti göstərilmişdir. Şəkildə RG – Qırmızı Nəhəngi, WD isə ağ cırtdan ulduzunu göstərir. Müşahidəçi 45° bucaq altında müşahidə edir. Qırmızı Nəhəng və ona müvafiq olaraq ağ cırtdan ulduzu 0.90÷0.30 fazalardan keçərkən profildə iki komponentli struktur görünəcək.



Şəkil 6. AG Dra simbiotik ulduzun orbital hərəkət sxemi

Əsas nəticələr

1. AG Dra simbiotik ulduzun rəqəmsal eşelle spektrlərinin DECH 30 proqram qovluğu ilə emal olunması, H α , H β , HeI 5876, HeII 4686 şüalanma xətlərinin spektrofotometrik parametrlərin - intensivliyinin, ekvivalent və yarım eninin, şüa sürətlərinin spektrdən müxtəlif üsullarla təyin edilmişdir.

2. $H\alpha$, $H\beta$, HeI 5876 xətlərinin profilləri eyni quruluş göstərilər. Fazanın 0.0-0.28 və 0.88-0.0 qiymətləri aralığında profillər iki komponentli, fazanın 0.356-0.78 qiymətləri aralığında isə tək komponentli quruluş göstərilər.
3. HeII 4686 xəttinin profilləri tək komponentli quruluş göstərir və fazadan asılılıq görünür.
4. Nəhəng ulduzun udulma xətlərinin şüa sürətləri 548.65 günlük periodik dəyişmə göstərir. Dəyişmənin amplitudu 5.5 km/san.

ƏDƏBİYYAT

1. Smith V.V., Cunha K., et al., Abundances in the symbiotic star AG Draconis: the barium-symbiotic connection, *Astronomy and Astrophysics*, 1996, v.315, p.179-193]
2. Huang C.C., Friedjung, M., Zhou, Z. X., Spectral classification of symbiotic stars in the near infrared, *Astronomy and Astrophysics Suppl.*, Vol. 106, p.413-418 (1994),
3. Mikolajewska J., Kenyon S.J., Mikolajewski M., et al., Evolution of the symbiotic binary system AG Draconis, - 1995AJ....109.1289 M
4. Greiner J., Bickert K., Luthardt R., et al., The UV/X-ray emission of the symbiotic star AG Draconis during quiescence and the 1994/1995 outbursts, 1997A&A...322..576G.
5. Hric L., Gális R., Leedjäv L. et al., Outburst activity of the symbiotic system AG Dra, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 443, Issue 2, p.1103-1112
6. L. Meinunger, *Inform. Bull. Var. Stars* No. 1612 (1979).
7. A. Skopal, *Inform. Bull. Var. Stars* No. 4096 (1994).
8. Fekel Francis C. et al. Infrared spectroscopy of symbiotic stars. II. Orbits for Five S-Type Systems with Two-Year Periods, *The Astron. Journal*, 2000, V. 120, I.6, pp. 3255-64
9. <https://aras-database.github.io/database/symbiotics.html>
10. <https://aras-database.github.io/database/>
11. <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>
12. Fekel Francis C. et al. Infrared spectroscopy of symbiotic stars. II. Orbits for Five S-Type Systems with Two-Year Periods, *The Astron. Journal*, 2000, V. 120, I.6, pp. 3255-64
13. Rüstəmovə G.İ., Mikayılov X.M., AG DRA simbiotik ulduzun rəqəmsal spektrlərində $H\alpha$ xəttinin tədqiqi. Bakı Dövlət Universiteti, fizika fakültəsi, Magistrantların və gənc tədqiqatçıların “Şuşa ili”nə həsr olunmuş “Fizika və astronomiya problemləri” mövzusunda XXII respublika elmi konfransı. Bakı. 20 may 2022-ci il.
http://mamedov.co/storage/files/36/Pdf%20fayllar/Conference%20programme_final%20SON.pdf
14. Leedjäv L., Gális R., Hric L. et al., Spectroscopic view on the outburst activity of the symbiotic binary AG Draconis, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2016, V. 456, Is.3, p.2558-2565.

SUMMARY

**Gunel Rustamova, Khidir Mikailov,
Ruslan Mammadov, Aysel Rustamova**

SPECTRAL SURVEY OF THE STAR AG DRA IN 2019-2021

In the article, a phase diagram of the radial velocities of the absorption lines for the years 2019-2021 was constructed according to 20 spectra of the AG Dra star downloaded from the ARAS spectral database, $H\alpha$, $H\beta$, HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) and singly ionized HeII ($\lambda=4685.68\text{\AA}$) lines. The change of its profile depending on the orbital motion of the binary system was considered. It was found that the profiles of $H\alpha$, $H\beta$, HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) lines show a two-component structure in the phase range of 0.9–0.3, and a one-component structure starting from 0.35 to 0.78 phase. At the same time, 180 000 K - 190 000 K were obtained for the temperature of the hot component of the system according to the $H\beta$ and HeII 4686 lines.

Key words: Ag Dra symbiotic star, line profile, phase diagram, period

+

РЕЗЮМЕ

**Гюель Рустамова, Хыдыр Микаилов,
Руслан Мамедов, Айсель Рустамова**

СПЕКТРАЛЬНЫЙ ОБЗОР ЗВЕЗДЫ AG DRA В 2019-2021 ГГ

В статье построена фазовая диаграмма лучевых скоростей линий поглощения за 2019-2021 годы по 20 спектрам звезды AG Dra, загруженным из базы данных спектров ARAS, H_{α} , H_{β} , HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) и однократно ионизированных линиях HeII ($\lambda=4685,68\text{\AA}$) рассмотрено изменение его профиля в зависимости от орбитального движения двойной системы. Установлено, что профили линий H_{α} , H_{β} , HeI ($\lambda=5876\text{\AA}$) имеют двухкомпонентную структуру в диапазоне фаз 0,9–0,3 и однокомпонентную структуру, начиная с фазы 0,35–0,78. При этом для температуры горячего компонента системы по линиям H_{β} и HeII 4686 были получены 180 000–190 000 К.

Ключевые слова: симбиотическая звезда Ag Dra, профиль линии, фазовая диаграмма, период.

АЛЕКСАНДР МУСТАФИН

alex_must@mail.ru

ХЫДЫР МИКАИЛОВ

mikailov.kh@gmail.com

КЯМАЛЯ АЛЫШЕВА

kamalaalisheva@bsu.edu.az

Бакинский Государственный Университет

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ V1112 PER

В данной работе на основе фотометрических и спектральных данных было проведено комплексное исследование новой звезды V1112 Per. Используя фотометрические наблюдения из базы данных AAVSO, была определена абсолютная звездная величина звезды V1112 Per в момент вспышки. По типу кривой блеска данная новая звезда была отнесена к классу D. Были использованы спектры высокого разрешения из базы ARAS. Идентифицированы спектральные линии, рассмотрена эволюция профилей линий H α , H β , HeI и NaI.

***Ключевые слова:** Новая звезда V1112 Per, кривая блеска, звездная величина, спектр, профиль линии*

Введение

Новые – это звезды, светимость которых внезапно увеличивается в 10^3 - 10^6 раз, а блеск – на 12 звездных величин. Ежегодно наблюдаются около 50 вспыхнувших новых звезд. Все новые звезды являются тесными двойными системами, состоящими из белого карлика и второй звезды – либо звезды главной последовательности, либо красного гиганта. В таких системах происходит перетекание вещества внешних слоёв звезды-компаньона на белый карлик. Перетекающее вещество образует вокруг белого карлика аккреционный диск. По мере накопления водорода в поверхностном слое и повышения его температуры в обогащённом водородом слое начинают идти термоядерные реакции CNO-цикла. Результатом является взрывоподобное ускорение реакций термоядерного синтеза в богатой водородом оболочке, температура резко возрастает до снятия вырождения при данной плотности, и формируется ударная волна, сбрасывающая верхний слой водородной оболочки белого карлика в окружающее пространство.

После вспышки начинается новый цикл аккреции на белый карлик и накопления водородного слоя и, через некоторое время, определяемое темпами аккреции и свойствами белого карлика, вспышка повторяется.

Новые звезды представляют интерес по нескольким причинам:

1. Новые могут быть использованы как индикаторы расстояний до галактик и галактических скоплений, в которых они находятся.
2. Исследование новых может предоставить информацию об элементном составе.

В данной работе на основе фотометрических и спектральных данных было проведено комплексное исследование Новой звезды V1112 Per.

Фотометрическое исследование звезды V1112 Per

Новая V1112 Per была впервые обнаружена Seiji Ueda 25 ноября 2020 [1] по изображениям, полученным с помощью цифровой камеры Cannon EOS 6 D.

Фотометрические данные для Новой V1112 Per были взяты из базы данных AAVSO (<https://www.aavso.org/LCGv2/>), и были построены кривые блеска в фильтрах V. Исследования объекта охватывают даты с момента предмаксимума, максимума и постмаксимума вспышки новой V1112 Per.

На Рис. 1. дана кривая блеска Новой V1112 Per. Красные точки соответствуют выбранным датам спектральных наблюдений.

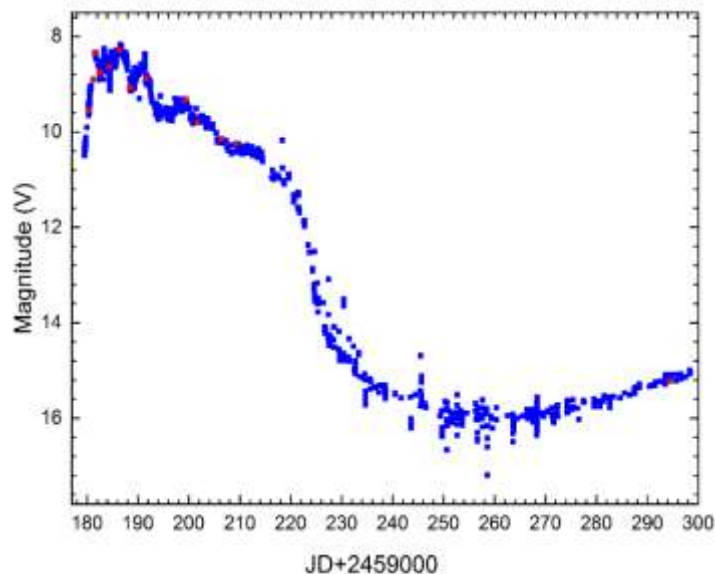


Рис 1. Фотометрические данные V1112 Per

Классические новые могут быть разделены по фотометрическому виду на быстрые и медленные. Классификация обычно основывается на временном интервале, в течении которого новая угасает на 2 или 3 звездные величины (t_2 , t_3) относительно максимального блеска. Быстрые Эддингтоновские новые ($t_2 < 13$, $t_3 < 30$ дней) имеют гладкие кривые блеска с хорошо определенным максимумом. Медленные Эддингтоновские новые ($t_2 > 13$, $t_3 > 30$ дней) имеют структурированные кривые блеска, и многие из них имеют застой в максимуме и на поздних стадиях пылеобразования [2].

В случае Новой V1112 Per, для t_2 мы определили равным $19^d.7$, а для t_3 получили $33^d.7$. Поэтому данную новую (V1112 Per) можно отнести к медленным Эддингтонским новым.

Также по форме кривых блеска, предложенной Richard J. Storer и др. [3], их можно разделить на 7 различных классов (Рис.2).

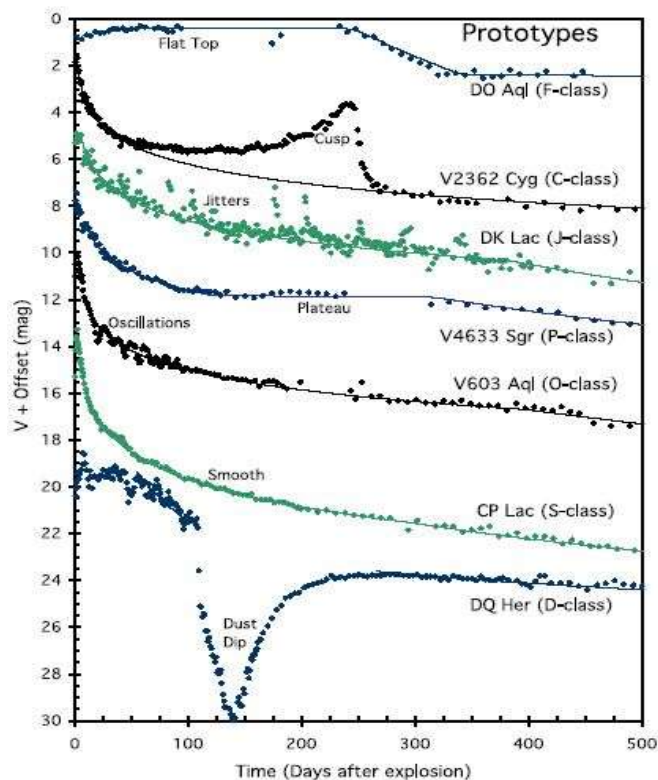


Рис 2. Классификация кривых блеска по форме.

На рис 3. показана кривая блеска Новой V1112 Per во временном интервале более 400 дней после момента вспышки.

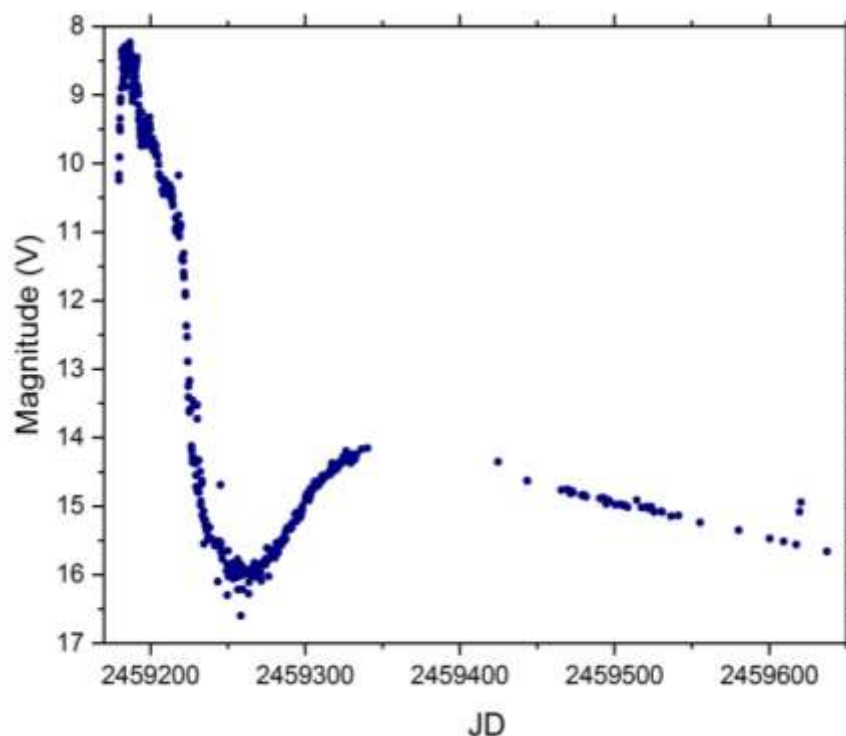


Рис 3. Кривая блеска V1112 Per

Для звезды V1112 Per ее кривую блеска можно отнести к классу D. Кривые блеска D класса (dustdip - пылевой провал) имеют характерный внезапный спад, минимум, и восстановление яркости. Эти провалы, как известно, вызваны образованием частиц пыли в расширяющаяся оболочке, когда материал достигает такого расстояния от новой, что газ охлаждается примерно до 1400 К, при которой может образовываться отражающая пыль. Эта пыль будет эффективно блокировать свет из внутренней части фотосферы к ней, вызывая внезапное падения яркости. Восстановление к предыдущему спаду вызвано геометрическое разбавление пыли по мере расширения оболочки, что позволяет увидеть фотосферу снова, с небольшим поглощением.

Спектроскопические данные

Спектры Новой V1112 Per, взятые нами из базы данных ARAS (<https://aras-database.github.io/database/novaper2020.html>) охватывают промежуток времени от 26.11.2020 до 20.03.2021.

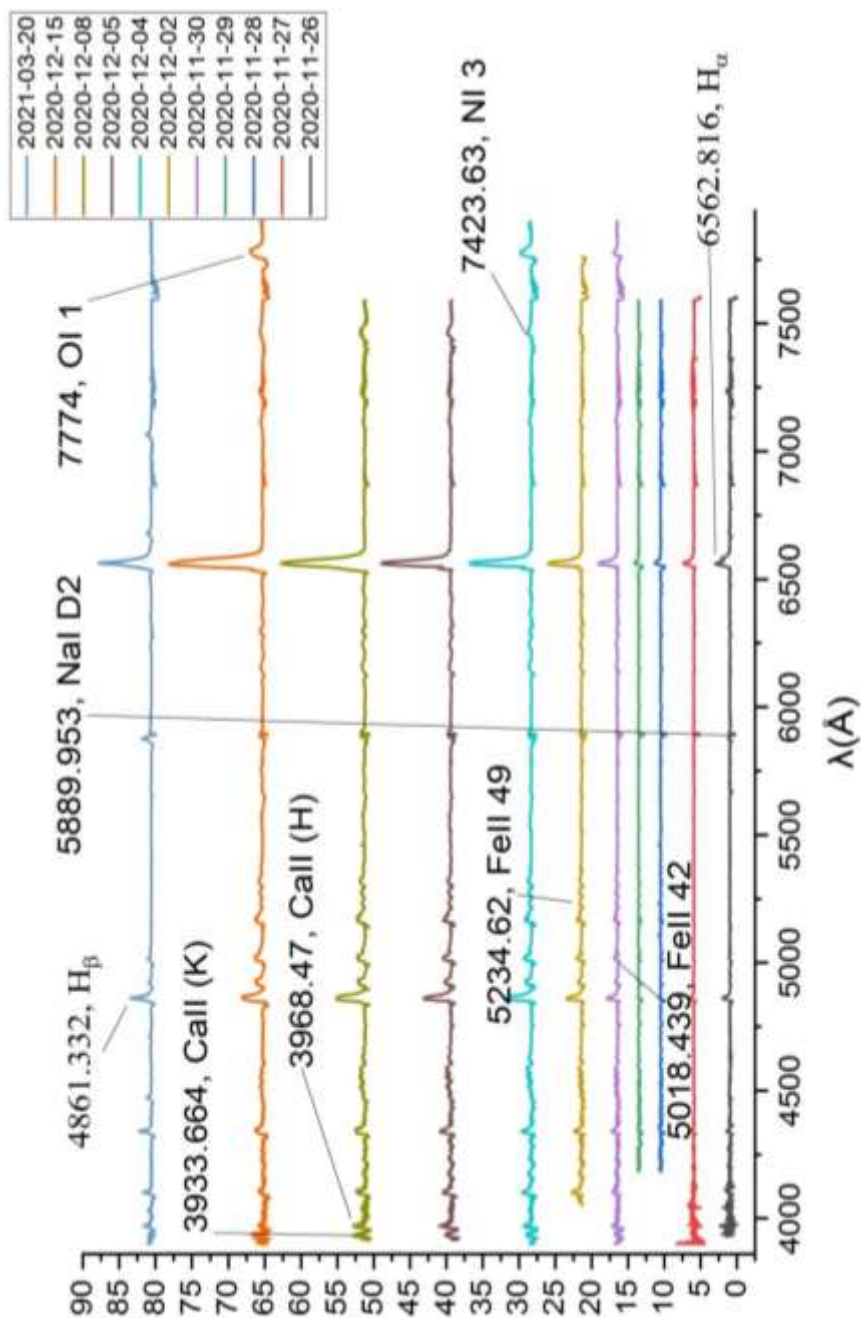


Рис 4. Спектры Новой V1112 Per.

На рис. 4. показаны спектры Новой V1112 Per, с отождествленными некоторыми линиями.

Были выбраны спектры высокого разрешения, с целью выявления структуры профилей различных линий. Дальнейшая обработка спектров проводилась с помощью пакета программ Dech 30 и Origin 2021.

Были рассмотрены несколько избранных ярких линий H_{α} , H_{β} , HeI, NaI. Были измерены лучевые скорости и построены профили следующих линий.

Профиль линии H_{α} и H_{β} .

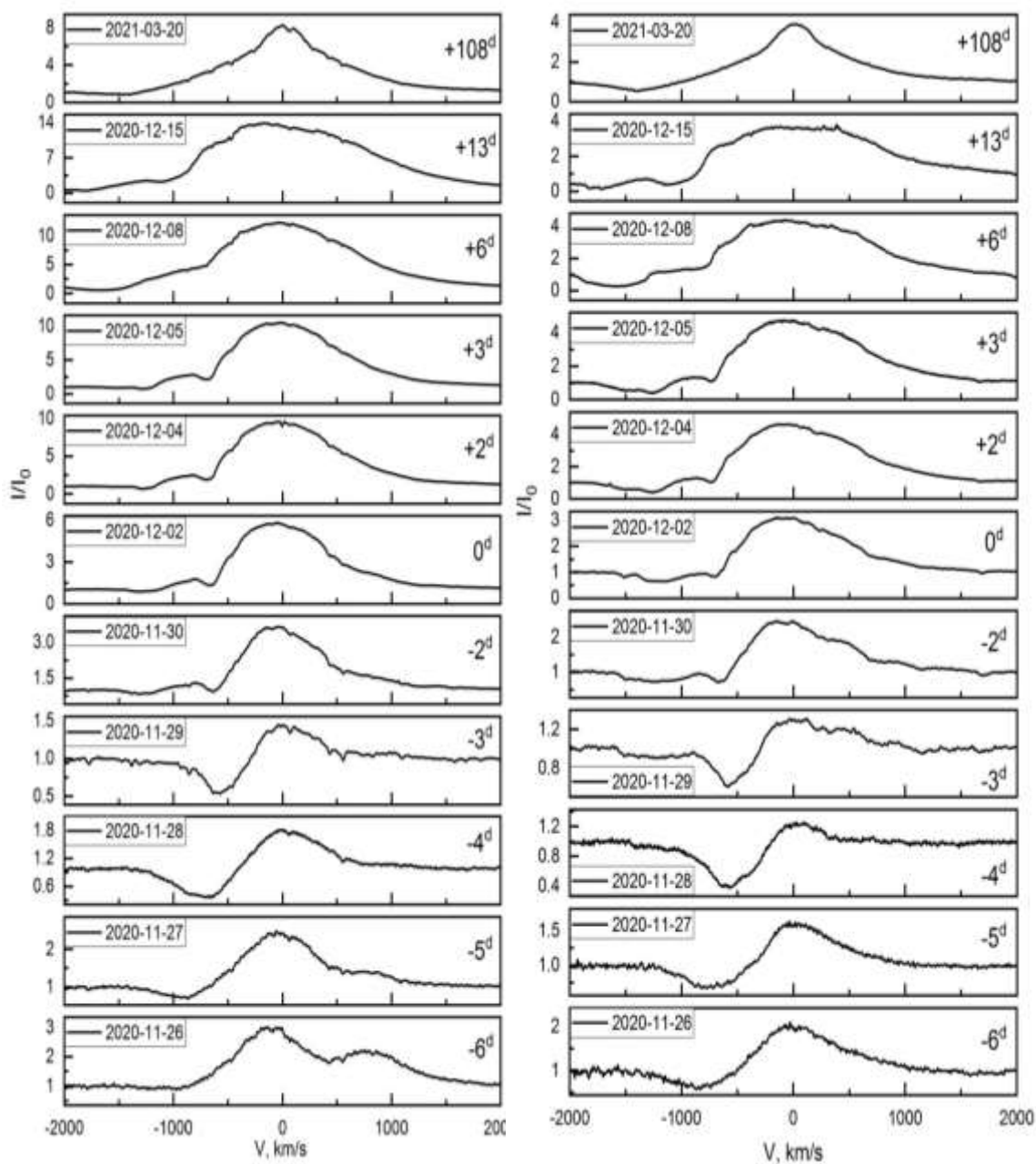


Рис 5. Профиль линий H_{α} и H_{β} .

На рис.5. показаны профили линий H_{α} и H_{β} . За нулевую точку отсчета дат было выбрано 02.12.20, когда наблюдался максимум яркости. Как видно, линии H_{α} и H_{β} показывают схожесть, хотя в момент начала наблюдения линия H_{α} показывает профиль с 2-мя эмиссионными компонентами (лучевые скорости -104 и +774 km/s), а линия H_{β} - P-Cyг профиль. Уже через 1 день после наблюдения появляется P-Cyг профиль и у линии H_{α} . Начиная с 30.12.2020 числа, оба профиля имеют 2 абсорбционных компонента.

Профили линий HeI(5876Å)иNaI (D1,D2)

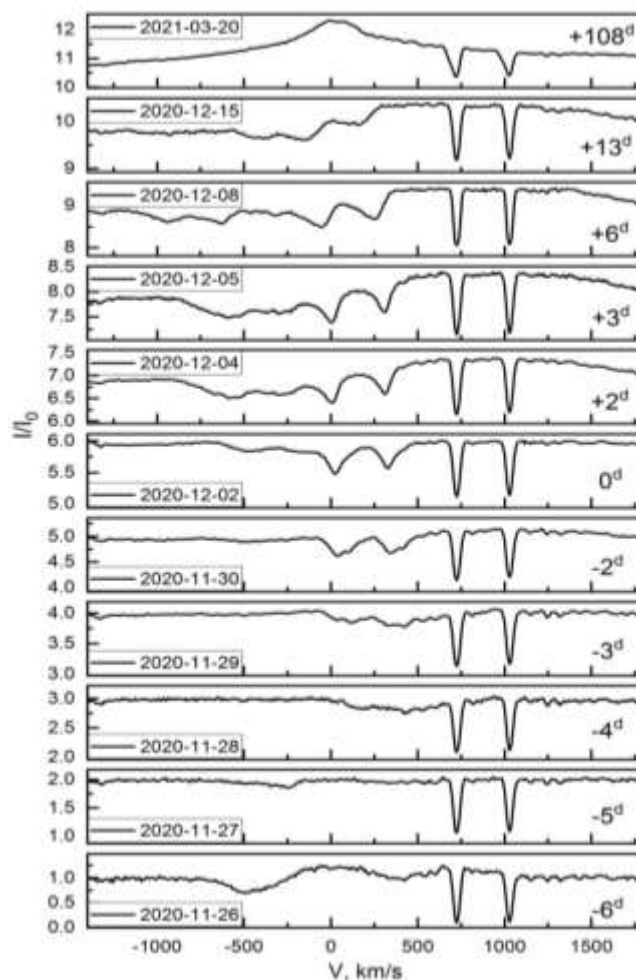


Рис 6. Профили линий HeIи NaI.

Профили линий HeIи NaI указаны на Рис.6. Профили линий HeIи NaI.В начале наблюдения 26.11.2020 линия HeI 5876Å показывает также P Cуг профиль. С увеличением яркости линия HeI 5876Å начинает исчезать, и к 27.11.20 с трудом наблюдается. 28 и 29 полностью исчезает и появляется только 30.11.2020.

Далее начинает наблюдаться P Cуг профиль с широким эмиссионным компонентом. В дате 20.03.2021 наблюдается узкая центральная эмиссия и широкая абсорбция, лучевые скорости которых соответственно равны 0 km/s и -1492 km/s.

В начале наблюдения линия NaI видна в виде узкой абсорбции, присущей межзвездной. 28,29 в коротковолновой части линии дублета NaI наблюдается широкая абсорбция.

Начиная с 30.11.20, звездные линии NaI хорошо наблюдаются. Каждая линия дублета показывает двойной компонент.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Waagen, Elizabeth O. Novain Perseus: N Per 2020 = TCP J04291884+4354232 = TCP J04291888+4354233 //AAVSO 2020 Alert Notice 726.
2. Williams. Robert E. The Formation of Novae Spectra // Astronomical Journal, 1992 v. 104. p. 725.
3. Strope. R.J.Schaefer. B.E.Henden. A.A. CATALOG OF 93 NOVA LIGHT CURVES: CLASSIFICATION AND PROPERTIES // AJ. 2010. 140. 34.
4. <https://www.aavso.org/LCGv2/>
5. <https://aras-database.github.io/database/novaper2020.html>

XÜLASƏ

**Aleksandr Mustafin, Xıdır Mikayılov
Kəmalə Alışeva**

NOVA V1112 PER ULDUZUNUN HƏRTƏRƏFLİ TƏDQIQI

Bu işdə fotometrik və spektral məlumatlara əsaslanaraq, V1112 Per yeni ulduzun hərtərəfli tədqiqi həyata keçirilmişdir. AAVSO verilənlər bazasındakı fotometrik müşahidələrdən istifadə edilməklə, V1112 Per ulduzunun alışma zamanı mütləq ulduz ölçüsü müəyyən edilmişdir. Parlaqlıq əyrisinin növünə görə, bu yeni ulduz D sinfinə aid edilmişdir. ARAS verilənlər bazasından yüksək ayırdetmə spektrlərindən istifadə edilmişdir. Spektral xətlər müəyyən edilmiş və H α , H β , HeI və NaI xətlərinin profillərinin təkamülü nəzərdən keçirilmişdir.

Açar sözlər: V1112 Per yeni ulduzu, parlaqlıq əyrisi, ulduz ölçüsü, spektr, xətlərin profili

SUMMARY

**Alexander Mustafin, Khidir Mikailov
Kamala Alisheva**

COMPREHENSIVE STUDY OF THE STAR NOVA V1112 PER

In this paper, based on photometric and spectral data, we carried out a comprehensive study of the nova V1112 Per. Using photometric observations from the AAVSO database, the absolute magnitude of the star V1112 Per at the time of the outburst was determined. According to the type of light curve, this nova was classified as class D. High-resolution spectra from the ARAS database were used. Spectral lines have been identified, and the evolution of the H α , H β , HeI and NaI line profiles has been considered.

Key words: Nova V1112 Per, light curve, magnitude, spectrum, line profile.

ZƏMİNƏ ƏLİYEVƏ

zaminaaliyeva@bsu.edu.az

ELVİN RƏHİMOV

elvin_rehimov_2016@mail.ru

Bakı Dövlət Universiteti

GÜNAY HACIYEVƏ

haciyevagunay@yahoo.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

HD 6288 ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ HİDROGEN XƏTLƏRİNİN PROFİLLƏRİ

*İşdə A8 spektral sinifli subnəhəng HD 6288 ulduzunun Haute Provence rəsədxanasında 1.93 m-lik teleskopun kasseqren fokusunda SOFIYA eşelle spektroqrafında alınmış spektrində hidrogenin Balmer seriyasının H_α ($\lambda = 6562,817 \text{ \AA}$), H_β ($\lambda = 4861,332 \text{ \AA}$), H_γ ($\lambda = 4340,468 \text{ \AA}$) və H_δ ($\lambda = 4101,737 \text{ \AA}$) xətlərinin profilləri qurulmuşdur. Həmin xətlərin ekvivalent enləri təyin edilmişdir. Alınmışdır ki, uyğun olaraq həmin xətlərin ekvivalent enləri 10.07 \AA , 16.80 \AA , 13.04 \AA və 13.58 \AA -dir. **Açar sözlər:** subnəhəng ulduzlar, spektral xətlərin profilləri, ekvivalent en*

Ulduz atmosferində baş verən bütün fiziki proseslər onun spektral xətlərində özünü göstərir. Ulduz atmosferlərinin tədqiqində ayrı-ayrı spektral xətlərin müşahidə olunmuş profillərinin öyrənilməsinə əsaslanan tədqiqat üsulu “incə tədqiqat üsulu” adlanır. Ona görə ulduz spektrində ayrı-ayrı spektral xətlərinin kifayət qədər dəqiq profillərinin qurulması və onların əsas spektrofotometrik xarakteristikalarının təyini ulduz atmosferlərinin dəqiq analizi üçün çox mühümdür.

A8 sinifli subnəhəng ulduzların atmosferləri aşağıdakı fiziki parametrlərlə xarakterizə edilə bilər: Temperatur təxminən 7500 K-dir. Təzyiq nəhəng ulduzların səthindən daha aşağıdır. Sıxlıq F sinfi ulduzların atmosferindən yüksəkdir, lakin G sinfi ulduzların atmosferindən aşağıdır. Kimyəvi tərkibi əsasən, hidrogen və heliumdan ibarətdir, həm də bəzi ağır elementləri ehtiva edir. Maqnit sahəsi mövcud ola bilər, lakin adətən zəifdir. Radiasiya axını yüksəkdir, bu da atmosferdə atomların güclü ionlaşmasına səbəb olur. Bu parametrlər ulduzların spektral xüsusiyyətlərinə təsir edir.

Bu işdə HD 6288 ulduzunun spektrində hidrogenin Balmer seriyasının H_α ($\lambda = 6562,817 \text{ \AA}$), H_β ($\lambda = 4861,332 \text{ \AA}$), H_γ ($\lambda = 4340,468 \text{ \AA}$) və H_δ ($\lambda = 4101,737 \text{ \AA}$) xətlərinin profillərinin ekvivalent enləri təyin olunub.

HD 6288 ulduzunun digər ulduz kataloqlarında istifadə olunan adları: HR 301, GC 1281, HIP 4979, TD1 597-dir. Spektral sinfi- A8IV-[1], effektiv temperaturu: 2012-ci ildəki hesablamaya görə 7534K-[2], 2006-cı ildə olan hesablamaya görə isə 7359K [3], parallaksı: $\pi = 0''.0168461$ [1], 2020-ci ildə hesablanmış ulduza qədər orta məsafə $59,361 \text{ Ps} = 193,6136630101 \text{ i.i.} = 12\,244,096665 \text{ a.v.}$ -dir [4].

Bu işdə istifadə olunmuş spektral material Fransanın Haute Provence rəsədxanasında 1.93 m-lik teleskopun kasseqren fokusunda alınmışdır. HD 6288 ulduzunun SOFIYA eşelle spektroqrafında alınmış bu rəqəmsal spektri spektrin $\lambda\lambda 3872\text{-}6943 \text{ \AA}$ bölgəsini əhatə edir. Spekrdə ayırdetmə 75000-dir. İstifadə etdiyimiz spektr 28.12.2012-də alınmışdır [5].

HD 6288 ulduzunun spektri DECH-30 proqram paketi vasitəsilə işlənmiş, spektral xətlər eyniləşdirilmiş və ulduzun spektrində H_α ($\lambda = 6562,817 \text{ \AA}$), H_β ($\lambda = 4861,332 \text{ \AA}$), H_γ ($\lambda = 4340,468 \text{ \AA}$) və H_δ ($\lambda = 4101,737 \text{ \AA}$) xətlərinin profilləri qurulmuşdur. Spektral xətlərin ekvivalent enini müxtəlif yollarla ölçmək olar: birbaşa inteqrallama; Qaussian approksimasiyası; xəttin profilinin əllə qurulması. Hidrogenin balmer seriyası xətləri profillərinin qanadları kifayət qədər böyük olduğundan və burada qanadlar qonşu xətlər tərəfindən güclü şəkildə təhrif olunduğundan

ekvivalent enin təyininə biz sonuncu üsuldən istifadə etmişik. Nəhayət uyğun olaraq həmin xətlərin ekvivalent enləri üçün 10.07 Å, 16.80Å, 13.04Å və 13.58Å qiymətini almışıq.

ƏDƏBİYYAT

1. 1999, MSS.C05.0H - Michigan Spectral Survey, Ann Arbor, Dep. Astron., Univ. Michigan, 5, 0 (1999)
2. 2012, A&A.537A.120Z - Astronomy and Astrophysics, volume 537A, 120-120 (2012/1-1)
3. 2006, A&A.458..293P - Astronomy and Astrophysics, volume 458, 293-296 (2006/10-4)
4. 2020yCat.1350.0G - CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, 1350, 0 (2020)
5. <http://atlas.obs-hp.fr/sophie>

SUMMARY

**Zamina Aliyeva, Elvin Rahimov
Gunay Hajiyeva**

HYDROGEN LINE PROFILES IN THE SPECTRUM OF THE STAR HD 6288

In this work, in the spectrum of the A8 spectral class subgiant star HD 6288 obtained at the SOFIA echelle spectrograph at the Cassegrain focus of the 1.93 m telescope at the Haute Provence observatory, H_{α} ($\lambda=6562.817$ Å), H_{β} ($\lambda=4861.332$ Å), $[H_{\gamma}]$ of the Balmer series of hydrogen $_{\gamma}$ ($\lambda=4340,468$ Å) and H_{δ} ($\lambda=4101,737$ Å) line profiles were constructed. The equivalent widths of those lines have been determined. It is found that the equivalent widths of those lines are 10.07 Å, 16.80 Å, 13.04 Å and 13.58 Å, respectively.

Key words: subgiant stars, spectral line profiles, equivalent width

РЕЗЮМЕ

**Замина Алиева, Эльвин Рагимов
Гюнай Гаджиева**

ПРОФИЛИ ЛИНИЙ ВОДОРОДА В СПЕКТЕ ЗВЕЗДЫ HD 6288

В данной работе в спектре субгиганта спектрального класса A8 HD 6288, полученном на эшелле-спектрографе SOFIA в фокусе Кассегрена 1,93-м телескопа обсерватории Верхний Прованс, H_{α} ($\lambda=6562,817$ Å), H_{β} ($\lambda=4861,332$ Å), $[H_{\gamma}]$ серии Бальмера водорода $_{\gamma}$ ($\lambda=4340,468$ Å) и H_{δ} ($\lambda=4101,737$ Å) были построены профили линий. Определены эквивалентные ширины этих линий. Установлено, что эквивалентная ширина этих линий составляет 10,07 Å, 16,80 Å, 13,04 Å и 13,58 Å соответственно.

Ключевые слова: субгиганты, профили спектральных линий, эквивалентная ширина.

ZÜMRÜD BİNNƏTOVA
zumrudbinntova@gmail.com
NAZİM HÜSEYNOV
nazimqaramamedli@mail.ru

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

3C 390.3 RADIOQALAKTİKASININ FOTOMETRİK DƏYİŞKƏNLİYİ

Bu işdə 2016-2022-ci illərdə 3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində fotometrik monitorinqinin nəticələri verilir. 3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığının dəyişməsi xaotik xarakter daşıyır. 3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 16.06.2020-ci il (JD2459017) tarixdə uyğun olaraq 0.45; 0.2; 0.17 və 0,31 ulduz ölçüsü zəifləmişdir. Radioqalaktikada BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 07.05.2021-ci il (JD2450401) tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində uyğun olaraq 0.91; 0.43; 0.39 və 0.41 ulduz ölçüsü qədər artmışdır. 3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 16.07.2022-ci il (JD2459777) tarixində uyğun olaraq 0.09; 0.15; 0,07 və 0.1 ulduz ölçüsü qədər artmışdır.

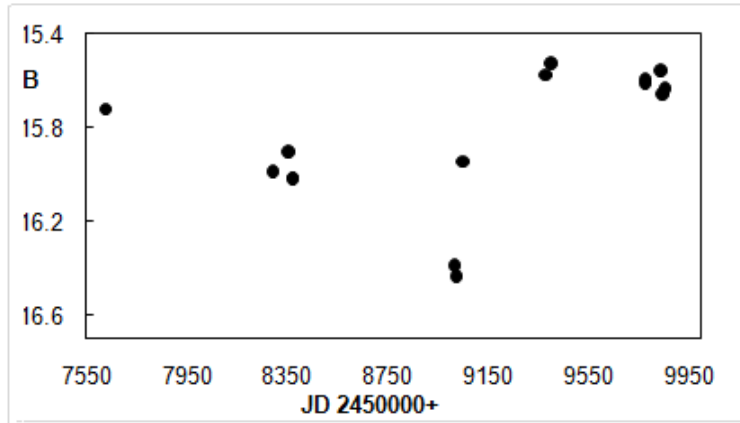
Açar sözlər: 3C 390.3 radioqalaktikası, fotometrik müşahidə, parlaqlıq əyrisi

Giriş. Spektrin radio oblastında şüalanmasının artıqlığı ilə seçilən ulduz sistemlərini radioqalaktikalar adlandırırlar. İngilis astronomları Hey, Phillips və Parsons metrlik dalğalarda müşahidə apararkən, təsadüfən Qu bürcü istiqamətində çox güclü radioşüalanma mənbəyi aşkar etdilər [1]. Radioqalaktikalar morfoloji quruluşuna görə əsasən, elliptik quruluşa malik olurlar. Radioqalaktikalar da Seyfert qalaktikaları kimi iki yerə bölünürlər: A - emissiya spektrli və B -absorbsiya spektrli. Radioqalaktikalar Seyfert qalaktikalarına nisbətən daha böyük ölçülü obyektlərdir. İkinci spektral tipə mənsub Seyfert qalaktikaları (Sy 2), həm də radioqalaktikaların kataloquna daxildir. Radioqalaktikaların işıqlığı 10^{45} erq/san tərtibindədir. Normal qalaktikalarda, bizim Qalaktika da daxil olmaqla radiodiapazonda 10^{37} - 10^{38} erq/san civarındadır. Radioşüalanmanın mexanizmi qeyri-istilik, yəni sinxrotron xarakterlidir (dumanlıqlarda, fəal nüvəli qalaktikalarda olduğu kimi). Elektronun maqnit sahəsində hərəkəti zamanı yaranan şüalanma [2] ən parlaq radioqalaktikaların radio oblastda şüalanması optik şüalanmasından xeyli artıqdır. Radioqalaktikaların şüalanması bir qayda olaraq bir neçə komponentdən (nüvə, qalo və radiocetlər) ibarətdir [3]. 3C 390.3 radioqalaktikası Əjdaha bürcü istiqamətində yerləşir və rentgen şüalanmasına malik I tip Seyfert qalaktikasıdır. Koordinatları α $18^{\text{h}}42^{\text{m}}08^{\text{s}}$ və $+79^{\circ}46'17''$ və qırmızı sürüşməsi $z=0.056159 \pm 0.000464$ -dir. Bizdən məsafəsi 233 Mpk-dir. Radioqalaktikanın ulduz ölçüsü $V=14.64$ və morfoloji tipi isə S0 (linzaşəkillidir) [3]. 3C 390.3 radioqalaktikası aşağı ionlaşma potensialına və genişzolaqlı emissiya xətlərinə malik (20000 km/san-yə qədər) fəal nüvəli qalaktikaların maraqlı tiplərindən biridir. Genişzolaqlı Balmer xətlərinin (BLR) profillərində iki pik var və onlardan birində mavi sürüşmə və digərində qırmızı sürüşməsi hələ 1966-cı ildə aşkar edilmişdir [4]. Emissiya xəttinin profilində müşahidə olunan iki pik onların akresiya diskinin xarici hissələrində yaranmasına dəlalət edə bilər. Ancaq qeyd etmək lazımdır ki, alternativ fərziyyələr də mövcuddur. Sergeyev və başqaları [4, 3] 2,6 metrlik teleskopda apardıqları spektral müşahidələrə əsasən, 3C390.3 radioqalaktikasında darzolaqlı [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ xəttinin dəyişkən olmasını təsdiq etmişlər. Darzolaqlı Balmer xətlərinin və [OI] $\lambda 6300\text{\AA}$ xəttinin dəyişkən olması aşkar edilmişdir. Bundan başqa H α və H β xətlərinə görə mərkəzi qara dəliyin kütləsi də təyin edilmişdir [4].

Müşahidə. Biz, 2016-2022-ci illərdə 3C 390.3 radioqalaktikasının Elm və Təhsil Nazirliyi N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Zeiss 600” teleskopunda fotometrik müşahidələrini apardıq. Müşahidələr CCD fotometrə BVRcİc süzgəclərində aparılmışdır [15]. Teleskopun Baş parabolik güzgüsünün diametri 600 millimetrdir. Kasseqren güzgüsünün diametri 183 mm-dir [16]. Ekvivalent fokus məsafəsi 7500 mm və işıqgücü isə 1:12.5 tərtibindədir. Fotometrin fokal müstəvisində xəyalın ölçüsü 17 bucaq dəqiqəsidir. Işıq qəbuledicisi kimi fotometrə CCD (Yük əlaqəli cihaz) matrisa Alta U-47-dən istifadə edilmişdir.

N.Tusi Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının “Zeiss 600” teleskopu fotometrik müşahidələrin aparılması üçün unikal bir cihazdır. Müşahidələr ilin müxtəlif fəsilərində və vaxtlarında aparılmışdır. Məlum olduğu kimi, astronomik müşahidələr hava şəraitindən, obyektin səmada görünmə vaxtından və vaxt bölgüsündən asılıdır. Ona görə də, biz 3C 390.3 radioqalaktikasının müşahidələri müəyyən fasilələrlə aparılmışdır. Bizim müşahidələrimiz 2016-2022-ci illər dövrünü əhatə edir. BVRcİc süzgəclərində alınmış müşahidə materiallarının işlənməsi “MAXİM DL4” proqram paketi vasitəsi ilə aparılmışdır [17]. Ölçmələr 7 pixel ($13''5$ bucaq saniyəsi) apertura (diafraqma) ilə aparılmışdır. Müşahidələr üçün aysız və aydın gecələr seçilmişdir.

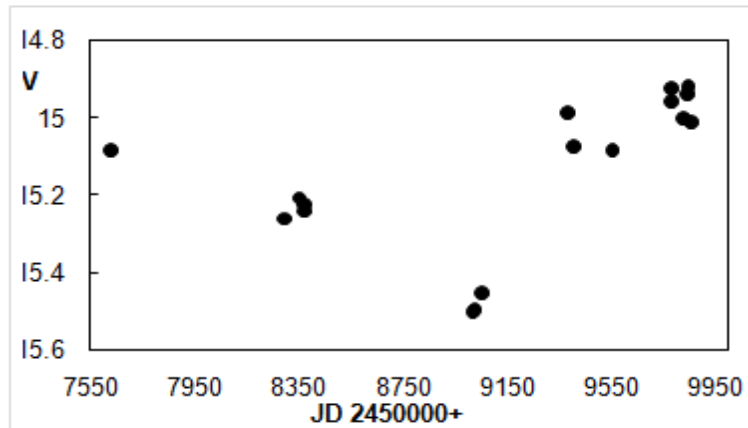
Şəkil 1-də 3C 390.3 radioqalaktikasının B süzgəcində 7 pixellə 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 1. 3C 390.3 radioqalaktikasının B süzgəcində 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi

Şəkil 1-də verilmiş parlaqlıq əyrisindən göründüyü kimi, 3C 390.3 radioqalaktikasının B süzgəcində 2016-2022-ci illərdə parlaqlığın həm artması, həm də azalması müşahidə olunur. 22.06.2018-ci il (JD2458292) tarixdə B süzgəcində 3C 390.3 radioqalaktikası 0.12; 16.06.2020-ci il (JD2459017) tarixdə 0.45 ulduz ölçüsü qədər zəifləmişdir. 07.05.2021-ci il (JD2450401) tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində radioqalaktika 0.91 ulduz ölçüsü qədər parlaq olmuşdur. 16.07.2022-ci il (JD2459777) radioqalaktika yenidən 0.09 ulduz ölçüsü qədər parlaqlaşmışdır.

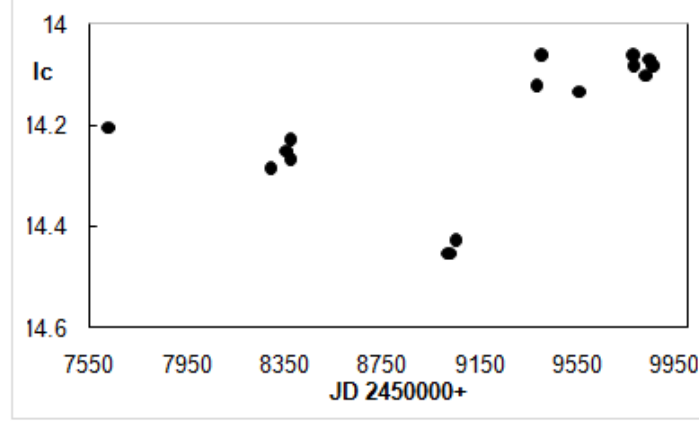
Şəkil 2-də 3C 390.3 radioqalaktikasının V süzgəcində 7 pixellə 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 2. 3C 390.3 radioqalaktikasının V süzgəcində 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi

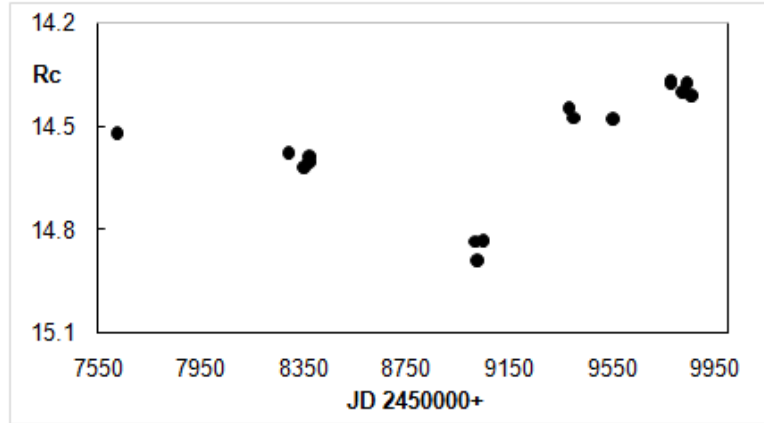
Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, parlaqlıq əyrisinə görə 3C 390.3 radioqalaktikasının V süzgəcində parlaqlığın 2016-2022-ci illərdə həm artması, həm də azalması müşahidə olunur. 22.06.2018-ci il (JD2458292) tarixdə V süzgəcində 3C 390.3 radioqalaktikası 0.18; 16.06.2020-ci (JD2459017) il tarixdə 0.20 ulduz ölçüsü qədər zəifləmişdir. 07.05.2021-ci il (JD2450401) tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində radioqalaktika 0.43 ulduz ölçüsü qədər parlaqlaşmışdır. Nəhayət, 16 iyul 2022-ci il (JD2459777) tarixdə radioqalaktika V süzgəcində yenidən 0.15 ulduz ölçüsü qədər parlaqlaşmışdır.

Şəkil 3-də 3C 390.3 radioqalaktikasının İc süzgəcində 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi verilmişdir.



Şəkil 3. 3C 390.3 radioqalaktikasının İc süzgəcində 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi, 3C 390.3 radioqalaktikasının İc süzgəcində parlaqlığın həm artması, həm də azalması müşahidə olunur. 22.06.2018-ci il (JD2458292) tarixdə İc süzgəcində 3C 390.3 radioqalaktikası 0.08; 16.06.2020-ci (JD2459017) il tarixdə 0.17 ulduz ölçüsü qədər zəifləmişdir. 07.05.2021-ci (JD2450401) il tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində radioqalaktika 0.39 ulduz ölçüsü qədər parlaqlaşmışdır. Nəhayət, 16.07. 2022-ci il (JD2459777) radioqalaktika İc süzgəcində yenidən 0.07 ulduz ölçüsü qədər yenidən parlaqlaşmışdır.



Şəkil 4. 3C 390.3 radioqalaktikasının Rc süzgəcində 2016-2022-ci illərdə aparılmış müşahidələrinin parlaqlıq əyrisi

Şəkil 4-dən görüldüyü kimi, 3C 390.3 radioqalaktikasının Rc süzgəcində digər süzgəclərdə olduğu kimi parlaqlığın həm artması, həm də azalması müşahidə olunur. 22.06.2018-ci il (JD2458292) tarixdə Rc süzgəcində 3C 390.3 radioqalaktikası 0.06; 16.06.2020-ci il (JD2459017) tarixdə 0.31 ulduz ölçüsü qədər zəifləmişdir. 07.05.2021-ci il (JD2450401) tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində radioqalaktika 0.41 ulduz ölçüsü qədər daha parlaq olmuşdur. Nəhayət, 16.07.

2022-ci il (JD2459777) tarixində radioqalaktika Rc süzgəcində yenidən 0.1 ulduz ölçüsü qədər parlaqlaşmışdır.

Beləliklə, alınmış nəticələrdən və şəkil 1,2,3,4-dən göründüyü kimi, 3C390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın azalması və artması müşahidə olunur. Parlaqlığın dəyişməsi xaosik xarakter daşıyır və heç bir periodiklik müşahidə edilmir. Bütün süzgəclərdə sinxron olaraq parlaqlığın dəyişməsi baş verir. Biz hesab edirik ki, parlaqlığın dəyişməsi nüvəyə maddənin akresiya tempinin artması və azalması ilə bağlıdır.

Nəticə

2016-2022-ci illərdə 3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığının dəyişməsi xaosik xarakter daşıyır.

3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 16.06.2020-ci il (JD2459017) tarixdə uyğun olaraq 0.45; 0.2; 0.17 və 0.31 ulduz ölçüsü qədər zəifləmişdir.

3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 07.05.2021-ci il (JD2450401) tarixdə isə çox güclü alışıma nəticəsində uyğun olaraq 0.91; 0.43; 0.39 və 0.41 ulduz ölçüsü qədər artmışdır.

3C 390.3 radioqalaktikasının BVİcRc süzgəclərində parlaqlığın amplitudu 16.07.2022-ci il (JD2459777) tarixində uyğun olaraq 0.09; 0.15; 0.07 və 0.1 ulduz ölçüsü qədər artmışdır.

Biz hesab edirik ki, müşahidə dövrü ərzində 3C 390.3 radioqalaktikasında parlaqlığın dəyişməsi nüvəyə maddənin akresiya tempinin artması və azalması ilə bağlıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Hey J.S., Phillips J.W., Parsons S.J. // Cosmic radiation at 5 meter wavength // Nature, 1946, 157, 296-297.
2. Burbidge, G. // On synchrotron radiation from Messier 87 // Astrophysical Journal. 1956, 124, 416.
3. Sandage, A. // Redshifts of Nine Radio Galaxies Including the Abnormal System 3c 305 // Astrophysical Journal, 1966, vol. 145, p.1.
4. Sergeev S. G., Pronik, V. I., Peterson, B. M. et al. // Variability of the Broad Balmer Emission Lines in 3C 390.3 from 1992 to 2000 // ApJ, 2002, 576, p.660.
5. Sergeev S.G., Nazarov, S.V., Borman, G.A. // Spectral variability of the 3C390.3 nucleus for more than 20 yr –I. Variability of the broad and narrov emission line fluxes // MNRAS, 2017, 465, 1898-1909.
6. Абдуллаев Б.И. Алекберов, И.А. Гюльмалиев, Н.И. // НОВЫЙ ФОТОМЕТР – ПОЛЯРИМЕТР С ПЗС- КАМЕРОЙ // Azerbaijani Astronomical Journal, 2012, №4, с.39-49.
7. Лютый В.М., Абдуллаев, Б.И., Алекперов, И.А. и др.// ПЗС фотометр на телескопе Цейсс-600 Шамахинской Астрофизической Обсерватории. I. Согласования ПЗС фотометра с оптикой Цейсс-600 // Астрономический журнал Азербайджана, 2009, 4, с. 35-41.
8. MaxIm DL CCD Imaging Software V.4 Diffraction Limited, 1997-2005.

SUMMARY

Zumrud Binnetova, Nazim Huseynov

PHOTOMETRIC VARIABILITY OF THE RADIO GALAXY 3C 390.3

The results of photometric monitoring carried out in the BV \dot{I} cRc filters within 2016-2022 of the radiogalaxy 3C 390.3 are presented. The nature of the change in brightness in the BV \dot{I} cRc filters of the radio galaxy 3C 390.3 is chaotic. The brightness amplitude of radio galaxy 3C 390.3 in BV \dot{I} cRc filters on June 16, 2020, respectively, it became 0.45; 0.2; 0.17 and 0.3 magnitudes are weaker. The brightness amplitude of the radio galaxy 3C 390.3 in BV \dot{I} cRc filters on May 7, 2021, respectively, became 0.91; 0.43; 0.39 and 0.41 magnitudes are brighter. The brightness amplitude of the radio galaxy in BV \dot{I} cRc filters on July 16, 2022, respectively, became 0.09; 0.15; 0.07 and 0.1 magnitudes brighter.

Key words: *radio galaxy 3C 390.3, photometric observation, light curve.*

РЕЗЮМЕ

Зумруд Биннетова, Назим Гусейнов

ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ РАДИОГАЛАКТИКИ 3С 390.3

В данной работе представлены результаты фотометрического мониторинга, проведенного в фильтрах BV \dot{I} cRc радиогалактики 3С 390.3 в 2016-2022 гг. . Характер изменения яркости в фильтрах BV \dot{I} cRc радиогалактики 3С 390.3 хаотичен. Амплитуда блеска радиогалактики 3С 390.3 в фильтрах BV \dot{I} cRc в 16.06.2020 года соответственно стала слабее 0.45; 0.2; 0.17 и 0,3 звездных величин. Амплитуда блеска радиогалактики 3С 390.3 в фильтрах BV \dot{I} cRc в 07.05.2021 года соответственно стала ярче 0.91; 0.43; 0.39 и 0.41 звездных величин. Амплитуда блеска радиогалактики в фильтрах BV \dot{I} cRc в 16.07.2022 года соответственно стала ярче 0.09; 0.15; 0,07 и 0.1 звездных величин.

Ключевые слова: *радиогалактика 3С 390.3, фотометрические наблюдения, кривая блеска*

MÜNDƏRİCAT

I BÖLMƏ

BİLLURƏ HACIYEVA. Məktəb fizika kursunun müasir metodları.....	3
ŞƏMSƏDDİN KAZIMOV, SEVİNC NOVRUZOVA, ŞİRZAD BABAYEV. Günəş enerjisinin termoemissiya üsulu ilə elektrik enerjisinə çevrilməsi	6
K.SH.GAHRAMANOV, S.SH.GAHRAMANOV, N.A. ABDULLAYEV, Y.A. ABDULLAYEV, Z.I.BADALOVA, H.V.ORUJOVA, A.A.BADALOV. Conductivity nanochannels IN $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Ni}\rangle$ AND $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Zn}\rangle$	9
SEVDA RZAYEVA. Standart model çərçivəsində hiqqz bozonun kütləsinə alınan nəzəri və təcrübi məhdudiyətlər.....	16
ZƏFƏR QƏDİROĞLU, İSMİXAN NƏSİBOV. β -GeSe ₂ monokristallarının alınması və fotoluminessensiyası.....	19
MƏMMƏD HÜSEYNƏLİYEV, HƏMZƏ SEYİDLİ. CdS kristallarının kritik nöqtələrinin təyini.....	23
MƏHBUB KAZIMOV. Qar yağımının yüksək qülləli konstruksiyalara və qurğulara təzyiqi.....	29
VALİDƏ HACIYEVA, ƏKRƏM RƏHİMLİ. Elektrik şəbəkəsində enerji itkilərinin azaldılması üçün transformatorlardan istifadə yolları.....	35
NAİLƏ QARDAŞBƏYOVA, ADİLƏ QULİYEVA. Tibb texnologiyasında mexatronik sistemlərin tətbiqi.....	39
SEYFƏDDİN CƏFƏROV, ELGÜN TAĞIYEV, GÜLSEVƏR MƏJLUMOVA, SƏYYARƏ CƏFƏROVA. Fizikanın tədrisində problemlə təlim.....	42
YAQUT ŞÜKÜROVA. Maqnit sahəsində yüklü leptonlar (antileptonlar) tərəfindən neytrino cütlərinin buraxılması prosesində enerji itkiləri.....	47
TƏRANƏ CAMALOVA. Fizika dərslərində səriştəliliyin formalaşdırılması təcrübəsindən.....	52
ELDAR HƏSƏNOV, ŞƏHLA XƏLİLOVA, RUHİYYƏ MUSTAFAYEVA. İki növ yük daşıyıcısı olan aşqarlı yarımkeçiricilərdə dayanıqsızlıq termomaqnit dalğalarının həyəcanlanması.....	56
NƏRMİN İSMAYILOVA, SƏİDƏ ƏSƏDULLAYEVA, GÜLBƏNİZ QAFAROVA. Zn teogallat birləşməsinin elektron və optik xassələri.....	61
SƏİDƏ ƏSƏDULLAYEVA, NƏRMİN İSMAYILOVA, AYNURƏ HADİYEVA. Nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış arsenid sulfid birləşməsinin fotoluminessensiya və fonon spektrinin tədqiqi.....	64
ARZU DAŞDƏMİROV. Nadir torpaq metallarının ges kristalının strukturuna və fiziki xassələrinə təsiri.....	68
AYGÜN AYDIN ORUCOVA. Nanolifli $a^3b^3c^6_2$ tip kristalların γ -radiasiyasının yaratdığı superion keçiricilik və spesifik təsirlər.....	70

XƏYALƏ HÜSEYNZADƏ, AYTAC CAVADOVA, MƏRYƏM ƏSƏDOVA. Mikropikselli selvari fotodiodlarının fotocavab formasının analitik təsviri.....	72
SARA YASİNOVA, İRADƏ MƏMMƏDOVA. Kimyəvi çökdürmə yolu ilə müxtəlif temperaturlarda alınmış pbse narın tozlarının raman spektri.....	75
AYDIN ƏLƏKBƏROV. Er aşqar atomlarının GaS laylı monokristalının fotoelektrik spektrinə təsviri.....	79
AYTƏN KƏRİMOVA, OĞUZ NƏCƏFLİ. Fizikada cisimlərin temperaturunun sürətlə artmasının həlli kimi: “Silahların temperaturunun ölçülməsi və soyudulması sistemi”.....	81

II BÖLMƏ

ABDULLA HƏSƏNOV. Hərəkətli cisimlərin dinamik yüklənməsində ətalət qüvvələrinin nəzərə alınması.....	85
SAHİB ƏLİYEV, ELŞAD AĞAYEV, AYGÜN MƏMMƏDOVA. Çebişev-laqer çoxhədliləri və tətbiqləri.....	90
RÖVŞƏN HƏSƏNOV. Riyaziyyat təlimində bəzi cəbri anlayışların daxil edilməsinin metodiki xüsusiyyətləri.....	93
ORXAN CƏFƏROV, AYSƏN MƏMMƏDOVA. Məktəbdə çoxbucaqlının öyrədilməsi təcrübəsindən.....	95
DAŞQIN SEYİDOV, ASİF İMANOV, ASİMAN İSMAYİLOV. Σ_3 Yığılan qüvvət sıraları cəbrinin rezonanslı monomları olmayan rezonanslı endomorfizmlərinin spektral xassələri.....	97
FAMİL MƏMMƏDOV, ÜMÜD RZAYEV. Qeyri-xətti və dissipasiyalı bir sinif hiperbolik tənlik üçün koşi məsələsi.....	100
MƏMMƏD RƏCƏBOV, HEYDƏR ƏHMƏDOV. Lobaçevski müstəvisinin aralıq interpretasiyası.....	102
ZÜMRÜD SƏFƏROVA. İkitərtibli bir qeyri-xətti hiperbolik tənlik üçün ən tez təsir məsələsi.....	109
CEYHUN ƏLİYEV. Laqranj çarpanları və məhdudlەر ilə dəyişənmə məsələləri.....	112
CƏMALƏ BAĞİROVA. Mühəndis məsələlərində qarşıya çıxan müəyyən inteqralın təqribi hesablanması üsulları.....	115
MƏSUD QƏHRƏMANOV. Məktəbdə hesab materialının təlimində şagird tefəkkürünün fəallaşdırılması yolları.....	118
ZƏFƏR ABBASOV. İkinci tərtib xüsusi törəmli xətti diferensial tənliklərin həndəsi təsviri.....	122
RƏŞİD QASIMOV, ÜLVİYYƏ SƏMƏDZADƏ. Ümumtəhsil məktəblərin riyaziyyatdan təmayüllü kurslarında məchulu mütləq qiymət işarəsi daxilində olan bərabərsizliklərin həllinin öyrənilməsinin nəzəri əsasları.....	126
AZAD MƏMMƏDLİ. Skalýar hasilin köməyi ilə üçdəyişənli tənliklər sisteminin həlli.....	128

CAVANŞİR QULİYEV. Tam şəkilli qılbarq-serrin tənliyi üçün modifikasiya edilmiş drixle məsələsinin klassik həll oluna bilərliyi.....	135
KÖNÜL MƏMMƏDOVA, ƏNNAĞI ƏSGƏROV. Epidemiyanın riyazi modelinin qurulması üçün eyler-koşi metodundan istifadə.....	137
AYNURƏ SEYİDOVA. Riyaziyyat tarixinin riyazi təlimdə yeri və rolu.....	144
NURAY RZAYEVA, ZİNYƏT ƏLİYEVA. Steam təhsilində riyaziyyat.....	147

III BÖLMƏ

NURİDƏ ƏKBƏROVA, XURAMAN MƏMMƏDOVA. Nəzəri planetologiya nədir.....	150
X.HƏSƏNOV, N.QULİYEVA, S.ƏSGƏROVA. Kosmik uçuşlarda təsir sferasının nəzərə alınmasına dair.....	153
AYGÜN SULTANOVA, AYGÜN ƏHMƏDOVA. Sürətlə böyüyən qara dəliklər.....	155
AYNURƏ HƏSƏNOVA, NƏRİMAN İSMAYİLOB, ƏLİ BALOĞLANOV. HD187982 (A1 Iab) ifrat nəhəng ulduzunun spektrində H _β , H _γ , H _δ xətlərinin dəyişməsi.....	158
NƏRİMAN İSMAYİLOV, ÜLVÜ VƏLİYEV, FAİDƏ HÜSEYNOVA. Massiv hbe tip ulduzlarının fiziki parametrləri.....	161
VƏFA QAFAROVA. Astrofotometriya və fotometrik kəmiyyətlər.....	166
SAMİRƏ RƏHİMLİ, NAZİM HÜSEYNOV. NGC 3516 seyfert qalaktikasının 2016-2022-ci illərdə fotometrik monitorinqi.....	169
XIDİR MİKAYİLOV, RUSLAN MƏMMƏDOV, AYSEL RÜSTƏMOVA. AG PEG simbiotik ulduzunun fotometrik müşahidəsi.....	175
GÜNEL RÜSTƏMOVA, XIDİR MİKAYİLOV, RUSLAN MƏMMƏDOV, AYSEL RÜSTƏMOVA. Ag dra ulduzunun 2019-2021-ci illərdə spektral tədqiqi.....	181
АЛЕКСАНДР МУСТАФИН, ХЫДЫР МИКАИЛОВ, КЯМАЛЯ АЛЫШЕВА. Комплексное исследование новой V1112 PER.....	194
ZƏMİNƏ ƏLİYEVA, ELVİN RƏHİMOV, GÜNAY HACIYEVA. HD 6288 ulduzunun spektrində hidrogen xətlərinin profilləri.....	201
ZÜMRÜD BİNNƏTOVA, NAZİM HÜSEYNOV. 3C 390.3 radioqalaktikasının fotometrik dəyişkənliyi.....	203

Nəşriyyat direktoru:	Əli Həşimov
Mətbəə müdiri:	Vidadi Kazımov
Aparıcı redaktor:	Sahilə Abbasova
Aparıcı redaktor:	Günəl Məmmədova
Aparıcı korrektor:	Sitarə Əlizadə

Yığılmağa verilib: 07.11.2023
Çapa imzalanıb: 17.11.2023
Formatı: 60/90, 32/1, həcmi 7.62 ç/v
Sifariş № 144, sayı 100 nüsxə

REDAKSİYANIN ÜNVANI: 7012. Naxçıvan şəhəri,
Universitet şəhərciyi,
Naxçıvan Dövlət Universiteti,
Əsas bina, I mərtəbə,
“Qeyrət” nəşriyyatı

TELEFON: (00994 036) 545-45-59
(00994 036) 544-08-61

E-mail: elmi.hisse@mail.ru