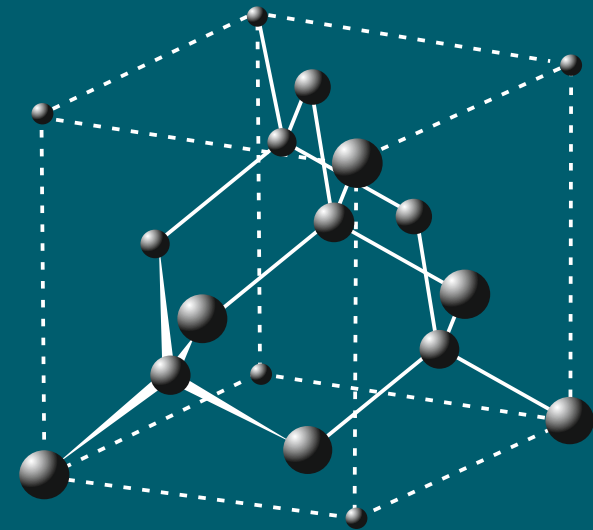




M.M.MAHMUDOV | BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASININ SEÇMƏ MƏSƏLƏLƏRİ

M.M.MAHMUDOV

BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASININ SEÇMƏ MƏSƏLƏLƏRİ



M.M.MAHMUDOV

**BƏRK CİSİMLƏR
FİZİKASININ SEÇMƏ
MƏSƏLƏLƏRİ**

(həlli ilə)

Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti

*Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirinin 09 fevral 2012-ci il tarixli
190 sayılı əmri ilə təsdiq edilmişdir*

“Bakı Universiteti” nəşriyyatı

BAKİ - 2012

Kitaba rəy verənlər: *Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor E.M.Qocayev*

*Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor H.S.Orucov*

*Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor S.R.Fiqarova*

Elmi redaktor: *Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor T.H.İsmayilov*

M.M.Mahmudov

Bərk cisimlər fizikasının seçmə məsələləri (həlli ilə).

Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. Bakı: "Bakı Universiteti" nəşriyyatı, 2012, 372 səh., şəkilli.

Ali məktəb tələbələrinin diqqətinə təqdim olunan bu dərs vəsaitinin məqsədi bərk cisimlər fizikası sahəsində nəzəri bilikləri möhkəmləndirmək üçün predmetin müxtəlif bölmələrini əhatə edən xarakteristik məsələlərin həll metodlarını izah etməkdir. Bu baxımdan məşğələ dərsləri üçün nəzərdə tutulan bu vəsait bərk cisimlər fizikası fənninə aid məsələlərin şərhli həlli vasitəsilə mənimsənilməsində və bununla da həmin fənnin öyrənilməsinə tələbələrin marağının daha da artırılmasında yardımçı ola bilər.

Kitab Universitetlərin fizika fakültələrinin yuxarı kurs bakalavr və magistrantları üçün nəzərdə tutulmuşdur. Eyni zamanda bu kitab doktorantlar və elmi işçilər üçün də faydalı ola bilər.

$$M \frac{1604110000 - 68}{658(07) - 0302} - 2012$$

© *Mahmudov Mehdi Müqabil oğlu, 2012*

© *"Bakı Universiteti" nəşriyyatı, 2012*

ÖN SÖZ

Universitetlərin bakalavr və magistr proqramına daxil edilmiş bərk cisimlər fizikasının, o cümlədən bərk cisimlər nəzəriyyəsinin müstəqil bir kurs kimi ali məktəblərdə tədris olunan fənlər içərisində xüsusi yeri var. Bu kursda qoyulan və həll edilən problemlər real həyatı olan məsələlər - praktikada istifadə olunan makroskopik sistemlərin fiziki xassələrinin öyrənilməsi məsələləridir.

Bərk cisimlər fizikasının inkişaf dövrü XX əsrin əvvəllərində rentgen şüalarının difraksiyasının kəşfindən başlamışdır. Sonralar kvant mexanikasının və statistik fizikanın formalaşması və yeni sinif maddələrin - yarımkeçiricilərin tapılması, onların fiziki xassələrinin öyrənilməsi, ifratkeçiriciliyin mikroskopik nəzəriyyəsinin qurulması XX əsrin ortalarında bərk cisimlərin nəzəri və eksperimental tədqiqini daha da intensivləşdirmişdir. XXI əsrdə isə elmi-texniki tərəqqinin nailiyyətlərini bərk cisimlər fizikası olmadan təssəvür etmək mümkün deyil. Bərk cisimlər fizikası metallar, yarımkeçiricilər, dielektriklər fizikasının, bundan başqa mikroelektronika, optoelektronika, nanoelektronika, nanomateriallar və s. kimi müasir fizikanın müxtəlif sahələrinin inkişafında müstəsna rol oynayır. Belə ki, bərk cisimlər, fiziki xassələrinin müxtəlifliyi və unikallığına görə qeyd olunan sahələrdə geniş tətbiq olunurlar. Digər tərəfdən ayrı-ayrı elm və sənaye sahələrinin inkişafı da bərk cisimlər fizikasında yeni nəzəri və praktiki nailiyyətlərin əldə olunmasına təkan verir. Buradan həmin kursun öyrənilməsinin nə dərəcədə vacib və əhəmiyyətli olması aydın olur. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, bərk cisimlər fizikası kursu ilə bağlı mövcud olan ədəbiyyat əsasən fənnin nəzəri problemlərini əhatə edir. Ali məktəb tələbələrinin bu kursu öyrənərkən nəzəri biliklərini möhkəmləndirmək üçün səciyyəvi məsələlərin seçilməsi və onların həlli

metodlarının izah edilməsi isə vacib meyarlardan biridir. Bu baxımdan məşğələ dərsləri üçün nəzərdə tutulan bu dərslər vəsaitinin məqsədi bərk cisimlər fizikası fənninin məhz müxtəlif sahələrini əhatə edən məsələlərin həlli vasitəsilə mənimsənilməsində və bununla da həmin fənnin öyrənilməsinə tələbələrin marağının daha da artırılmasında yardımçı olmaqdır. Belə bir dərslər vəsaitinin Azərbaycan dilində olması həm bakalavr, həm də magistr təhsil pilləsində oxuyan tələbələr üçün vacibdir.

Dərslər vəsaitinə daxil edilmiş praktiki məsələlər bərk cisimlər fizikası kursunun tədris olunduğu ali məktəblərin bakalavr və magistr proqramlarına uyğun seçilərək tərtib edilmiş və həmin proqramlarda öyrənilməsi nəzərdə tutulan nəzəri materiallara uyğun məsələləri, demək olar ki, tam əhatə edir. Burada bərk cisimlər fizikasının bir çox vacib bölmələrini əhatə edən keyfiyyət və kəmiyyət xarakterli məsələlər ciddi riyazi metodlardan istifadə edilməklə şərhli həll edilmişdir. Kitab *on* bölmə və *doqquz* əlavədən ibarətdir.

Kristalloqrafiyanın əsaslarını əhatə edən məsələlər və onların həllinə dərslər vəsaitinin *birinci* bölməsi həsr edilmişdir. Belə ki, bu bölmədə həll edilmiş məsələlər kristallik bərk cisimlərin həndəsi quruluşu, kristalların simmetriya elementləri, kristal qəfəs, kristallik quruluş, sadə və mürəkkəb qəfəslər, elementar özək, Brav qəfəsləri, sinqoniyalar, düz və tərs qəfəslər, tərs qəfəs haqqında teoremlər, kristallik bərk cisimlərdə simmetriya müstəvilərinin vəziyyəti və oxların istiqaməti, Miller indeksləri kimi mövzuları əhatə edir.

Kitabın *ikinci* bölməsindəki məsələlər kristallik bərk cisimlərin quruluşunun öyrənilməsində əvəzsiz rol oynayan rentgen şüalarının difraksiyası mövzusunə aiddir. Burada əsasən, Bragg-Vulf qanunu, Laue tənliyi, rentgen şüalarının səpilməsinin atom və struktur faktoruna aid məsələlər həll edilmişdir.

Kristallik bərk cisimlərdə atomlar və ionlar arasındakı kimyəvi rabitənin növləri və qarşılıqlı təsir qüvvələrinin təbiəti mövzusu əhatə edən məsələlər *üçüncü* bölmədə verilmişdir. Həlli verilmiş məsələlər, kristal qəfəsindəki zərrəciklər arasında qarşılıqlı təsir qüvvələrinin xarakteri, ion rabitəsi, ion kristalları üçün Evyen metodu və Madelung sabitinin hesablanması, Qryuneyzen-Mi qanunu, ionların

radiusu, Van-der-Vaals rabitəsi, metallik rabitə, kristal qəfəsin rabitə enerjisinin hesablanması ilə bağlı məsələlərdir.

Kristal qəfəsin dinamikası və bərk cisimlərin istilik xassələrinə həsr olunmuş məsələlərə *dördüncü* bölmədə baxılmışdır. Burada birölçülü sadə və mürəkkəb qəfəsdə rəqslər və dalğalar, akustik və optik rəqslər, qəfəsdə yayılan elastiki dalğaların faza və qrup sürətlərinin təyini, rəqs saylarının sıxlığı, normal rəqslər, kristal qəfəsin rəqslərinin kvantlanması, fononların statistikası, birölçülü, ikiölçülü və üçölçülü kristal qəfəsin tam enerjisi və istilik tutumu, istilik tutumunun klassik və kvant nəzəriyyəsi, bərk cisimlərin termodinamik əmsalları və onlar arasında olan əlaqələr mövzusunda məsələlərin şərhli həlli verilmişdir.

Bərk cisimlərin zona nəzəriyyəsi, Fermi səthi, Brillüen zonası, Blox dalğa funksiyası və Blox vuruğu, metalların elektron nəzəriyyəsi, kristallik bərk cisimlərin elektrik xassələri, sərbəst elektronların klassik və kvant nəzəriyyəsi, elektronların hərəkətinin dinamikası, effektiv kütlə və hal sıxlığı funksiyası, elektron qazının statistikası, termoelektron emissiya hadisəsi və Riçardson - Deşman düsturunun tətbiqi, elektronların dreyf sürəti və dreyf yüklüklüyünün, elektrikkeçirmə və istilikkeçirmə əmsallarının hesablanması, Videman-Frans qanunu, releksasiya müddətinin təyini, Holl hadisəsi, ifratkeçiricilik və onun tətbiqləri kimi mövzuları əhatə edən məsələlərin həllinə dərslər vəsaitinin *beşinci*, *altıncı* və *yeddinci* bölmələrində baxılmışdır.

Yarımkeçirici bərk cisimlər və onların fiziki xassələrinə həsr olunmuş *səkkizinci* bölmədə, məxsusi və aşqar keçiriciliyə malik yarımkeçiricilər, qadağan olunmuş zonanın eni, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, yarımkeçiricilərdə kinetik hadisələr mövzusunə aid məsələlərin həlli öz əksini tapmışdır.

Vəsaitin *doqquzuncu* bölməsində kristallik bərk cisimlərin dielektrik xassələrini əhatə edən məsələlərə yer verilmişdir. Bu bölmədə əsasən bərk cisimlərin dielektrik nüfuzluğu və müxtəlif polyarizasiya mexanizmləri, dielektrik tənlikləri, piroelektrik effekti, dielektriklərin elektroelastiki və termodinamik xassələri, polyarlaşmış dielektriklərdə relaksasiya kimi mövzulara həsr olunmuş məsələlərin izahlı həlli göstərilmişdir.

Kristallik bərk cisimlərin maqnit xassələrinə aid olan məsələlər vəsaitin *onuncu* bölməsində geniş əhatə olunur. Bölmədə bərk cisimlərin diamaqnit, paramaqnit və ferromaqnit xassələri, diamaqnetiklər və paramaqnetiklər üçün Lanjeven düsturu, Küri qanunu, paramaqnetizmin kvant nəzəriyyəsi, ferromaqnetizm, maqnit rezonansları kimi mövzuları əhatə edən məsələlər nəzəri cəhətdən şərh edilərək həll olunmuşlar.

Məsələlərin həlli prosesində tələbələrin istifadə edə biləcəyi bir sıra fiziki məlumatlar kitabın sonunda olan əlavələrdə göstərilmişdir. Burada bəzi universal fiziki sabitlər və çevirmə əmsalları, elementar kubik quruluşlar haqqında müəyyən məlumatlar, ion kristallarının və metalların bəzi xassələri, ifratkeçiricilər üçün böhran temperaturları və böhran maqnit sahələrinin qiymətləri, bəzi yarımkeçiricilərin fiziki xarakteristikaları, təsirsiz qazlardakı atomların və qələvi-haloid birləşmələrindəki ionların maqnit qavrayıcılığı, bərk cisimlər fizikasında rast gəlinən müəyyən integrallar, Yakobian və onun xassələri verilmişdir.

Kitabın yazılması və nəşrə hazırlanması zamanı öz qeydləri və dəyərli məsləhətləri ilə onun səviyyəsinin yüksəlməsinə kömək etmiş AMEA-nın akademiki B.M.Əsgərova dərin minnətdarlığımı bildirirəm. Dərs vəsaitinin tərtibi və redaktəsi prosesində bir çox məsələlərin müzakirəsində yaxından iştirakına görə prof. T.H.İsmayılova, o cümlədən kitabın rəyçiləri prof. S.R.Fiqarova, prof. E.M.Qocayev və prof. H.S.Orucova təşəkkür edirəm. Eyni zamanda, kitabın işıq üzü görməsində əməyi olan Bakı Dövlət Universitetinin “Bərk cisimlər fizikası” kafedrasının hər bir əməkdaşına öz təşəkkürümü bildirirəm.

Bütün kitab nəşrlərində olduğu kimi, yəqin ki, bu dərs vəsaiti də nöqsansız deyil. Müəllif oxucular tərəfindən kitabı təkmilləşdirmək istiqamətində göstərilən iradları və edilən təklifləri böyük razılıq və minnətdarlıqla mmm@bsu.az ünvanında qəbul etməyə hazırdır.

M.M.Mahmudov

MÜNDƏRİCAT

	Ön söz	3
I BÖLMƏ	Kristalloqrafiyanın əsasları	7
II BÖLMƏ	Kristal qəfəsdə rentgen şüalarının difraksiyası	59
III BÖLMƏ	Kristal qəfəsin rabitə enerjisi	71
IV BÖLMƏ	Kristal qəfəsin dinamikası. Bərk cisimlərin istilik xassələri	115
V BÖLMƏ	Bərk cisimlərin zona nəzəriyyəsi.....	163
VI BÖLMƏ	Metalların elektron nəzəriyyəsi	173
VII BÖLMƏ	Bərk cisimlərin elektrik xassələri	207
VIII BÖLMƏ	Yarımkeçiricilərin fiziki xassələri	247
IX BÖLMƏ	Bərk cisimlərin dielektrik xassələri	288
X BÖLMƏ	Bərk cisimlərin maqnit xassələri	312
	Əlavələr	353
	Ədəbiyyat	369

Nəşriyyat redaktoru: M.Qədimova
Kompüter tərtibatı: A.İmanova

Mahmudov Mehdi Müqabil oğlu

**BƏRK CİSİMLƏR FİZİKASININ
SEÇMƏ MƏSƏLƏLƏRİ**
(həlli ilə)

Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti

Çapa imzalanıb 21.02.2012.
Format 60x84 $\frac{1}{16}$. Həcmi 23,25 ç.v.
Sifariş №77. Tiraj 500 nüsxə.

“Bakı Universiteti” nəşriyyatı
AZ1148, Bakı, Z.Xəlilov küç. 23.