AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Metal xalkogenidləri və pniktidləri əsasında yeni maqnit xassəli Dirak materiallarının axtarışı, dizaynı və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/10/4-M-10**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **30 mart 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Layihənin **məqsədi** yüksək texnologiyalar üçün, o cümlədən, spintronika, topotronika və topoloji kvant kompüterləri üçün yeni nəsil qeyri-üzvi funksional materialların – antiferromaqnetik topoloji izolyatorların (AFMTİ), ferromaqnetik topoloji izolyatorların (FMTİ) FMTİ və üçölçülü topoloji Dirak yarımmetallarının (3D TDY) sistemli axtarışı, onların sintezinin və dizaynının fiziki-kimyəvi əsaslarının yaradılması və "tərkib-quruluş-xassə" əlaqəsini öyrənməklə funksional parametrlərinin optimallaşdırılması olmuşdur.

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə işlər 2023-ilin may ayından 2025-ci ilin aprel ayınadək olan dövrdə layihənin məqsədinə və qarşıya qoyulmuş məsələlərə uyğun olaraq aparılmış və aşağıda qeyd olunan fundamental elmi və tətbiqi problemlər həll edilmişdir:

1) ***Maqnetik topoloji izolyatorlar (MTİ) xassəli yeni fazaların əmələ gəlməsi gözlənilən Mn-Sb-Te, Mn-Bi-Te üçlü, MnTe-GeTe-*** Sb_2Te_3***, MnTe-***Sb_2Te_3***-***Bi_2Te_3***, MnTe-***In_2Te_3***-*** Bi_2Te_3 ***kvaziüçlü və Mn, Bi // S e, Te qarşılıqlı sistemlərində faza tarazlıqları xarakteri müəyyən edilməsi.***

Yuxarıda göstərilən sistemlər üzrə tədqiqatlar aparmaq üçün onların müxtəlif tərkibli birləşmə və xəlitələri sintez olunmuş və termiki emaldan keçirilmişlər. İlk mərhələdə həmçinin tədqiqat obyektlərinə və oxşar sistemlərə aid yeni ədəbiyyat məlumatları toplanmış və araşdırılmışdır.

Tədqiq edilən üçlü MnTe-Sb_2Te_3-Te və MnTe-Bi_2Te_3-Te sistemlərində, həmçinin kvaziüçlü

$MnTe-GeTe-Sb_2Te_3$, $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ və qarşılıqlı Mn,Bi//Se,Te sistemlərində faza tarazlıqları öyrənilmiş, onların faza diaqramlarının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus səthlərinin proyeksiyaları qurulmuşdur. İlk iki üçlü sistemdə $mMnTe \bullet nB^V{}_2Te_3$ (B^V - Sb, Bi) homoloji sırasına aid birləşmələr seriyası aşkar edilmişdir. Alınmış yeni fazalar DTA, RFA və SEM üsulları ilə xarakterizə edilmişlər.

Müəyyən edilmişdir ki, $MnTe-Sb_2Te_3$ və $MnTe-Bi_2Te_3$ sistemləri kvazibinardır. Stibiumlu sistemdə tetradimitəbənzər laylı quruluşlu iki üçlü birləşmə - $MnSb_2Te_4$ və $MnSb_4Te_7$, bismutlu sistemdə isə onların analoqları olan $MnBi_2Te_4$ və $MnBi_4Te_7$ birləşmələri, həmçinin homoloji sıranın bir sıra yeni nümayəndələri - $MnBi_6Te_{10}$, $MnBi_8Te_{13}$, $MnBi_{10}Te_{16}$ və $MnBi_{12}Te_{19}$ birləşmələri əmələ gəlir. Bütün bu birləşmələr peritektik reaksiyalar üzrə parçalanmaqla əriyirlər. Hər iki sistemdə MnTe əsasında 5 mol%-ə qədər, Sb_2Te_3 və Bi_2Te_3 birləşmələri əsasında isə 10 mol% tərtibində əvəzolunma bərk məhlulları əmələ gəlir.

$MnTe-GeTe-Sb_2Te_3$, $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ və $MnTe-In_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü sistemlərində komponentlərin fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir xarakteri müəyyən edilmiş, hər iki sistemin faza diaqramının bir sıra politermik və izotermik kəsikləri, həmçinin likvidus səthlərinin proyeksiyaları qurulmuş, onlarda ilkin və aralıq fazaların ərintidən birbaşa kristallaşma sahələri, homogenlik sahələri müəyyən edilmiş, mövcud olan non- və monovariant tarazlıqlarının tipləri və koordinatları təyin olunmuşdur.

$MnTe-GeTe-Sb_2Te_3$ kvaziüçlü sisteminin tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $MnSb_2Te_4$ və $MnSb_4Te_7$ birləşmələri ilə onların germanium analoqları arasında fasiləsiz laylı quruluşlu əvəzolunma bərk məhlulları əmələ gəlir.

$MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü sistemində də $MnSb_2Te_4$ və $MnSb_4Te_7$ birləşmələri ilə onların bismut analoqları arasında fasiləsiz laylı quruluşlu əvəzolunma bərk məhlulları aşkar edilmişdir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, $MnTe-Bi_2Te_3$ sərhəd sistemində əmələgələn digər tetradimitə bənzər qarışıq laylı birləşmələr ($MnBi_6Te_{10}$, $MnBi_8Te_{13}$, $MnBi_{10}Te_{16}$ və $MnBi_{12}Te_{19}$) əsasında geniş (50 mo%-ə qədər) Bi-Sb əvəzolunma bərk məhlul sahələri mövcuddur.

$MnTe-In_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü sisteminin $MnIn_2Te_4-MnSb_2Te_4$ kəsiyi stabildir. Bu kəsik üzrə ilkin üçlü birləşmələr əsasında geniş (20-40 mol%) bərk məhlul sahələri əmələ gəlir.

Hər üç tədqiq olunan kvazüçlü sistemdə üçlü birləşmələr arasında bərk məhlulların homogenlik sahələri, muvafiq stabil kəsiklər üzrə fasiləsiz və ya geniş, eni 2-3 mol% olan zolaqlar şəklindədir. Binar birləşmələr əsasında bərk məhlullar isə müvafiq sərhəd sistemi boyunca fasiləsiz zolaqlar əmələ gətirirlər.

Hesabat dövründə, həmçinin, tərkibi və xassələri tənzimlənə bilən yeni anionəvəzləməli maqnetik topoloji izolyator (MTİ) fazalarının axtarışı məqsədilə Mn,Bi//Se,Te qarşılıqlı sisteminin $3MnSe+Bi_2Te_3 \leftrightarrow 3MnTe+Bi_2Se_3$ qatılıq müstəvisi üzrə faza tarazlıqları öyrənilmişdir. Tədqiqatlar aparmaq üçün sistemin müxtəlif tərkibli birləşmə və xəlitələri sintez olunmuş və termiki emaldan keçirilmişlər. Bu qarşılqlı sistemin 300 K-də bərkfaza tarazlıqları diaqramı, həmçinin həcmi T-x-y diaqramının bir sıra politermik kəsikləri qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sistemdə $MnBi_2Te_4-MnBi_2Se_4$ kəsiyi üzrə, digər manqan-bismut telluridləri əsasında isə məhdud bərk məhlul sahələri əmələ gəlir.

Aparılmış tədqiqatlar göstərdi ki, bütün öyrənilən üçlü və daha mürəkkəb sistemlərdə əmələgələn aralıq birləşmələr və onlar əsasında bərk məhlullar inkonqruent əriyirlər. Bunun nəticəsində həmin birləşmə və bərk məhlulların ilkin kristallaşma sahələri onların stexiometrik tərkiblərində və ya müvafiq politermik kəsiyin T-x müstəvisindən kənarda yerləşir. Bu, həmin fazaların bircinsli halda, xüsusən də, monokristal halında alınmasını olduqca çətinləşdirir. Məhz layihə çərçivəsində qurulmuş faza diaqramları bu problemi

həll etməyə imkan yaratmışdır. Hər bir sistemin faza diaqramı əsasında lazımı tərkibli fazanın monokristallarını yetişdirmək üçün qeyri-stexiometrik mayenin tərkibini yüksək dəqiqliklə müəyyən etmək mümkün olmuşdur.

2) ***3D TDY xassəli yeni fazaların axtarışı məqsədilə Cd_3As_2-Zn_3As_2 sisteminin tədqiqi, həmçinin maqnit xassəili 3D TDY kimi maraq kəsb edən $Cd_{3-x}Me_xAs_2$ (Me=Mn, Fe, Co, Ni) fazalarının alınması və tədqiqi;***

Bu istiqamətdə tədqiqatlar aparmaq üçün müvafiq kvazibinar kəsik üzrə nümunələr, həmçinin, Cd_3As_2 birləşməsi əsasında Cd-Me əvəzləməli nümunələr hazırlanmış, termiki emaldan keçirilmiş və fiziki-kimyəvi analiz üsulları ilə tədqiq olunmuşlar. Müəyyən edilmişdir ki, Cd_3As_2-Zn_3As_2 sistemi Cd-Zn-As sisteminin kvazibinar kəsiyi olub fasiləsiz Cd-Zn əvəzləməli bərk məhlulların əmələgəlməsi ilə xarakterizə olunur. $Cd_{3-x}Me_xAs_2$ nümunələrinin tədqiqi isə keçid metalının təbiətindən asılı olaraq kadmium arsenid əsasında 10-20 mol% bərk məhluların əmələgəlməsini göstərdi. Bərk məhlulların homogenlik sahələri RFA və SEM üsulları ilə müəyyən edillmişdir.

3) ***Tədqiq edilən sistemlərin faza diaqramlarının xüsusi kompüter proqramları vasitəsilə müxtəlif nəzəri yanaşmalarda, o cümlədən qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi və requlyar məhlul modeli əsasında, termodinamik analizi, modelləşdirilməsi və 3D –vizuallaşdırılması, aralıq fazaların fundamental termodinamik funksiyalarının EHQ və DSK üsülları ilə təyini.***

Layihə üzrə tədqiqatlarda öyrənilən sistemlərin faza diaqramlarının xüsusi kompüter proqramları vasitəsilə müxtəlif nəzəri yanaşmalarda, o cümlədən qeyri-səlis məntiq nəzəriyyəsi və requlyar məhlul modeli əsasında, termodinamik analizi, analitik modelləşdirilməsi və 3D-vizuallaşdırılması həyata keçirilmişdir.

Faza diaqramlarının termodinamik modelləşdirilməsi üçün tarazlıqda olan fazaların komponentlərinin kimyəvi potensiallarının bərabərliyinə əsaslanan tənliklər həll edilmiş və məhdud təcrübi məlumatlardan istifadə etməklə heterogen tarazlıq sahələrinin sərhədləri üçün analitik ifadələr alınmışdır.

İlk növbədə tədqiq olunan üçlü MnTe-Sb_2Te_3-Te, MnTe-Bi_2Te_3-Te və Cd_3As_2-Zn_3As_2 sistemlərinin, həmçinin kvaziüçlü MnTe-GeTe-Sb_2Te_3, MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3, MnTe-SnTe-Bi_2Te_3 və qarşılıqlı Mn,Bi||Se,Te sistemlərinin sərhəd kvazibinar hissələrinin faza diaqramlarının analitik modelləri tərtib olunmuşdur. Bununla yanaşı $MnBi_2Te_4$, $MnBi_4Te_7$, $MnBi_6Te_{10}$, $SnBi_2Te_4$, $SnBi_4Te_7$, $SnBi_6Te_{10}$, $MnSb_2Te_4$, $GeBi_2Te_4$, $GeSb_2Te_4$ və s. Laylı üçlü birləşmələri əsasında bərk məhlullarının əmələ gəlmə inteqral molyar Gibbs sərbəst enerjisi hesablanmışdır. Bunun üçün əvvəlki tədqiqatlarımızda uğurla sınaqdan keçirilmiş requlyar məhlullar modelindən istifadə edilmişdir.

Sonrakı mərhələdə isə yuxarıda göstərilən üçlü, kvaziüçlü və qarşılıqlı sistemlərin T-x-y diaqramlarının üçölçülü (3D) kompüter modelləri qurulmuşdur. Bu prosesin əsas prinsipi həmin sistemlərin likvidus və solidus səthlərinin və faza sahələrinin üçölçülü obyektlərinin qurulmasıdır. T-x-y diaqramlarının 3D kompüter modelləri tədqiq olunan sistemlərin həndəsi strukturunu daha əyani şəkildə və müxtəlif variantlarda təqdim etməyə imkan vermişdir.

Layihə çərçivəsində həmçinin MnTe-Sb_2Te_3-Te, MnTe-Bi_2Te_3-Te, Cd_3As_2-Zn_3As_2 və Cd_3Sb_2-Zn_3Sb_2 sistemlərinin EHQ və DSK üsulları ilə termodinamik tədqiqi həyata keçirilmişdir. Tədqiq olunan sistemlərin faza diaqramlarının müxtəlif faza sahələrində

(-) MnTe (bərk) | maye elektrolit + Mn^{2+} | [Mn-Sb(Bi)-Te] (bərk) (+) (1)

və

(-) Cd (bərk) | maye elektrolit + Cd^{2+} | [Cd-Zn-As(Sb)] (bərk) (+) (2)

tipli qatılıq dövrələrinin elektrik hərəkət qüvvələri 300-430 K temperatur intervalında ölçülmüşdür.

Tədqiq olunan sistemlərin müxtəlif faza sahələri üçün EHQ-nin ölçüldüyü temperatur diapazonu üçün temperaturdan asılılıq tənlikləri alınmışdır. Həmin sistemlərdə əmələgələn

birləşmələrinin termodinamik funksiyalarının qarşılıqlı tənzimlənmış qiymətləri topluları əldə edilmişdir. Bunun üçün əvvəlcə həmin sistemlərdə manqan telluridin parsial molyar Gibbs sərbəst enerjisi, entalpiyası və entropiyası hesablanmışdır. Bu funksiyaları MnTe-də manqanın qismən molyar funksiyaları ilə kombinə edərək ərintilərdə manqanın müvafiq parsial funksiyaları müəyyən edilmişdir. Tədqiq edilən sistemlərdə əmələ gələn üçlü birləşmələrin əmələgəlmə standart termodinamik funksiyaları və standart entropiyaları müəyyən edilmiş potensial əmələgətirici reaksiyaların tənliklərindən istifadə etməklə, Bi_2Te_3 əsasında bərk məhlulların standart inteqral termodinamik funksiyalarının qiymətləri isə Gibbs-Dühem tənliyinin qrafik inteqrallanması ilə hesablanmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, bizim tədqiqatlar nəticəsində alınmış termodinamik funksiyalar toplusu maqnetik topoloji izolyatorlara aid ilk eksperimental termodinamik məlumatlardır.

4) ***Tədqiq edilən sistemlərdə aşkar olunmuş yeni birləşmələrin və qeyri-stexiometrik fazaların sintez və monokristal halında alınma metodikalarının işlənməsi, alınan yeni fazaların identifikasiyası, onların kristal quruluşlarının və bəzi fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi;***

Tədqiq edilən sistemlərin həcmi faza diaqramlarından, onların müxtəlif yüksəktemperaturlu izotermik kəsiklərindən istifadə etməklə $MnSb_2Te_4$, $MnSb_4Te_7$, $MnBi_2Te_4$, $MnBi_4Te_7$, $MnBi_6Te_{10}$, $MnBi_8Te_{13}$, $MnBi_{10}Te_{16}$ və $MnBi_{12}Te_{19}$ üçlü birləşmələrinin bircinsli polikristallik nümunələri sintez olunmuşdur. Termiki emalın effektivliyini təmin etmək üçün bütün nümunələr maye haldan buzlu suya atmaqla tavlandırılmış və yüksək dispers halda alınmışdır. Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, bu yolla alınmış nümunələr lazımı temperaturda (550-800 K intervalında) təxminən 500 saat müddətində termiki emaldan sonra birfazalı hala gəlir. Həmin birləşmələrin monokristalları Bricmen-Stokbarger üsulu ilə qeyri-stexiometrik ərintilərdən istiqamətli kristallaşma yolu ilə alınmışdır. Maye fazaların tərkibləri və sobanın temperatur zonaların temperaturları qurulmuş faza diaqramları əsasında seçilmişdir.

Eyni metodikalar üzrə yuxarıda göstərilən üçlü birləşmələr əsasında müxtəlif əvəzləməli və müxtəlif tərkibli bərk məhlullar, həmçinin $Cd_{3-x}Me_xAs_2$ (Me=Mn, Fe, Co, Ni) bərk məhlulları həm polikristal, həm də mükəmməl monokristallar hallarında alınmışlar. Alınmış nümunələrin monokristallığına səthin rentgen difraktoqramlarının çəkilməsi ilə nəzarət olunmuşdur.

Yetişdirilmiş kristalların səthləri, həmçinin, SEM analizi üsulu ilə öyrənilmiş, onların birfazalı olmaları təsdiq edilmiş və element tərkibləri SEM-EDS üsulu ilə təyin olunmuşdur.

Rentgen analizinin nəticələri Bruker şirkətinin D2 Phaser difraktometrinin TOPAZ 3.0 komputer proqramının köməyi ilə işlənmiş və alınmış yeni fazaların kristal quruluşları və qəfəs parametrləri təyin olunmuşdur.

Beləliklə, yetişdirilmiş kristallar tam xarakterizə edilmişdir. Onlar elektro-fiziki tədqiqatlar üçün xarici kollaboratorlara göndərilmiş və alınmış nəticələr əsasında birgə elmi məqalələr hazırlanmışdır.

Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar

Layihə üzrə tədqiqatlar differensial termiki analiz (DTA), rentgenfaza analizi (RFA), və skanedici elektron mikroskopiya (SEM) üsulları ilə aparılmışdır. DTA "NETZSCH 404 F1Pegasus system" və "Termoskan – 2" cihazlarında aparılmışdır. Nümunələrin toz difraktoqramları Almaniyanın Bruker firmasının D8 ADVANCE və D2 Phaser cihazlarında çəkilmiş və müvafiq difraktometrlərin kompüter təminatı proqramları ilə analiz edilmişdir. SEM analizi JEOLJSM-7600FJEOLJSM-7600F markalı skanedici elektron mikroskopunda aparılmışdır.

Bəzi fazaların səthi və həcmi elektron quruluşları "Funksional sixlıq nəzəriyyəsi" (Density functional theory) hesablamaları ilə müəyyən edilmişdir.

Tədqiq olunan sistemlərin faza diaqramlarının termodinamik analizi, analitik modelləşdirilməsi və 3D-vizuallaşdırılması zamanı müxtəlif nəzəri yanaşmalardan, o cümlədən qeyri-səlis məntiq

nəzəriyyəsinin və requlyar məhlul modelinin əsaslarından və riyazi aparatından istifadə olunmuşdur. Bütün proseslər xüsusi hazırlanmış kompüter proqramları vasitəsilə həyata keçirilmişdir.

Termodinamik tədqiqatlar kimyəvi termodinamikanın ən dəqiq təcrübi üsulları olan EHQ və DSK üsulları ilə aparılmışdır. EHQ ölçmələri üçün 1014 Ohm giriş müqaviməti olan və ±0,1 mV dəqiqliyə malik Keithley 2100 6 ½ rəqəmsal multimetrdən istifadə edilmişdir. Temperaturu ölçmək üçün xromel-alumel termocüt və civə termometrindən istifadə edilmişdir. EHQ-nin temperatur aslılıq tənlikləri Microsoft Exel kompüter proqramının köməkliyi ilə ən kiçik kvadratlar üsulu ilə işlənmişdir. Alınmış nəticələrin analizi üçün kimyəvi termodinamikanın riyazi aparatından və müasir yanaşmalarından istifadə olunmuşdur.

Monokristalların yetişdirilməsi ikizonalı vertikal soba əsasında yığılmış Bricmen qurğusunda həyata keçirilmişdir.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

100 %. İşlər tam həcmdə yerinə yetirilmişdir.

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

Layihə üzrə tədqiqatlar nəticəsində aşağıdakı mühüm elmi nəticələr alınmışdır:

- ✓ ilk dəfə olaraq $MnTe-Sb_2Te_3-Te$, $MnTe-Bi_2Te_3-Te$ və $Cd_3As_2-Zn_3As_2$ üçlü, $MnTe-GeTe-Sb_2Te_3$, $MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3$ kvaziüçlü və $3MnSe+Bi_2Te_3 \leftrightarrow 3MnTe+Bi_2Se_3$ qarşılıqlı sistemlərində faza tarazlıqlarının tam mənzərələri alınmışdır. Tədqiq olunan sistemlərin həcmi T-x-y diaqramları, onların bir sıra şaquli və izotermik kəsikləri qurulmuş, maqnetik topoloji izolyator xassələri göstərəcəyi gözlənilən yeni birləşmə və dəyişən tərkibli fazalar alınmışdır. Qurulmuş faza diaqramları həmin birləşmə və bərk məhlulların istiqamətli sintezinin elmi əsaslarını təşkil edir.
- ✓ $mMnTe \bullet nB^V{}_2Te_3$ (B^V - Sb, Bi) homoloji sırasına aid aşkar edilmiş yeni birləşmələr, onlar əsasında Mn↔Ge, Sb↔Bi və Te↔Se əvəzləməli bir sıra bərk məhlul nümunələri, həmçinin $Cd_{3-x}Zn_xAs_2$ fazaları fərdi şəkildə sintez olunmuş, onların əmələgəlmə xarakteri, mayedən ilkin kristallaşma sahələri, kristal qəfəs tipləri və parametrləri təyin edilmişdir.
- ✓ Layihənin tədqiqatl obyektləri olan üçlü, kvaziüçlü və qarşılıqlı sistemlərin sərhəd kvazibinar hissələrinin və tam T-x-y faza diaqramları, onların 3D analitik modelləri və aralıq fazaların termodinamik funksiyalarına aid məlumatlar tamamilə yenidir və həmin fazaların materialşünaslığı üçün zəruri elmi məlumatlardır.
- ✓ Tədqiq olunmuş sistemlərin 3-lü birləşmələrinin təyin olunmuş termodinamik funksiyaları yenidir və bu fazaların sintezinin və kristallarının yetişdirilməsinin elmi əsasını təşkil edir.
- ✓ Layihə üzrə tədqiqatlarda alınmış nəticələr əsasında $MnBi_2Te_4$, $MnBi_4Te_7$, $MnBi_6Te_{10}$, $SnBi_2Te_4$, $SnBi_4Te_7$, $SnBi_6Te_{10}$, $MnSb_2Te_4$, $GeBi_2Te_4$, $GeSb_2Te_4$ və s. laylı üçlü birləşmələrinin peritektik reaksiyalar üzrə inkonqruent ərimələri müəyyən edilmiş və onların peritektik parçalanma temperaturları təyin olunmuşdur.
- ✓ Alınmış təcrübi və nəzəri nəticələr əsasında yuxarıda göstərilən birləşmə və bərk məhlulların istiqamətli sintezinin və monokristallarının yetişdirilməsinin metodikaları işlənmiş və texnoloji şəraitləri müəyyən edilmişdir. Bricmen-Stokbarger və istiqamətli kristallaşma üsulları ilə yuxarıda göstərilən birləşmələrin və onlar əsasında müxtəlif tərkibli bərk məhlulların monokristalları yetişdirilmiş və xarakterizə edilmişdir. Monokristalların yetişdirilməsi üçün qeyri-stexiometrik tərkibli maye məhlullardan istifadə edilmişdir.

	✓ Yuxarıda sadalanan elmi nəticələr kompleksi, o cümlədən birləşmələrin və dəyişən tərkibli fazaların monokristallarının yetişdirilmə proseslərinin texnoloji parametrləri və alınmış kristalların termiki, termodinamik və kristalloqrafik göstəriciləri yenidir və müvafiq fazaların istiqamətli sintezi üçün istifadə edilə bilər.
4	Layihə üzrə **elmi nəşrlər** (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) *(surətlərini kağız üzərində və CD şəklində əlavə etməli!)*

Layihə üzrə tədqiqatların nəticələri **31 elmi əsərdə**, o cümlədən **Web of Science və Scopus** bazalarında indekslənən beynəlxalq jurnallarda **26 elmi məqalə** şəklində dərc olunmuş və **5 beynəlxalq və regional konfransda** məruzə və müzakirə edilmişdir.

1-7ci mərhələlər üzrə:

1) Bayramova U.R., Babanly K.N., Ahmadov E.I., Mashadiyeva L.F., Babanly M.B.. Phase equilibria in the Cu_2S-Cu_8SiS_6-Cu_8GeS_6 system and thermodynamic functions of phase transitions of the $Cu_8Si_{(1-X)}Ge_XS_6$ argyrodite phases // Journal of Phase Equilibria and Diff., 2023, v. 44, p. 509–519. https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-023-01054-y (https://doi.org/10.1007/s11669-023-01054-y) (***Web of Science***)
2) Amiraslanova A.J., Babanly K.N., Imamaliyeva S.Z., Yusibov Yu.A., Babanly M.B. Phase equilibria in the Ag_8SiSe_6- Ag_8SiTe_6 system and characterization of solid solutions $Ag_8SiSe_{6-x}Te_x$ // Applied Chemical Engineering, 2023 Vol 6, Issue 2, p.1-9. https://systems.enpress-publisher.com/index.php/ACE/article/view/2162 (https://doi.org/10.24294/ace.v6i2.2162) (***Scopus***)
3) Aghazade A.I., Orujlu E.N., Salimov Z.E., Mammadov A.N., Babanly M.B. Experimental investigation of the solid phase equilibria at 300 K in the $SnBi_2Te_4$-$PbBi_2Te_4$-Bi_2Te_3 system // Physics and Chemistry of Solid State, V. 24, No. 3, 2023, p. 453-459. https://journals.pnu.edu.ua/index.php/pcss/article/view/6855 (https://doi.org/10.15330/pcss.24.3.453-459) (***Web of Science***)
4) Aghazade A.I., Babanly V.I., Gocayeva I.M., Orujlu E.N., Mammadov A.N. 3D modeling of phase diagram of the ternary SnTe-PbTe-Bi_2Te_3 system // Azerbaijan Chemical Journal. 2023. №2, p.62-68. https://akj.az/uploads/content/AghazadeAI.pdf (https://doi.org/10.32737/0005-2531-2023-2-62-68) (***Scopus***)
5) Bairamova U.R., Babanly K.N., Mashadieva L.F., Yusibov Y.A., Babanly M.B. Phase Equilibria in the Cu_2Se–Cu_8SiSe_6–Cu_8GeSe_6 System. *Russ. J. Inorg. Chem., 2023, v.* **68**, p. 1611–1621. https://link.springer.com/article/10.1134/S0036023623602027 (https://doi.org/10.1134/S0036023623602027) (***Web of Science***)
6) Bayramova U.R., Babanly D.M., Mashadiyeva L.F., Akhmedov E.I.,. Babanly M.B. Calorimetric study of phase transition of the Cu_8GeSe_6 and comparison with other argyrodite family compounds // Chemical Problems, 2023, No 4 (21), p. 396-403 https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/10/396-403.pdf (https://doi.org/10.32737/2221-8688-2023-4-396-403) (***Scopus***)
7) Aghazade A.I., Rustamova S.M., Gojayeva I.M., Orujlu E.N., Babanly D.M., Mammadov A.N. Multi-3D modeling of phase diagram of PbTe-Bi_2Te_3-Sb_2Te_3 system // Chemical Problems, 2023, No 4 (21), p.353-360. https://chemprob.org/wp-content/uploads/2023/09/353-360.pdf

(https://doi.org/10.32737/2221-8688-2023-4-353-360) (***Scopus***)

8) Alverdiyev I.J., Imamaliyeva S.Z., Akhmedov E.I., Yusibov Yu.A., Babanly M.B. Thermodynamic Properties Of Some Ternary Compounds Of The Argyrodite Family // Azerbaycan Chemical Journal, 2023, No 4, p.21-30. https://akj.az/en/journals/1048 (doi.org/10.32737/0005-2531-2023-4-21-30) (***Scopus***)
9) Babanly M.B., Yusibov Y.A., Imamaliyeva S.Z., Babanly D.M., Alverdiyev I.J. Phase Diagrams in the Development of the Argyrodite Family Compounds and Solid Solutions Based on Them (**Review**) // J. Phase Equilibria and Diffusion, 2024. https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-024-01088-w; (https://doi.org/10.1007/s11669-024-01088-w) (***Web of Science***)
10) Orujlu E.N., Seidzade A.E., Babanly D.M., Amiraslanov I.R., Babanly M.B.. New insights into phase equilibria of the SnTe–Bi_2Te_3 pseudo-binary system: Synthesis and crystal structure of new tetradymite-type compound $Sn_3Bi_2Te_6$ // Journal of Solid State Chemistry, 2024, V. 330, p.124494. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002245962300662X?via%3Dihub (https://doi.org/10.1016/j.jssc.2023.124494) (***Web of Science***)
11) Imamaliyeva S.Z., Huseynova I.F., Daraselia D., Japaridze D., Shengelaya A., Babanly M.B. Phase Relations in the Tl_2Te-TlBiTe-$TlGdTe_2$ Compositions Region of the Tl-Bi-Gd-Te System and Magnetic Properties of the $TlBi_{1-x}Gd_xTe_2$ Solid Solutions. *J. Phase Equilib. Diffus.*, 2024, v.**45**, 459–468. https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-024-01096-w (https://doi.org/10.1007/s11669-024-01096-w) (***Web of Science***)
12) Orujlu E.N. , Babanly D.M., Alakbarova T.M., Orujov N.I., Babanly M.B. Study of the solid-phase equilibria in the GeTe-Bi_2Te_3-Te system and thermodynamic properties of GeTe-rich germanium bismuth tellurides // J.Chem. Thermodyn., 2024, v.196, p. 107323. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021961424000764?via%3Dihub (https://doi.org/10.1016/j.jct.2024.107323) (***Web of Science***)
13) Seidzade A.E., Orujlu E.N., Babanly M.B. Experimental study of the phase equilibria in the SnTe–Sb_2Te_3–Te system // Azerb.Chem.Journal, 2024, N2, p. 44-52. https://akj.az/uploads/documents/ASeyidzade.pdf (doi.org/10.32737/0005-2531-2024-2-44-52) (***Scopus***)
14) Mashadiyeva L.F., Babanly D.M., Hasanova Z.T., Yusibov Yu.A., Babanly M.B. Phase Relations in the Cu-As-S System and Thermodynamic Properties of Copper-arsenic Sulfides // J.Phase Equilib. Diff., 2024, v.45, p.567-582. https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-024-01115-w (https://doi.org/10.1007/s11669-024-01115-w) (***Web of Science***)
15) Orujlu E.N., Alakbarova T.M. & Babanly M.B. GeTe–Bi_2Te_3–Te System. *Russ. J. Inorg. Chem.* (2024). https://link.springer.com/article/10.1134/S003602362460151X; (https://doi.org/10.1134/S003602362460151X) (***Web of Science***)
16) Aghazade A.I., Babanly D.M., Zeynalova G.S., Qasymov V.A., S.Z.Imamaliyeva. Phase relations in the Bi_2–Bi_2Se_3–Bi_2Te_3 system and characterization of solid solutions // Azerb. Chemical Journal, 2024, N1, p. 76-88. https://akj.az/uploads/DMBabanly.pdf (https://doi.org/10.32737/0005-2531-2024-76-88) (***Scopus***)
17) Babanly M.B., Mashadiyeva L.F., Imamaliyeva S.Z., Tagiev D.B., Babanly D.M., Yusibov Yu.A. Thermodynamic properties of complex copper chalcogenides (**Review**) // Chemical Problems, 2024, No.3, p.243-280. https://chemprob.org/wp-content/uploads/2024/05/243-280.pdf (https:// doi.org/10.32737/2221-8688-2024-3-243-280) (**Scopus**)
18) L.F.Mashadiyeva, Z.T.Hasanova, Yu.A.Yusibov, M.B.Babanly. Phase equilibria in the Cu_2Se–

Cu_3AsSe_4–As_2Se_3 system // Azerbaijan Chemical Journal, 2024, N3, p.83-93. https://akj.az/uploads/documents/Mashadiyeva.pdf; (https://doi.org/10.32737/0005-2531-2024-3-83-93) (**Scopus**)

19) Nabiyev E.R., Orujlu E.N., Aghazade A.I., Hasanov A.A., Babanly M.B. The solid-phase equilibria in the $GeBi_2Te_4$-$SnBi_2Te_4$-Bi_2Te_3 system at 300 K and characterization of tetradymite-type layered solid solutions // Condensed Matter and Interphases, 2024; 26(4), p.725-731. https://journals.vsu.ru/kcmf/article/view/12446 (https://doi.org/10.17308/kcmf.2024.26/12446) (***Scopus***)

20) Намазов Дж.С., Бабанлы К.Н., Алвердиев И.Дж., Имамалиева С.З., Юсибов Ю.А. Новые фазы переменного состава в квазитройной системе Cu_2S-Ag_2S-SiS_2 / *X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН - 2024», Воронеж, 2024, с. 189 (*http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm*)*

21) Orujlu E.N., Izzatli S.B., Aghazade A.I., Jafarov Y.I., Babanly M.B. Liquidus surface projection of the MnTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 pseudo-ternary system / X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН-2024», Воронеж, 2024, *с. 199 (*http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm*)*

22) Gojayeva I.M., Aghazade A.I., Shukurova G.M., Babanly M.B. Phase equilibria in the $GeBi_2Te_4$-$PbBi_2Te_4$-Bi_2Te_3 system / *X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН -2024», Воронеж, 2024, с.154 (*http://www.fagran.vsu.ru/ru/programm*)*

23) Orujlu E.N., Seyidzade A.E., Babanly M.B. Thermodynamic study of the Mn(Sn)-Bi-Te systems / XXIV International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia **(RCCT-2024), Ivanovo, 2024, c.344**. https://rcct.isc-ras.ru/ (*Russ Chem Bull* **73**, https://doi.org/10.1007/s11172-024-4225-7)

24) Mammadov F.M., Shukurova G.M., Imamaliyeva S.Z., Babanly M.B. Thermodynamic properties of the iron-gallium sulphides / XXIV International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia **(RCCT-2024), Ivanovo, 2024, c.345.** https://rcct.isc-ras.ru/ (*Russ Chem Bull* **73**, https://doi.org/10.1007/s11172-024-4225-7)

8-ci mərhələ üzrə

25) Mammmadov F.M., S.Z. Imamaliyeva, E.J. Akhmedov, D.B. Tagiyev, M.B. Babanly. Thermodynamic properties of iron-gallium sulfides // Russ. J.Phys.Chem., 2024, V. 68, No14, p.3522-3529. https://link.springer.com/article/10.1134/S0036024424703126; (https://doi.org/10.1134/S0036024424703126) (***Web of Science***)

26) Orujlu E.N., Ahmadov E.I., Orujov N.N. and Babanly M.B. Solid-phase equilibrium diagram of the Bi_2Te_3-rich corner of MnTe-Bi_2Te_3-Te system and thermodynamic properties of the intermediate phases // Russ. J.Phys.Chem. A, 2024, V. 68, No14, p.3481-3488. https://link.springer.com/article/10.1134/S0036024424703060; (https://doi.org/10.1134/S0036024424703060) (***Web of Science***)

27) Izzatli S.B., Orujlu E.N., Jafarov Y.I., and Babanly M.B. Phase Relations and Tunable Solid Solutions in the Pseudoternary System MnTe−Sb_2Te3−Bi_2Te_3 // *J. Chem. Eng. Data,* 2025, 70, 1759−1768. https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jced.4c00711; (https://doi.org/10.1021/acs.jced.4c00711) ***(Web of Science***)

28) Aslanli S.R., Alverdiyev I.J., Imamaliyeva S.Z., Jafarov Y.I., Yusibov Y.A., Babanly M.B.. Phase Relations in the Ag_2S-Ag_8SiS_6-Ag_8SnS_6 System and Thermodynamic Properties of Polymorphic Transitions of Argyrodite Phases. // *International J. Thermophysics, 2025, v.* 46,p.26. https://link.springer.com/article/10.1007/s10765-025-03501-z; (https://doi.org/10.1007/s10765-025-03501-z) ***(Web of Science***)

29) Babanly M.B., Mashadieva L.F., Imamaliyeva S.Z., D.M. Babanly, D.B. Taghiyev, Y.A. Yusibov. Complex copper-based chalcogenides: a review of phase equilibria and thermodynamic properties // Condensed Matter and Interphases, 2024, v.26, №4, pp. 579-619; https://journals.vsu.ru/kcmf/article/view/12367; (https://doi.org/10.17308/kcmf.2024.26/12367) (**Scopus**)

30) Mashadiyeva L. F., Poladova A.N., Hasanova Z.T., Ismayilova B.A., E.I. Ahmadov, Jafarov Y.I., Yusibov Y.A., Babanly M.B.. New picture of phase equilibria in the Cu-As-Se system and thermodynamic properties of ternary compounds. Chemical Problems 2025 no. 3 (23), p.310-328;https://chemprob.org/wp-content/uploads/2025/02/310-328.pdf; (https://doi.org/10.32737/2221-8688-2025-3-310-328) (**Scopus**)

31) Ismailova E.N., Mashadieva L.F., Bakhtiyarly I.B., Gasymov V.A., Gurbanova R.J., Mammadov F.M. Phase equilibria in the Cu_2Se-Cu_3SbSe_4-Cu_2SnSe_3 system // Chemical Problems, 2025 no. 1 (23), p.36-46. https://chemprob.org/wp-content/uploads/2024/11/36-46-1.pdf (https://doi.org/10.32737/2221-8688-2025-1-36-46) (**Scopus**)

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

Layihə üzrə ixtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər olmamışdır

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərilməlidir)

Layihə üzrə layihə rəhbəri prof. M.B.Babanlı aşagidakı ezamiyyətlərdə olmuşdur:

1) 16 -20 oktyabr 2023 il tarixində Rusiya Federasiyasının Moskva səhəri; Moskva Dövlət Universiteti.
2) 4-9 dekabr 2023 il tarixində Gürcüstanın Tbilisi şəhərində; İvan Cavaxişvili ad. Tbilisi Dövlət Universiteti.
3) 21-27 aprel 2024-cü il tarixində İspaniyanın San-Sebastyan şəhərində; Donostiya Beynəlxalq Fizika Mərkəzi.
4) 23-28 iyun 2024-cu il tarixlərində Rusiya Federasiyasının Moskva şəhərində Moskva Dövlət Universitetində kimya fakültəsinin qeyri-üzvi kimya kafedrası.
5) 21-25 oktyabr 2024-cü il tarixində Gürcüstanın Tbilisi şəhərində İvan Cavaxişvili ad. Tbilisi Dövlət Universiteti.

7 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)

Layihə üzrə elmi ekspedisiya nəzərdə tutulmamışdır

8 Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak

(burada doldurmalı)

İştirak edilməmişdir.

9 Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)

(burada doldurmalı)

1) X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН - 2024», Воронеж, 2024 (divar məruzəsi)
2) XXIV International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia (RCCT-2024),

	Ivanovo, 2024 (divar məruzəsi)
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları
	Layihədə nəzərdə tutulmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar alınmamışdır
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr
	Layihə üzrə bəzi tədqiqatlar Bakı və Gəncə Dövlət Universitetlərinin, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin əməkdaşlarının iştirakı ilə aparılmışdır
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	Layihə üzrə tədqiqatlar İspaniya, Rusiya və Gürcüstandan olan həmkarlarımızla sıx əlaqələr şəraitində yerinə yetirilir.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)
	Layihə mövzusu üzrə tədqiqatlara Kataliz və qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun və Bakı Dövlət Universitetinin magistrant və doktorantları cəlb olunmuşlar, onlar elmi seminarlarda və dəyirmi masalarda iştirak edirlər.
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)
	Sərgilərdə iştirak edilməyib
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)
	Layihənin yerinə yetirilməsi gedişində xarıcı və yerli həmkarlarla mütəmadi təcrübə mübadiləsi aparılır
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir)
	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. yoxdur.

SİFARİŞÇİ:
Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri
Quliyeva Mülayim Sahib qızı

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri
Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il

AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQİQATLARDA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Metal xalkogenidləri və pniktidləri əsasında yeni maqnit xassəli Dirak materiallarının axtarışı, dizaynı və tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/10/4-M-10**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **30 mart 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1	Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası
	Layihə üzrə tədqiqatlar nəticəsində yüksək texnologiyalar üçün, o cümlədən, spintronika, topotronika və topoloji kvant kompüterləri üçün yeni nəsil qeyri-üzvi funksional materiallar – antiferromaqnetik topoloji izolyatorlar (AFMTİ), ferromaqnetik topoloji izolyatorlar (FMTİ) və üçölçülü topoloji Dirak yarımmetalları (3D TDY) alınmış, onların istiqamətli sintezinin fiziki-kimyəvi əsasları yaradılmışdır. Bu məqsədlə tədqiq olunmuş obyektlər və alınmış elmi məlumatlar tamamilə yenidir. Təcrübi tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, aşkar edilmiş yeni materiallar laylı quruluşa malik Van-der-Vaals fazalardır və ənənəvi yanaşmalarla onların bircinsli halda alınması mümkün deyil. Bu məqsədlə xüsusi sintez və termiki emal metodikası işlənmişdir.
2	Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq

	(tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sisteminə tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)
	(burada doldurmalı) Layihənin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınmış yeni maddə və materialların müəyyən qismi birgə tədqiqat üçün xarici kollaboratorlara (Rusiya – Moskva Dövlət Universiteti; İspaniya – Donostia Beynəlxalq Fizika Mərkəzi; Gürcüstan – Tbilisi Dövlət Universiteti) göndərilmişdir və ilk nəticələr bir necə məqalədə əks olunmuşdur. Alınmış yeni materialların qalan hissələri yaxın dövr ərzində həmin müəssisələrlə birgə tədqiq olunacaq və yüksək İmpakt Faktorlu beynəlxalq jurnallarda dərc olunacaq. Alınmış nəticələr Respublika ali məktəblərinin magistratura və doktorantura pillələrində müvafiq ixtisas kurslarında istifadə oluna bilər.

1. **Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri**

1	Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)
	(burada doldurmalı) Layihənin yerinə yetirilməsi kimyəvi materialşünaslıqda yeni istiqamətin – topoloji Dirak materialların kimyasının inkişafına ciddi töhvədir. Alınmış yeni materiallar xarici kollaboratorlarla birgə fiziki tədqiqatların yekunlaşmasından sonra konkret tətbiq sahəsi tapa bilər.

SİFARİŞÇİ:
Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri
Quliyeva Mülayim Sahib qızı

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri
Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il

AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: **Metal xalkogenidləri və pniktidləri əsasında yeni maqnit xassəli Dirak materiallarının axtarışı, dizaynı və tədqiqi**
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Babanlı Məhəmməd Baba oğlu**
Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/10/4-M-10**
Müqavilənin imzalanma tarixi: **30 mart 2023-cü il**
Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**
Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**
Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

№	Tamlıq dərəcəsi / Elmi məhsulun növü	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar	yoxdur		
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş	yoxdur		
2.	Məqalələr	26		
	həmçinin xarici nəşrlərdə	15		
3.	Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfras materiallarında	yoxdur		

4.	Məruzələrin tezisləri	5		
	həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	2		
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

№	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə	yoxdur		
2.	İxtira	yoxdur		
3.	Səmərələşdirici təklif	yoxdur		

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

№	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenar, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	XXIV International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia **(RCCT-2024), Ivanovo, 2024** *(konfrans)*	beynəlxalq	divar	2
2.	*X Всероссийская конференция с международным участием «Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах — ФАГРАН-2024», Воронеж, 2024 (konfrans)*	regional	divar	3

SİFARİŞÇİ:
Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri
Quliyeva Mülayim Sahib qızı

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri
Babanlı Məhəmməd Baba oğlu

_____
(imza)
“ __” _____ 2025-ci il