

“YARIMKEÇİRİCİLƏR FİZİKASI”

fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanının

PROQRAM

hazırlıq istiqaməti: **22 “FİZİKA”**

proqramın istiqaməti: **2220.01 - “YARIMKEÇİRİCİLƏR
FİZİKASI”**

Bakı – 2026

Yarımkeçiricilər fizikası fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanının proqramı
aşağıdakı müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır

Bakı Dövlət Universitetinin
Fizika fakültəsinin
Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının müdiri,
fizika elmləri doktoru, professor
Salmanov Vaqif Müseyib oğlu

Bakı Dövlət Universitetinin
Fizika fakültəsinin
Yarımkeçiricilər fizikası kafedrasının professoru,
fizika üzrə elmlər doktoru
Hüseynov Əli Həsən oğlu

MƏZMUNU

Ümumi qaydalar

Bölmə I. Elmi ixtisas üzrə fəlsəfə doktoru imtahanının hədəfləri və məqsədləri

Bölmə II. Fəlsəfə doktoru imtahanının verilməsi prosesində yoxlanan bacarıqlar

Bölmə III. Fəlsəfə doktoru imtahanı proqramının məzmunu

Fəsil 1. Maddələrin elektrik keçiriciliyinə görə təsnifatı. Kristal quruluşlar

Fəsil 2. Yarımkəçiricilərin texnologiyası

Fəsil 3. Yarımkəçiricilərin zona nəzəriyyəsi

Fəsil 4. Yarımkəçiricilərdə yükdaşıyıcıların statistikas

Fəsil 5. Yarımkəçiricilərdə kinetik effektlər

Fəsil 6. Yarımkəçiricilərdə qalvanomaqnit və termomaqnit effektlər

Fəsil 7. Yarımkəçiricilərdə fotoelektrik hadisələri

Fəsil 8. Yarımkəçiricilərin optik xassələri

Fəsil 9. Yarımkəçirici cihazlar

Bölmə IV. Tədris-metodik və informasiya təminatı

Bölmə V. Qiymətləndirmə meyarları

Bölmə VI. Fəlsəfə doktoru imtahanına hazırlaşmaq üçün nümunəvi sualların siyahısı

ÜMUMİ QAYDALAR

“Yarımkəçiricilər fizikası” fənni 22 - Fizika ixtisası, 2220.01 - “Yarımkəçiricilər fizikası” istiqaməti proqramı üzrə doktoranturada elmi-pedaqoji kadrlar hazırlığının variativ hissəsinə aid məcburi fəndir.

“Yarımkəçiricilər fizikası” fənninin öyrənilməsi bakalavr və magistr hazırlığı üzrə əsas təhsil proqramının mənimsənilməsi prosesində doktorantların yiyələndiyi biliklərin məcmusuna əsaslanır. Proqramın əsasını aşağıdakı fənlərin əsas müddəaları təşkil edir: “Yarımkəçirici materialşünaslıq”, “Yarımkəçiricilər fizikası”, “Yarımkəçiricilərin elektron nəzəriyyəsi”, “Yarımkəçirici cihazlar”, “Nazik təbəqələr fizikası”, “Yarımkəçiricilərin optik xassələri”, “Yarımkəçiricilərin fotoelektrik xassələri” “Yarımkəçirici çeviricilər”. Yarımkəçiricilər fizikası fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanına daxil edilmiş sualların mənimsənilməsinin nəticələri doktorantların elmi-tədqiqat və peşəkar fəaliyyətləri üçün həlledici əhəmiyyətə malikdir.

“Yarımkəçiricilər fizikası” fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanı tədris planında və təqvim tədris qrafikində müəyyən edilmiş müddətlərdə keçirilir.

“Yarımkəçiricilər fizikası” fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanı proqramında fəlsəfə doktoru imtahanının hədəfləri və məqsədləri, ona olan tələblər müəyyən edilmiş, fəlsəfə doktoru imtahanının məzmunu və qiymətləndirmə meyarları təsvir edilmişdir.

“Yarımkəçiricilər fizikası” fənni geniş erudisiyalı, fundamental elmi bazaya malik olan, elmi yaradıcılığın metodologiyası və müasir informasiya texnologiyaları barədə məlumatlı, müstəqil elmi-tədqiqat və elmi-pedaqoji fəaliyyətlə məşğul olmağı bacaran və buna hazır olan şəxsiyyətin formalaşmasına imkan yaradır.

I BÖLMƏ
ELMİ İXTİSAS ÜZRƏ FƏLSƏFƏ DOKTORU
İMTAHANININ HƏDƏFLƏRİ VƏ MƏQSƏDLƏRİ

2220.01 - “Yarımkeçiricilər fizikası” elmi ixtisası üzrə doktoranturada təhsil alanların hazırlığının hədəfi fizikanın müxtəlif sahələrində ali ixtisaslı kadrların hazırlanmasından, bu sahələrin elmi və elmi-pedaqoji kadrlarla, həmçinin praktiki-nəzəri analizin müasir elmi metodlarına yiyələnmiş yüksək ixtisaslı mütəxəssislərlə təmin etməkdən, doktorantın elmi ixtisas fənlərinin öyrənilməsinin yekunlarına əsasən onun bacarıqlarının səviyyəsini aşkar etməkdən və qiymətləndirməkdən ibarətdir.

Tədqiqatın məzmunu aşağıdakılardır: yarımkeçirici materialların və strukturların alınması və işlənməsi texnologiyasına yiyələnməsi, yarımkeçiricilərdə elektron hadisələrinin müxtəlif şəraitlərdə və geniş spektrlərdə müfəssəl öyrənilməsi nəticəsində materialların xassələrindəki xüsusiyyətlərin aşkar edilməsi və praktiki əhəmiyyətini müəyyən etməsi ilə onlar əsasında müxtəlif funksiyalı cihazların və qurğuların hazırlanması ideyalarını verməsi, yarımkeçiricilər elektronikasının aktual problemlərinin həlli istiqamətində yeni ideyaları və məsələləri həyata keçirmək məqsədilə özünəməxsus elmi istiqamətlərin formalaşdırılması, yarımkeçirici kristallarda, nazik təbəqələrdə və nanostrukturlarda (nanozərrəciklərdə, nanoborularda, nanotellərdə, 2D-ölçülü kristallarda və s.) müşahidə edilmiş elektron hadisələrinin yeni və ya tanınmış nəzəriyyələr bazalarında interpretasiyasının təqdim etməsi, fiziki prosesdə və onun ayrı-ayrı mərhələlərində müşahidə olunan qanunauyğunluqları müxtəlif tədqiqatların nəticələri ilə qarşılıqlı əlaqəli şəkildə təhlil edilməsi.

Tədqiqatın obykti aşağıdakılardır: yarımkeçirici kristallarda, nazik təbəqələrdə və nanostrukturlarda (nanozərrəciklərdə, nanoborularda, nanotellərdə, 2D-ölçülü kristallarda və s.) fiziki-kimyəvi analizlər aparılması və onların təhlili, nümunələrdə elektrik, fotoelektrik və optik xassələrin tədqiqində doktorantın eksperimentator və ya nəzəriyyəçi bacarıqlarını aşkar etmək məqsədilə istifadə

olunan metodoloji üsullar.

Elmi ixtisas üzrə fəlsəfə doktoru imtahanının hədəfi təhsil alanlar tərəfindən əsas ali təhsil proqramının - 22 - “Fizika” hazırlıq istiqaməti, 2220.01 - “Yarımkəçiricilər fizikası” istiqaməti üzrə doktoranturada elmi-pedaqoji kadrlar hazırlanması proqramının mənimsənilməsinin nəticələrinin Dövlət Ali Təhsil Standartlarının müvafiq tələblərinə nə dərəcədə uyğun olduğunu təyin etməkdir.

Elmi ixtisas üzrə fəlsəfə doktoru imtahanının məqsədləri:

– elmi ixtisas üzrə fəlsəfə doktoru imtahanına hazırlıq və fəlsəfə doktoru imtahanının verilməsi prosesində 22 - “Fizika” hazırlıq istiqaməti üzrə Dövlət Ali Təhsil Standartlarının tələbləri (ali ixtisaslı kadrların hazırlıq səviyyəsi) və təhsil alanların ali təhsil proqramının - doktoranturada elmi-pedaqoji kadrların hazırlanması proqramının mənimsənilməsi prosesində əldə etdikləri faktiki bilik, bacarıq və vərdişlər, o cümlədən tədqiqatı üzrə ümumi və xüsusi biliklər, səmərəli tədqiqatçılıq fəaliyyətinə aid biliklər və bacarıqlar arasında uyğunluğu təyin etmək;

– doktorantın yarımkəçiricilər fizikasının müasir dövrdə rolunu, nəzəri əsaslarını və tədqiqatının metodologiyasını, elektronikanın konseptual (fundamental) problemlərini, tədqiq edilən problemlərə əsas elmi yanaşmaları nə dərəcədə mənimsədiyini aşkar etmək;

– doktorantın nəzəri və tətbiqi xarakterli fizika problemlərini və proseslərini təhlil etmək, yeni və ya daha əvvəl məlum olan faktları, prosesləri və istiqamətləri dərk etmək, ümumi fiziki proseslərə xas olan sabit və təkrarlanan əlaqələri, fiziki proseslərin qanunauyğunluqlarını və getmə istiqamətlərini aşkar etmək, bu əsasda mövcud faktları və fiziki proseslərin molekulyar mexanizmlərini izah etmək, mahiyyətini anlamaq və öncədən görmək bacarığını qiymətləndirmək;

– doktorantın tədqiqat metodlarını müstəqil öyrənmək, müasir elmi nailiyyətləri tənqidi mövqedən təhlil etmək və qiymətləndirmək, tədqiqat və praktiki xarakterli məsələlərin həlli zamanı yeni ideyalar irəli sürmək, müxtəlif proseslərin təhlilində əsas problemləri seçmək, onların həlli yollarını və üsullarını modelləşdirmək qabiliyyətini qiymətləndirmək.

II BÖLMƏ

FƏLSƏFƏ DOKTORU İMTAHANININ VERİLMƏSİ PROSESİNDƏ YOXLANAN BACARIQLAR

Doktorantura proqramının ixtisas fənni üzrə fəlsəfə doktoru imtahanı aşağıda sadalanan **bacarıqların** üzə çıxarılmasına yönəldilmişdir:

Universal bacarıqlar:

– müasir elmi nailiyyətləri tənqidi mövqedən təhlil etmək və qiymətləndirmək, tədqiqat və praktiki xarakterli məsələlərin həlli zamanı, o cümlədən fənlərarası sahələrdə yeni ideyalar irəli sürmək qabiliyyəti;

Ümumi peşəkar bacarıqlar:

– müvafiq elm sahəsində müasir tədqiqat metodlarından və informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından istifadə etməklə müstəqil elmi-tədqiqat fəaliyyətini həyata keçirmək qabiliyyəti.

Peşəkar bacarıqlar:

– yarımkeçiricilər fizikası sahəsində nəzəri və eksperimental tədqiqatların metodologiyasının mənimsənilməsi;

– fiziki hadisələri keyfiyyətə və nəzəri cəhətdən əsaslandırmaqla kəmiyyətə təhlil etmək qabiliyyəti;

– yarımkeçiricilər fizikanın müxtəlif qanunauyğunluqlarının tədqiqatında fizika elminin nəzəri əsaslarından istifadə etmək qabiliyyəti.

Fəlsəfə doktoru imtahanında doktorant aşağıda sadalanan bilik, bacarıq və vərdişlərini nümayiş etdirməlidir:

biliklər:

- yarımkeçirici materialların fiziki-kimyəvi analiz üsullarının nəzəri əsasları;
- yarımkeçirici materialların və cihazların xassələrinin nəzəri və eksperimental tədqiqatda baza bilikləri;
- yarımkeçirici materialların və cihazların nəzəri və eksperimental tədqiqat üsulları;

- yarımkeçiricilər elektronikasnda istifadə olunan əsas maddələrin xarakteristikaları;

- yarımkeçiricilər elektronikasının müasir problemləri və onların həlli istiqamətində aparılan elmi-tədqiqatların məlumatları.

bacarıqlar:

- yarımkeçirici materiallarda və onların nanoquruluşlarında fiziki-kimyəvi analiz üsullarının tətbiq edilməsi;

- yarımkeçirici maddələrin alınması və müxtəlif quruluşlarının hazırlanması texnologiyasına yiyələnmək;

- yarımkeçirici materialların elektrik, fotoelektrik və optik xassələrini geniş spektrlərdə tədqiq etmək üsullarından istifadə etmək;

- tədqiqat və praktiki xarakterli xüsusiyyətlərin aşkar edilməsi zamanı mövcud nəzəriyyələr və innovasiya şəraiti əsasında ayrı-ayrı əməliyyatlar şəklində yeni ideyalar irəli sürmək;

- tədqiq olunan obyektlərdə müxtəlif şəraitlərdə müşahidə olunan təcrübi nəticələr əsasında qanunauyğunluqları aşkar etmək;

- fizika elminin öyrənilməsinə müasir metodoloji yanaşmaları tətbiq etmək, fizika elminin problemləri barədə əsaslandırılmış şəxsi fikrini bildirmək;

- elmi tədqiqat fəaliyyətin göstəricilərinin işlənilib hazırlanması və əsaslandırılması kimi analitik fəaliyyəti həyata keçirmək;

- tədqiqatların nəticələrini məntiqli şəkildə yazılı və şifahi formada tərtib etmək;

vərdişlər:

- tədqiqat və praktiki xarakterli məsələlərin həlli zamanı, o cümlədən fənlərarası sahələrdə yaranan metodoloji problemləri təhlil etmək;

- müasir elmi nailiyyətləri, o cümlədən fənlərarası sahələrdə tədqiqat və praktiki xarakterli məsələlərin həlli üzrə fəaliyyətin nəticələrini tənqidi mövqedən təhlil etmək və qiymətləndirmək;

- müstəqil nəzəri və eksperimental tədqiqat aparmaq qabiliyyəti;

- şifahi və yazılı nitqini məntiqi cəhətdən düzgün, əsaslandırılmış və aydın

şəkildə qurmaq; fənlərarası qarşılıqlı təsiri həyata keçirmək, tədqiqat məsələlərinin həlli üçün perspektivli nəzəri-metodoloji və elmi-praktik yanaşmaları inkişaf etdirmək qabiliyyəti;

- tədqiqat işinin müxtəlif metodları;

- yarımkeçiricilər fizikasının fundamental nəzəriyyəsi əsasında prosesin təhlilində müşahidə edilən qanunauyğunluqlarını nəzərə almaqla onları praktiki tətbiq etmək qabiliyyəti;

- fiziki biliyin alətləri;

- ən əhəmiyyətli statistik göstəricilərin qiymətləndirilməsi metodikası, fiziki hadisələrin xronoloji təhlili metodları;

- nəzəri və eksperimental xarakterli konsepsiyalarla praktiki iş vərdişlərinə, fiziki düşüncə mədəniyyətinə malik olmaq;

- yerli və xarici alimlərin ən əhəmiyyətli, konseptual işlərini qiymətləndirmə metodikası, fiziki konsepsiyalarla praktiki iş vərdişləri, fiziki düşüncə mədəniyyəti.

III BÖLMƏ

FƏLSƏFƏ DOKTORU

İMTAHANI PROQRAMININ MƏZMUNU

FƏSİL 1. Elektrik keçiriciliyinə görə maddələrin təsnifatı. Kristal quruluşlar

1.1. Maddələrin elektrik keçiriciliyinə görə təsnifatı. Maddələrin elektrik keçiriciliyinin qiymətinə və temperatur asılılığına görə təsnifatı. Yarımkəçiricilərin elektrik keçiriciliyinin və xüsusi müqavimətinin aldığı qiymətlər çoxluğu. Yarımkəçiricilərin elektrik keçiriciliyinin və xüsusi müqavimətinin temperatur asılılığının empirik və qrafik təsviri. Üzvi yarımkəçiricilər. Əsas yarımkəçirici maddələr. Bəsit yarımkəçiricilər: germanium, silisium, selen və tellur. Mürəkkəb yarımkəçiricilər. Binar və üçqat sistemlərin təsnifatı. A^2B^6 , A^3B^5 , A^3B^6 və $A^1B^3C_2^6$ digər sistemlər və bu sistemlərə daxil olan yarımkəçirici maddələr haqqında məlumat.

1.2. Kristal quruluşu və kristalların simmetriyası. Kristal və amorf maddələr. Kristal quruluşu və onun təsviri. Translyasiya vektorları. Elementar özək. sinqoniyalar və Bravye qəfəsləri. Koordinasiya ədədi. Sadə və mürəkkəb qəfəslər. Birölçülü, ikiölçülü və üçölçülü sadə və mürəkkəb qəfəslərə misallar. Tərs qəfəs anlayışı və tərs qəfəs vektoru. Miller indeksləri. Almazabənzər yarımkəçiricilər.

1.3. Kristallarda kimyəvi rabitə növləri. Kimyəvi rabitə növlərinin təsnifatı. Molekulyar rabitə. İon rabitəsi. İon rabitəsinin yaranma mexanizmi. Metallik rabitə. Kovalent rabitə. Kovalent rabitə və yarımkəçiricilik. Muzer-Pirson qaydası. Hidrogen rabitəsi haqqında anlayış.

1.4. Kristal quruluşda nöqtəvi və xətti defektlər. Şottki və Frenkel defektləri. Dislokasiyalar. Aşqarlı bəsit və mürəkkəb yarımkəçiricilər.

FƏSİL 2. Yarımkəçiricilərin texnologiyası

2.1. Yarımkəçirici materialların alınması texnologiyası. Zona əritmə üsulu

ilə materialların aşqarlardan təmizlənməsi. Kristalın yaranması və böyüməsi. Bridgmen-Stokbarger üsulu ilə monokristalın yetişdirilməsi. Sabit temperatur qradientində yavaş soyudulma üsulu ilə monokristalın yetişdirilməsi. Zona əritmə üsulu ilə monokristalın yetişdirilməsi. Qaz daşınması üsulu ilə monokristalın yetişdirilməsi.

2.2. Yarımkeçirici nazik təbəqələrin alınması. Vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə nazik təbəqələrin alınması. Molekulyar-şüa epitaksiyası. Lazer ablyasiyası. Qaz daşınması üsulu ilə nazik təbəqələrin alınması. Kimyəvi çökdürmə üsulu ilə nazik təbəqələrin alınması.

2.3. Yarımkeçirici nanostrukturaların alınması texnologiyası. SİLAR üsulu ilə nanozərrəciklərin alınması. Poliollu məhlullarda nanozərrəciklərin, nanoboruların və nanotellərin alınması. Nanoquruluşların analizi üsulları.

FƏSİL 3. Yarımkeçiricilərin zona nəzəriyyəsi

3.1. Kristal üçün Şredinger tənliyi. Adiabatik yaxınlaşma. Birelektronlu yaxınlaşma. Zəif rabitəli elektron yaxınlığı. İzenergetik səthlər.

3.2. Kristalda elektronun effektiv kütləsi və kvazi-impulsu. Güclü rabitəli (kvazi-bağlı) elektron yaxınlaşması. Güclü rabitəli elektronun bəzi xassələri. Zonalar modeli əsasında metal, yarımkeçirici və dielektriklərin bir-birindən fərqi.

3.3. Bəzi yarımkeçiricilərin zona quruluşu. Kristalda elektronun xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə hərəkəti. Lokal enerji səviyyələrinin elementar nəzəriyyəsi. Kvazi-zərrəciklər haqda anlayış.

FƏSİL 4. Yarımkeçiricilərdə yükdaşıyıcıların statistikasi. Fononlar

4.1. Kvant hallarının sıxlığı. Fermi-Dirak paylanma funksiyası. Elektron və deşiklərin konsentrasiyası. Kristalın elektrik neytrallığı tənliyi. Fermi səviyyəsinin temperaturdan asılılığı

4.2. Kristal qəfəsində atomların rəqsi. Bircins simdə birölçülü rəqslər. Birölçülü sadə kristalda rəqslər və dalğalar. Birölçülü mürəkkəb kristalda rəqslər və dalğalar. Birölçülü sadə kristal üçün normal koordinatlar. Üçölçülü mürəkkəb kristal qəfəsində atomların rəqsləri və dalğalar. Fonon qazı haqda anlayış. İzotrop kəsilməz elastik mühitdə rəqslər və dalğalar.

FƏSİL 5. Yarımkəçiricilərdə kinetik effektlər və yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmləri

5.1. Bolsmanın kinetik tənliyi. Relaksasiya müddəti. Elektrik cərəyanının və enerji selinin sıxlığı. Sadə zona quruluşu olan yarımkəçiricinin elektrik keçiriciliyi.

5.2. Səpilmənin effektiv kəsiyi. Relaksasiya müddətinin keçid ehtimalı və effektiv kəsiklə əlaqəsi. Kvant keçidləri haqda bəzi məlumat. Kinetik tənliyin tətbiq olunma həddü. İonlaşmış aşqar mərkəzlərindən səpilmə. Neytral aşqar mərkəzlərindən səpilmə. Dislokasiyalardan səpilmə.

5.3. Kristalın istilik rəqslərindən səpilmə (akustik fonon-lardan səpilmə). Optik fononlardan səpilmə. Bir neçə səpilmə mexanizmi eyni zamanda mövcud olan hal (ümumi hal). Yürüklüyün temperaturdan asılılığı. Elektrik keçiriciliyin temperaturdan asılılığı.

FƏSİL 6. Yarımkəçiricilərdə qalvanomaqnit, termoelektrik və termomaqnit effektlər

6.1. Xarici sahənin təsiri ilə yarımkəçiricilərdə baş verən kinetik effektlər. Qalvanomaqnit effektlər. Holl effekti. Maqnit sahəsində müqavimətin dəyişməsi (Qauss effekti).

6.2. Termoelektrik effektlər. Zeebek effekti, Peltje effekti, Tomson effekti. İstilikkeçirmə. Peltje və Tomson effektləri.

6.3. Termomaqnit effektləri. Nernst-Ettingshauzeneffektləri. Termomaqnit effektlərin izotermik şəraitində araşdırılması.

FƏSİL 7. Yarımkəçiricilərin optik xassələri

7.1. Məxsusi udulma. İcazə verilmiş düz keçidlər. Qadağan olunmuş düz keçidlər. Çəp keçidlərdə optik udulma. Eksiton udulması. Sərbəst eksiton. Bağlı eksiton.

7.2. Aşqar udulma. Işığın sərbəst yükdaşıyıcılar vasitəsilə udulması. Zonadaxili keçidlər. Qəfəs udulması. “İsti elektronlar” vasitəsi ilə optik udma.

7.3. Udma kənarının xarici faktorlardan asılılığı. Temperaturun udma kənarına təsiri. Elektrik sahəsinin udma kənarına təsiri. Ştark effekti. Frans-Keldış

effekti. Maqnit sahəsinin udma kənarına təsiri. Güclü aşqarlanmanın udma kənarına təsiri.

7.5. Qeyri-xətti optik hadisələr. Qeyri-xətti polyarlaşma. İkinci və üçüncü harmonikaların generasiyası. Parametrik işıq generatoru. Zonaların qeyri-xətti dolması. Çoxfotonlu udma hadisəsi. Optik bistabillik hadisəsi. Qeyri-xətti optik hadisələrin tətbiq sahələri.

FƏSİL 8. Yarımkeçiricilərdə fotoelektrik hadisələri

8.1. Fotokeçiriciliyin fenomenoloji təsviri. Tarazlıqda olan və olmayan yükdaşıyıcılar. Tarazlıqda olmayan keçiricilik. Tarazlıq keçiriciliyinin bəzi xarakteristikaları. Tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların enerjiyə görə paylanması. Tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların yaşama müddəti.

8.2. Stasionar fotokeçiriciliyin ölçmə üsulları. Sabit və modullaşmış işıqla ölçmə üsulları. Təcrübədən fotokeçiriciliyin hesablanması. Sabit sahə rejimi. Sabit cərəyan rejimi. Maksimal həssaslıq rejimi. Fotokeçiriciliyi ölçmək üçün istifadə olunan nümunələrin optimal ölçüləri.

FƏSİL 9. Yarımkeçirici quruluşlar və cihazlar

9.1. Metal-yarımkeçirici kontaktı. Yarımkeçiricilərdə termodinamik çıxış işi. Termoelektron emissiya. Metal-yarımkeçirici kontaktı. Xarici gərginlikdə Şottki baryerinin zona diaqramı. Şottki baryerində elektrik sahəsinin və potensialın paylanması. Şottki baryerinin volt-ampere xarakteristikası.

9.2. p-n keçid. İki müxtəlif tip keçiricilikli yarımkeçiricinin kontaktı. p-n keçidin həcmi yüklər oblastının eni və elektrik tutumu. p-n keçidin volt-ampere xarakteristikası (VAX). p -n keçidin dəşilməsi.

9.3. Yarımkeçirici diodlar. Düzləndirici diodlar. Stabiltronlar. Varikaplar. Tunel diodları. İmpuls diodları. Qann diodları.

9.4. Bipolyar tranzistorlar. Bipolyar tranzistorun ekvivalent sxemi. Tranzistorun statik xarakteristikaları. Tranzistorlar açarlı sxemlərdə. Dinistor və tiristorlar. Tiristorların volt-ampere xarakteristikası.

9.5. Sahəli yarımkeçirici tranzistorların iş prinsipi. İnduksiyalanmış kanalı MDY– tranzistor. Gücləndirici rejimdə MDY-tranzistorların parametrləri və xarakteristikaları. Açarlı rejimdə MDY-tranzistorun parametrləri. Yük rabitəli cihazlar (YRC).

9.6. Işıq diodları və işıq qəbulediciləri. Fundamental keçidlərdə şüalanma hadisəsi. Aşqar keçidlərində şüalanma rekombinasiyası. Yarımkeçirici lazerlərin işləmə prinsipi. Termorezistorlar. Fotorezistorlar. Fotodiodlar. Fototranzistorlar

IV BÖLMƏ
TƏDRİS-METODİK VƏ İNFORMASIYA TƏMİNATI
Əsas ədəbiyyat

1. Əsgərov B.M. Bərk cisimlər nəzəriyyəsi. BDU-nun nəşriyyatı, Bakı, 2001; 154 s.
2. Tahirov V.İ. Yarımkəçiricilər fizikasının əsasları, «Maarif» nəşriyyatı, Bakı, 1984, 326 s.
3. Hüseynov Ə.H. Yarımkəçirici cihazlar. «Müəllim» nəşriyyatı, Bakı, 2020, 332 s.
4. Cəfərov M.Ə. Materialşünaslığın əsasları və yarımkəçiricilərin texnologiyası. Dərs vəsaiti, Bakı, 2014, 286 s.
5. A.Q. Kazım-zadə, V.M.Salmanov, A.A.Salmanova, L.H.Həsənova – Yarımkəçirici opto-və fotoelektronika. “Bakı Universitet” nəşriyyatı, Bakı, 2013.
6. Abdinov A.Ş., Mehtiyev N.M. Optoelektronika, Bakı, “Maarif”, 2005, 410 s.

Əlavə ədəbiyyat

1. Зеегер К. Физика полупроводников. М., 1977. 616 с.
2. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х тт. М, Мир, 1984, 456 с.
3. М. С. Шур. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х тт. М., Мир, 1992, 294 с.;
4. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008, 488 с.
5. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. — 8-е издание, исправленное.. — М.: Лань, 2006. — 480 с.
6. Colinge, J.-P., Colinge, C.A. Physics of Semiconductor Devices. Springer, 2005, p. 436
7. Rudan, Massimo. Physics of Semiconductor Devices. Springer, 2014, p. 649/
8. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников. Москва, 2002, 376 с.

V BÖLMƏ

QIYMƏTLƏNDİRMƏ MEYARLARI

Metodik göstərişlər

Doktorantların 22 – “Fizika” hazırlıq istiqaməti, 2220.01 – “Yarımkeçiricilər fizikası” ixtisas fənni üzrə ali ixtisaslı kadrların hazırlanması üçün fəlsəfə doktoru imtahanı proqramı üzrə attestasiyası şifahi imtahan şəklində aparılır. Doktorantın fəlsəfə doktoru imtahanına hazırlığı “Yarımkeçiricilər fizikası” moduluna aid fənlər üzrə mühazirələr və praktiki məşğələlər dövründə, həmçinin auditoriyadankənar saatlarda müstəqil iş çərçivəsində həyata keçirilir.

Qiymətləndirmə meyarları. İmtahan zamanı doktorant proqrama daxil edilmiş suallara ətraflı cavab verməlidir. İmtahan komissiya əlavə suallar da verə bilər. Cavab zamanı doktorant sadalanan bilik, bacarıq və vərdişlərini nümayiş etdirməlidir:

- yarımkeçiricilər fizikasının metodlarına və eksperimental tədqiqat üsullarına aid biliklər; yarımkeçiricilər fizikasına aid tədqiqatların metodoloji xarakteristikaları; yarımkeçiricilər fizikası elminin nəzəri əsasları, tədqiqat məsələlərinin qoyuluşu üsulları, fiziki proseslərdəki qanunauyğunluqları;

- yarımkeçiricilər fizikasına aid tədqiqatların forma, metod və texnologiyalarının tətbiqi; fiziki proseslərdəki qanunauyğunluqlarının tədqiqatı zamanı yarımkeçiricilər fizikası elminin nəzəri əsaslarından istifadə edilməsi üzrə bacarıq və vərdişlər; nəzəri-praktik fəaliyyət göstəricilərinin işlənilib hazırlanması və əsaslandırılması kimi analitik fəaliyyəti həyata keçirmək, fiziki proseslərin və hadisələrin öyrənilməsinə müasir metodoloji yanaşmaları anlamağı və tətbiq etməyi, yarımkeçiricilər fizikası elminin problemlərinə dair əsaslandırılmış şəxsi fikrini ifadə etməyi bacarmaq, elmi-tədqiqat fəaliyyətinə aid məlumatların toplanmasını, təhlil olunmasını, analizini və təsnifatını həyata keçirə bilmək.

- baxılan sahədə yaranmış mövcud elmi-metodoloji yanaşmaları təhlil etmək, tədqiqatların metodologiyasının bu və ya digər məsələləri barədə şəxsi nöqteyi-nəzərini ifadə etmək və əsaslandırmaq qabiliyyəti.

Cavabın tamlığı təhsilin planlaşdırılan nəticələrinin qiymətləndirilməsi göstəricilərinə əsasən təyin edilir.

Elmi ixtisas üzrə fəlsəfə doktoru imtahanını qəbul edən imtahan komissiyasının üzvləri (qapalı iclasda açıq səsvermə yolu ilə) **aşağıdakı meyarları rəhbər tutaraq** imtahan verən şəxsin hər bir suala cavabını biliklərin qiymətləndirilməsi üçün beş ballıq sistem əsasında **5(“əla”), 4(“yaxşı”), 3(“kafi”) və ya 2(“qeyri-kafi”)** kimi qiymətləndirirlər. Mübahisəli vəziyyət yaranan halda imtahan komissiyasının Sədri həlledici səsə malikdir.

Ballar	Qiymətləndirmənin meyarları
1	2
5 (əla)	Doktorant anlayışlar aparatını dərinlən mənimsədiyini nümayiş etdirərək sualın məzmununu tam açıqlayır. Doktorant elmi ixtisas üzrə yerli və xarici doktrinalar, molekulyar elminin tarixi, aktual nəzəri problemlər, fizika üzrə ixtisasın müvafiq nomenklaturunun şifrinə daxil olan yanaşı elmi fənlər üzrə əsas elmi məktəblər və elmi əsərlər haqqında dərin biliklərə malik olduğunu, həmçinin dissertasiyanın mövzusuna və ona yaxın mövzulara aid ədəbiyyatla hərtərəfli tanış olduğunu göstərir. Doktorant ixtisasın konseptual problemləri üzrə müxtəlif doktrinal mövqeləri qiymətləndirməyi, həmçinin fənlərarası xarakterli mübahisəli problemlər haqqında öz fikirlərini əsaslandırmağı bacarır. Doktorant nəzəriyyəni, qanunvericiliyi və cari məsələləri tənqidi mövqedən qiymətləndirə bilir.
4 (yaxşı)	Doktorant zəruri anlayışlar aparatını mənimsədiyini nümayiş etdirərək sualın məzmununu açıqlayır. Doktorant elmi ixtisas üzrə yerli və xarici doktrinalar, molekulyar fizika elminin tarixi, aktual nəzəri problemlər, fizika üzrə ixtisasın müvafiq nomenklaturunun şifrinə daxil olan yanaşı elmi fənlər üzrə əsas elmi məktəblər və elmi əsərlər haqqında ümumi biliklərə malik olduğunu, həmçinin dissertasiyanın mövzusuna və ona yaxın mövzulara aid ədəbiyyatla kifayət qədər tanış olduğunu göstərir. Doktorant ixtisasın konseptual problemləri üzrə müxtəlif doktrinal mövqeləri qiymətləndirməyi, həmçinin fənlərarası xarakterli mübahisəli problemlər haqqında öz fikirlərini əsaslandırmağı bacarır. Doktorant nəzəriyyəni, qanunvericiliyi və cari məsələləri qiymətləndirə bilir.

3 (kafi)	Doktorant zəruri anlayışlar aparatını qismən mənimsədiyini nümayiş etdirərək sualın məzmununu əsasən açıqlayır. Doktorant elmi ixtisas üzrə yerli və xarici doktrinalar, molekulyar fizika elminin tarixi, aktual nəzəri problemlər, fizika üzrə ixtisasın müvafiq nomenklaturunun şifrinə daxil olan yanaşı elmi fənlər üzrə ayrı-ayrı elmi məktəblər və elmi əsərlər haqqında ümumi biliklərə malik olduğunu, həmçinin dissertasiyanın mövzusuna və ona yaxın mövzulara aid ədəbiyyatla yarımçıq tanış olduğunu göstərir. Doktorant ixtisasın konseptual problemləri üzrə müxtəlif doktrinal mövqeləri lazımınca qiymətləndirməyi, həmçinin fənlərarası xarakterli mübahisəli problemlər haqqında öz fikirlərini əsaslandırmağı bacarmır. Doktorant nəzəriyyəni, qanunvericiliyi və cari məsələləri qiymətləndirməkdə çətinlik çəkir.
2 (qeyri-kafi)	Doktorant sualın məzmununu kifayət qədər açıqlamır və anlayışlar aparatını mənimsədiyini nümayiş etdirə bilmir. Doktorant elmi ixtisas üzrə yerli və xarici doktrinalar, molekulyar fizika elminin tarixi, aktual nəzəri problemlər, fizika üzrə ixtisasın müvafiq nomenklaturunun şifrinə daxil olan yanaşı elmi fənlər üzrə ayrı-ayrı elmi məktəblər və elmi əsərlər haqqında minimum biliklərə malik olduğunu, həmçinin dissertasiyanın mövzusuna və ona yaxın mövzulara aid ədəbiyyatla minimum tanış olduğunu göstərir. Doktorant ixtisasın konseptual problemləri üzrə müxtəlif doktrinal mövqeləri qiymətləndirməyi, həmçinin fənlərarası xarakterli mübahisəli problemlər haqqında öz fikirlərini əsaslandırmağı bacarmır. Doktorant nəzəriyyəni, qanunvericiliyi və cari məsələləri qiymətləndirə bilmir.

VI BÖLMƏ
FƏLSƏFƏ DOKTORU İMTAHANINA HAZIRLAŞMAQ ÜÇÜN
NÜMUNƏVİ SUALLARIN SİYAHISI

1. Maddələrin elektrik keçiriciliyinin qiymətinə və temperatur asılılığına görə təsnifatı.
2. Bərk cisimlərin elektrik keçiriciliyinin elektron nəzəriyyəsi.
3. Drude-Lorens modeli.
4. Sərbəst qaçış yolunun və müddətinin paylanma funksiyası.
5. Sadə və mürəkkəb kristal qəfəslər.
6. Kristallik sistemlər.
7. Bravə qəfəsləri.
8. Kristalda müstəvilərin və istiqamətlərin göstərilməsi.
9. Miller indeksləri
10. Tərs kristal qəfəs.
11. İnterferensiya şərti və onun tərs qəfəs vektoru ilə əlaqəsi.
12. Yarımkeçiricilərin keçiriciliyi haqqında model təsəvvürlər. Deşiklər haqqında anlayış.
13. Yarımkeçiricilərdə aşqar keçiricilik.
14. Kristal üçün Şredinger tənliyi.
15. Adiabatik yaxınlaşma.
16. Born-Oppenheymer yaxınlaşması.
17. Birelektronlu yaxınlaşma.
18. Hartri-Fok metodu.
19. Kristal qəfəsin periodik sahəsi.
20. Blox dalğası.
21. Kvaziimpuls.
22. Elektronun effektiv kütləsi.
23. Sürətlə kvaziimpuls arasında əlaqə.
24. Kristalda elektronun dalğa vektorunun xassələri.
25. Brillyüen zonaları.
26. Kvazisərbəst (zəif rabitəli) elektron yaxınlaşması.
27. Kvazibağlı (güclü rabitəli) elektron yaxınlaşması.
28. Xarici sahələrin kristalın enerji spektrinə təsiri (effektiv kütlə metodu).
29. Lokal və aşqar səviyyələrin elementar nəzəriyyəsi.
30. Səth halları.
31. Tamm səviyyələri.
32. Pauli prinsipi. Metal, yarımkeçirici və dielektrik anlayışları.
33. Bəzi yarımkeçiricilərin zona quruluşu.
34. Kvazi-zərrəciklər haqqında anlayış.
35. Elektronların hallara görə paylanma funksiyası. Fiziki kəmiyyətlərin orta qiyməti.
36. Hal sıxlığı.

37. Kvant hallarının sayı.
38. Elektron və dəşiklərin konsentrasiyası.
39. Elektroneytrallıq tənliyi.
40. Fermi səviyyəsinin temperaturdan asılılığı.
41. Məxsusi yarımkeçirici.
42. Fermi səviyyəsinin temperatur asılılığı.
43. Bir növ aşqarı olan yarımkeçirici.
44. Donor tipli aşqarı olan yarımkeçirici.
45. Akseptor tipli aşqarı olan yarımkeçirici.
46. Bolsmanın kinetik tənliyi.
47. Relaksasiya müddəti.
48. Elektrik cərəyanının və enerji selinin sıxlığı.
49. Sadə zona quruluşlu yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyi.
50. Qalvanomaqnit effektlər.
51. Termomaqnit effektlər.
52. Termoelektrik effektlər.
53. Tenzorezistiv effekt. Tenzohəssaslıq.
54. Qann effekti.
55. Səpilmənin effektiv kəsiyi.
56. İonlaşmış aşqar mərkəzlərindən səpilmə.
57. Neytral aşqar atomlarından səpilmə.
58. Dislokasiyalardan səpilmə.
59. Kristalın istilik rəqslərindən (akustik fononlardan) səpilmə.
60. Optik fononlardan səpilmə.
61. Yarımkeçiricilərin təsnifatı
62. Yarımkeçiricilərin elektrikkeçiriciliyi
63. Optik sabitlər, sındırma əmsalı
64. Udma əmsalı
65. Buraxma əmsalı
66. Kramers –Kroniq münasibəti
67. Yarımkeçiricilərdə optik udma mexanizmləri. Məxsusi udma
68. Düz optik keçidlər
69. Çəp optik keçidlər
70. Eksiton udulması
71. Aşqar udulma
72. Işığın sərbəst yükdaşıyıcılar vasitəsilə udulması
73. Xarici amillərin udma prosesinə təsiri. Təzyiqin udma kənarına təsiri
74. Temperaturun udma kənarına təsiri
75. Elektrik sahəsinin udma kənarına təsiri (Frans-Keldiş effekti)
76. Güclü aşqarlanmanın udma kənarına təsiri (Burşteyn-Moss effekti)
77. Yarımkeçiricilərdə lüminessensiya hadisəsi. Van Ruzbreq-Şokli münasibəti
78. Şüalanmanın effektivliyi. Konfigurasiya diaqramı
79. Fundamental keçidlərdə şüalanma hadisəsi

80. Aşqar keçidlərdə şüalanma rekombinasiyası
81. Optik kvant generatorları (lazerlər). Mənfi udulma
82. Səviyyələrin invers məskunlaşması. Üçsəviyyəli sistem vasitəsilə işığın gücləndirilməsi
83. Bərk cisim (yaqut və neodim) lazerləri
84. Yarımkəçirici lazerlər
85. Qaz lazerləri
86. Lazer şüalanmasının xassələri
87. Yarımkəçiricilər yüksək optik həyəcanlaşmada. Qeyri-xətti polyarlaşma
88. Yarımkəçiricilərdə harmonikaların generasiyası
89. Yarımkəçiricilərdə zonaların qeyri-xətti dolması
90. Yarımkəçiricilərdə çoxfotonlu udma hadisəsi
91. Qeyri-xətti optik hadisələrin tətbiq sahələri
92. Yarımkəçiricilərdə fotokeçiricilik hadisəsi. Tarazlıqda olmayan keçiricilik
93. Tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların yaşama müddəti
94. Tarazlıqda olmayan keçiriciliyin relaksasiya əyriləri. Xətti və kvadratik relaksasiya.
95. Stasionar fotokeçiriciliyin ölçmə üsulları. Sabit və modullaşmış işıqla ölçmə üsulları
96. Fotokeçiriciliyin təcrübədən hesablanması. Sabit sahə rejimi. Sabit cərəyan rejimi
97. Aşqar fotokeçiriciliyi və onun əsas xüsusiyyətləri
98. Qeyri bircins yarımkəçiricilər. p-n keçid
99. Heterokeçid
100. Fotodiod və onun əsas xarakteristikaları (volt-amper, spektral, ...)