

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРУУ ЖАНА
ИННОВАЦИЯЛАР МИНИСТРЛИГИ
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

МАКУЛДАШЫЛДЫ
МФТИТИнин методикалык кеңешинин төрайымы

ф.-м.и.к., доцент  Н. Абдирайимова

№1 протокол, 3.09. 2025

БЕКИТИЛДИ
ЭТФ кафедрасынын 2025-жылдын
3-сентябрында өткөрүлгөн №1 протоколунда
Каф. башч., доцент  М.Ч.Осконбаев

**“КАТУУ ТЕЛОЛОРДУН ФИЗИКАСЫ ЖАНА КРИСТАЛЛОГРАФИЯ”
ДИСЦИПЛИНАСЫ БОЮНЧА 550200 – “ФИЗИКА-МАТЕМАТИКАЛЫК
БИЛИМ БЕРУУ” БАГЫТЫНЫН “ФИЗИКА” АДИСТИГИНИН КҮНДҮЗГҮ
ОКУУ БӨЛҮМҮНҮН СТУДЕНТТЕРИ ҮЧҮН**

ОКУУ МЕТОДИКАЛЫК КОМПЛЕКС

Окуу методикалык комплекс КРдин МББСнын, ОшМУнун №19 бюллетенинин жана
550200 – “физика-математикалык билим беруу” багытынын “Физика” НББПнын
негизинде түзүлгөн.

Түзгөн



доцент М.Ч.Осконбаев.

Ош - 2026

МАЗМУНУ

1. Дисциплинанын аннотациясы.....	3
2. Окутуучунун анкетасы.....	5
3. Окутуу программасы (Силлабус)	6
4. Сырткы жана ички сын пикирлер.....	11
5. Лекциялык жана лабораториялык сабактардын календарлык пландары..	13
6. СӨАИ уюштурунун абалы	14
7. Окуу ресурстары.....	15
8. БКФ.....	17
9. Глоссарий	38
10. Лекциялык материалдар.....	41
11. Тесттер.....	72

I. ДИСЦИПЛИНАНЫН АННОТАЦИЯ

Дисциплинанын коду/шифри	550200
Дисциплинанын аталышы	Катуу телолордун физикасы жана кристаллография
Дисциплинанын көлөмү кредиттик бирдик менен	5 кредит
Окуу жылы, семестри	6-семестр
Дисциплинанын максаты	«Катуу телолордун физикасы жана кристаллографиясы» предметинин негизги максаты, студенттерге катуу заттардын ички түзүлүшүн түшүндүрүү, байланыштын түрлөрүн кристаллдык торчолордогу атом же иондордун жайгашуусу менен элестүү берүү, электрдик, магниттик, оптикалык жана жылуулук касиеттерин классикалык жана кванттык теория менен түшүндүрүү, катуу телолорду изилдөөнүн усулдарын, дефектер жана аларды классификациялоону жана практикада колдонулуш жагдайларын так аныктоо болуп эсептелет.
Дисциплинанын пререквизиттери	Жалпы курс физикасы, Механика, Динамика, Оптика, Молекулярдык физика
Дисциплинанын со-реквизиттери	Статистикалык физика. Электродинамика жана атайын салыштырмалуулук теориясы
Дисциплинанын постреквизиттери	Кванттык механика. Кванттык электродинамика
Курстун НББПдагы орду жана калыптандыруучу компетенциялары	”КТФ и кристаллография” дисциплинасы 550200 «Физика-математикалык билим берүү» багытынын «Физика» профили тармагындагы бакалаврларды теориялык жана практикалык жактан даярдоону камсыз кылуучу НББПнын жалпы кесиптик дисциплиналар циклынын базалык бөлүгүнө (Б.3.1) кирет. ОК-1, ОПК-5, ПК -9
Дисциплинаны окутуунун натыйжалары	ОН-1, ОН-8, ОН-9
Баалоо каражаттары	СОАИ учун тузулгон, материал, тест, суроолордун топтому, видеоматериалдар
2-3 негизги окуу китептерин көрсөтүү менен колдонулган адабияттардын саны	<ol style="list-style-type: none"> 1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М. Высшая школа. 1985г. 2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М. «Наука» 1978г. 3. Анималу А. «Кватовая теория кристаллических твердых тел» М., «Мир» 1981г. 4. Ансельм А.И. «Введение в теорию полупроводников» М., «Наука» 1962 и 1978г. 5. Ашкрофт Н. и Мермин Н. «Физика твердого тела» М., «Просвещение» 1966г. 6. Свирский М.С. «Электронная теория вещества» М., «Просвещение» 1966г.

	<p>7. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. М., «Высшая школа» 1986г.</p> <p>8. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М., Высшая школа. 1977г.</p>
<p>Дисциплинанын кыскача мазмуну</p>	<p>Атомдук жана молекулалар аралык аракеттенишүүлөр. Жылуулук кыймылы. Адиабаттык жакындаштыруу. Кристаллдык торчонун трансляциялык симметриясы. Бравэнин торчолору. Гармоникалык жакындаштыруу. Термелүүнүн квантталуусу. Фонондордун энергетикалык спектри. Акустикалык жана оптикалык фонондор. Кристаллдык торчонун жылуулук сыйымдуулугу. Эйнштейн жана Дебайдын модели. Кристаллдардын зоналык теориясы. Кристаллдык торчонун талаасындагы электрон. Блохтун теоремасы. Күчтүү жана начар байланыштардын жакындаштыруусу. Энергетикалык зоналар ичиндеги электрондун квантык абалдагы бөлүштүрүлүшү. Металлдардын өткөрүмдүүлүк теориясы. Термоэлектрдик кубулуштар. Пельтенин, Зеебектин жана Томсондун закондору. Заттардын магниттик касиеттери. Пара жана диамагнеттүүлүк. Магниттик иреттүүлүк. Алмашып аракеттенишүү Гейзенбергтин модели. Кристаллдарды изилдөөнүн оптикалык методдору Кристаллдарды изилдөөнүн эксперименталдык методдору. Катуу телолордогу дефектер. Дефектерди классификациялоо. Катуу телолордогу лазерлер. Катуу телолордун илим жана техникадагы колдонулушу.</p>
<p>Окутуучунун аты-жөнү</p>	<p>Осконбаев Маралбек Чотоевич</p>

I. ОКУТУУЧУНУН АНКЕТАСЫ

Окутуучунун аты-жөнү	Осконбаев Маралбек Чотоевич
Дисциплинанын аталышы	КТФ жана кристаллография
Кызматы жана наамы	ЭТФ кафедрасынын башчысы, ф.-м.и.к., доцент
Базалык билими	Физик
Башка мекемелерде айкалыштырып иштөөсү	Жок
Предметтик жана ага байланыштуу тармактардагы академиялык же өндүрүштүк тажрыйбасы	Студенттер үчүн ар дайым катуу телолордун физикасы боюнча консультант жана илимий жетекчи болууга даяр
Коомдук иштери	ОшМУнун жана Ош шаарынын иш чараларынын комузчу, манасчы катары активдуу катышуучусу
Предметтик жана ага байланыштуу тармактардагы илим-изилдөө ишмердүүлүгү	КТФ боюнча 2 СКОПУСтан 60 дан ашык РИНЦден илимий макалалары жарык көргөн.
Илимий жана кесиптик коомчулуктагы мүчөлүгү	Конденсацияланган заттардын физикасы боюнча кандидаттык диссертацияны коргоочу адистешкен илимий кенештин чет элдик мүчөсү (Өзбек республикасы)
Жарык көргөн эмгектери (акыркы 3 жылдагы)	https://base.ohsu.kg/resurs/document/PDF-20250403055734-belek.pdf
Сыйлыктары	1. Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин "Билим берүүнүн мыктысы" төш белгиси; 2. Кыргыз Республикасынын Маданият министрлигинин Ардак грамотасы; 3. Ош мамлекеттик администрациясынын Ардак грамотасы; 4. Ош шаарынын мэриясынын Ардак грамотасы; 5. Ош мамлекеттик университетинин Ардак грамоталары.
Квалификациясын жогорулатуусу(акыркы 3 жылдагы)	https://base.ohsu.kg/resurs/document/PDF-20250326100359-belek.pdf

II. ОКУТУУ ПРОГРАММАСЫ (СИЛЛАБУС)

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА
ИННОВАЦИЯЛАР МИНИСТРЛИГИ
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

ОКУТУУ ПРОГРАММАСЫ (SYLLABUS)

Билим берүү багыты	Физика-математикалык билим беруу багыты, “Физика” адистиги	Шифри	550200
Окутуу тили	Кыргыз тилинде	Дисциплинасы	КТФ жана кристаллография
Окуу жылы	2025-2026	Кредиттин саны	5 кредит
Окутуучу	Осконбаев Маралбек Чотоевич	Семестри	7
E-Mail	moskonbaevo@shsu.kg	Жадыбал	Дүйшөмбү-лек Бейшемби, жума-лаборатория
Консультац. (убагы/ауд.)	Бейшемби, жума Саат 11.00-12.00 215 ауд.	Орду (имарат/ауд.)	ОшМУнун башкы имараты, 209 ауд-лекция, 211-илимий борбор-лаборатория
Окутуунун формасы	Кундузгу	Курстун тиби: (милдеттүү/элективдүү)	милдеттуу

Билим берүү программасынын жетекчиси _____ М.Ж.Калбекова

Ош, 2026

Дисциплинаны окутуунун натыйжасы

Курстун аягында студент ээ болот:		
НББП боюнча ОН (окутуунун натыйжасы)	Дисциплинанын ОНу	Компетенциялар
<p>ОН-2:Мектептик окуу физикалык экспериментин эффективдүү жүргүзө алат, физикалык кубулуштарга байкоо жүргүзүп, жыйынтыктарын каттайт, физикалык идеяларды, оозеки жана жазуу жүзүндө так, натыйжалуу көрсөтө билет, ЖОЖдук жана мектептик физика курстары боюнча маселелерди чыгара алат, жана окуучуларга мектептик физика курсу боюнча маселелерди чыгарууну үйрөтүүгө аларды физикалык олимпиадаларга даярдоого, өзгөчө билим алуу муктаждыктары бар балдар менен иштөөдө инклюзивдүү ыкмаларды колдоно алат, физикага жана техникага арналган класстан тышкаркы иштерди (кечелерди, ийримдерди ж.б.) уюштурууга жөндөмдүү.</p>	<p>ДОН-1: Студент фундаменталдык физикалык жана астрономиялык закондордун маңызын түшүндүрө алат, асман телолорунун кыймылы, гравитация, электромагниттик нурлануу сыяктуу негизги түшүнүктөрдү системалуу түрдө баяндай алат. Астрономия илиминдеги изилдөөлөрдүн мазмунун, методдорун баалай алат.</p> <p>ДОН-2: Асман телолорун жана астрономиялык кубулуштарды байкай алат, байкоолорду жүргүзүүдө негизги методдорду туура колдоно алат. Байкоолордун жана эксперименттердин жыйынтыктарын талдай алат.</p>	<p>КК-5.Фундаменталдык физикалык закондордун, теориялардын маңызын түшүнөт, физика боюнча билимдердин, дүйнөнүн азыркы физикалык сүрөттөлүшүнө адекваттуу билимдер системасына ээ, физика илиминин аймагындагы изилдөөлөргө катышууга даяр;</p> <p>КК-11. Физикалык кубулуштарды байкоо, мектептик физикалык экспериментти жүргүзүү, анын ичинде чыныгы (натуралдык) тажрыйбаларды коюу жана көрсөтүү, видеодемонстрациялар менен компьютердик моделдерди туура колдонуу, байкоолордун жана эксперименттин жыйынтыктарын талдоо, физикалык маселелерди чечүү методдорун, ыкмаларын жана жолдорун билет. Окуучуларда эксперименталдык билгичтиктерди жана физикалык маселелерди чечүү билгичтиктерин калыптандырууга даяр;</p>

Дисциплинанын технологиялык картасы

Дисц. (Кред.)	Ауд.	ОСӨАИ/СӨАИ	1-модуль (25 б.)				2-модуль (25 б.)				Экз. (50 б.)
			tcp.		(s) ОСӨАИ/СӨАИ	(r) АТ	tcp.		(s) ОСӨАИ/СӨАИ	(r) АТ	(Е) ЖТ
			Лек.	Лаб.							Лек.
КТФ жана кристаллография (5 кр.)	60	60	12	18	30			12	18	30	
Балл топтоо картасы				4	8	13		4	8	13	
Модулдардын балдарынын натыйжалары жана сынак			(M ₁ =tcp.+r+s) 25ке чейин				(M ₂ =tcp.+r+s) 25ке чейин				50
			Рдоп. = M ₁ + M ₂ (30-50)								
Жыйынтык баалоо			I = Рдоп. + E								100

1. Дисциплинанын технологиялык картасы

Модулдар	Дисциплинага бөлүнгөн окуу сааттары жана упайлар													
	Баары	Ауд. саат	СӨАИ саат	Лекция		Практ. (семина.)		Лабор. иш		СӨАИ		Чектик текшерүү (ЧТ)		Жый. текш.
				саат	упай	саат	упай	саат	упай	саат	упай	тест	модуль үчүн упай	экзамен үчүн упай
<u>2-семестр</u>														
IV	150	75	75	35	15			40	15	75	15	6	30	40
Семестр боюнча	150	75	75	35	15			40	15	75	15	6	30	

6-семестр 1-модуль: 25 упай

I. Лекциялык курс боюнча упай топтоо картасы (Баардыгы: 12 саат; 12 упай)															
УТ-1				УТ-2				УТ-3				ЧТ1			
Темалар	лекция		СӨАИ		Темалар	лекция		СӨАИ		Темалар	лекция		СӨАИ		модулдук тест (упай)
	саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай	
Т-1	2	1	2	1	Т-4	2	1	2	1	Т-7	2	1	2	1	6
Т-2	2	1	2	1	Т-5	2	1	2	1	Т-8	2	1	2	1	
Баары	4	2.0	4	2.0		4	2.0	4	2.0		4	2.0	4	2.0	
II. Лабораториялык иштер боюнча упай топтоо картасы (Бардыгы: 18 саат; 13 упай)															

УТ-1					УТ-2					УТ-3				
Темалар	Лабор. иш		СӨАИ		Темалар	Лабор. иш		СӨАИ		Темалар	Лабор. иш		СӨАИ	
	саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай
Т-1	2	1,5	2	0,5	Т-4	2	0,5	2	0,5	Т-7	2	1,5	2	0,5
Т-2	2	1,5	2	0,5	Т-5	2	0,5	2	0,5	Т-8	2	1,5	2	0,5
Т-3	2	1,5	2	0,5	Т-6	2	0,5	2	0,5	Т-9	2	0,5	2	0,5
Баары	6	4,5	4	1,5		6	1,5	4	1,5		4	2,5	4	1,5

6-семестр 2-модуль: 25 упай

I. Лекциялык курс боюнча упай топтоо картасы (Баардыгы: 12 саат; 12 упай)															
УТ-1					УТ-2					УТ-3					ЧТ1
Темалар	лекция		СӨАИ		Темалар	лекция		СӨАИ		Темалар	лекция		СӨАИ		модулдук тест (упай)
	саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай	
Т-1	2	1	2	1	Т-4	2	1	2	1	Т-7	2	1	2	1	6
Т-2	2	1	2	1	Т-5	2	1	2	1	Т-8	2	1	2	1	
Баары	4	2,0	4	2,0		4	2,0	4	2,0		4	2,0	4	2,0	
II. Лабораториялык иштер боюнча упай топтоо картасы (Бардыгы: 18 саат; 13 упай)															
УТ-1					УТ-2					УТ-3					
Темалар	Лабор. иш		СӨАИ		Темалар	Лабор. иш		СӨАИ		Темалар	Лабор. иш		СӨАИ		
	саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай		саат	упай	саат	упай	
Т-1	2	1,5	2	0,5	Т-4	2	0,5	2	0,5	Т-7	2	1,5	2	0,5	
Т-2	2	1,5	2	0,5	Т-5	2	0,5	2	0,5	Т-8	2	1,5	2	0,5	
Т-3	2	1,5	2	0,5	Т-6	2	0,5	2	0,5	Т-9	2	0,5	2	0,5	
Баары	6	4,5	4	1,5		6	1,5	4	1,5		4	2,5	4	1,5	

Экзамендин жыйынтыктары объективдүүлүк, адилеттүүлүк, окуучулардын билим берүү сапаттарын комплекстүү талдоо жана окуучулардын баалоосунун ишенимдүүлүгүн жогорулаткан жана субъективдүү факторлорду жок кылган башка жоболордун негизинде бааланат. Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин учурдагы жоболоруна жана сунуштарына ылайык, гуманитардык, табигый илимдер, техникалык жана башка дисциплиналар боюнча экзамендин жыйынтыктарын баалоо үчүн төмөнкү критерийлер белгиленген:

Тамга баалар	GPA -сандык эквивалент	Балл системасы	Жазылуусу	Баалоонун мүнөзү
A+	4,0	95-100	Эң сонун	Студент материалды билгенин гана көрсөтпөстөн, аны практикада ишенимдүү колдонот. Баа предмет боюнча жогорку деңгээлдеги билимин көрсөтөт.
A	3,5	90-94		Студент терең билимин, аны иш жүзүндө колдоно билүү жөндөмүн көрсөттү жана анча чоң эмес каталарды кетирди.
B+	3,0	85-89	Сонун	Жыйынтык орточодон жогору, бирок анча чоң эмес кемчиликтер бар. Студент негизги түшүнүктөрдү жакшы түшүнгөнүн көрсөттү.
B	2,5	80-84		Теманы жакшы билүү, бирок анча чоң эмес каталар. Студент материалды жакшы өздөштүргөн.
C+	2	75-79	Жакшы	Студент предметтин негизги элементтерин өздөштүрүп, алган билимин колдоно алат. Бул жетиштүү деңгээл.
C	1,5	70-74		Материалды жетиштүү деңгээлде билсе болот, бирок каталары жана кемчиликтери бар.
D+	1,5	65-69	Канааттандыруу	Студенттин билим деңгээли кабыл алынат.
D	0,5	60-64		Студент минималдуу талаптарга жооп берди.
FX	0,0	30-59	Канааттандыруу эмес	Студент материалды керектүү деңгээлде өздөштүргөн эмес жана талаптарга жооп берген эмес. Кайрадан өтүү талап кылынат.
F	0,0	1-29		Студент курсту же экзаменди тапшыруу үчүн талап кылынган билимдин жана көндүмдөрдүн минималдуу деңгээлине жеткен эмес. Курсту кайра өтүү талап кылынат.

ОшМУнун МФТИТ институтунун ЭТФ кафедрасынын башчысы, доцент М.Ч.Осконбаевдин “Катуу телолордун физикасы жана кристаллография” предметинин ОМК түзүлүшү боюнча сырткы экспертдин

С Ы Н П И К И Р И

Программа 550200 «Физика-математикалык билим берүү» багытынын “Физика” адистигиндеги студенттер үчүн сунуш кылынган, Мамлекеттик билим берүү стандартынын негизинде түзүлгөн ОМК.

ОМКда дисциплинанын аннотациясы, окутуучу жөнүндө маалыматтар, окутуу программасы –силлабус, окутулуучу предметтердин сааттарга бөлүштүрүлүшү, СӨАИнүн пландаштырылышы, баалоонун каражаттары, лекциялык материалдар, тесттик суроолор жана экзамендик суроолор камтылган.

Катуу телолордун физикасы жана кристаллография предмети теориялык физиканын бир бөлүгү катары тандоо курсу катары киргизилген. Бул предметте катуу телолордун оптикалык, электро-магниттик, жылуулук жана өткөрүмдүүлүк касиеттери теориялык физиканын көз карашы менен окутулат.

Ошондуктан бул окуу программасы-ОМК талапка ылайык түзүлгөндүгү көрүнүп турат, ар бир лабораториялык сабактардын баяндамасы берилип, теориясы лекция катары жалпак тил менен түшүндүрүлүп берилген. Жумушту аткаруунун тартиби да даана жана так жазылган.

Студенттерге катуу телолордун физикасы жана кристаллография предмети боюнча түзүлгөн окутуу программасы-силлабусу түшүнүктүү жана талапка жооп берет.

Корутунду: «Катуу телолордун физикасы жана кристаллография» дисциплинасынын ОМКсы жогорку билим берүүнүн сапат стандарттарына жооп берет жана колдонууга жарактуу.

Сын пикир жазган: **Б. Сыдыков** атындагы Кыргыз-Өзбек Эл аралык университетинин санариптик технологиялар жана информатика кафедрасынын профессору, ф.-м.и.к., доцент



Ж.К.Жээнтаева

ОшМУнун МФТИТ институтунун ЭТФ кафедрасынын башчысы, доцент М.Ч.Осконбаевдин “Катуу телолордун физикасы жана кристаллография” предметинин ОМК түзүлүшү боюнча ички экспертдин

С Ы Н П И К И Р И

Программа 550200 «Физика-математикалык билим берүү» багытынын “Физика” адистигиндеги студенттер үчүн сунуш кылынган, Мамлекеттик билим берүү стандартынын негизинде түзүлгөн ОМК.

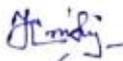
ОМКда дисциплинанын аннотациясы, окутуучу жөнүндө маалыматтар, окутуу программасы –силлабус, окутулуучу предметтердин сааттарга бөлүштүрүлүшү, СӨАИнүн пландаштырылышы, баалоонун каражаттары, лекциялык материалдар, тесттик суроолор жана экзамендик суроолор камтылган.

Катуу телолордун физикасы жана кристаллография предмети теориялык физиканын бир бөлүгү катары тандоо курсу катары киргизилген. Катуу телолордун физикасы жана кристаллография предметинин негизги максаты: студенттерге катуу заттардын ички түзүлүшүн түшүндүрүү, байланыштын түрлөрүн кристаллдык торчолордогу атом же иондордун жайгашуусу менен элестүү берүү, электрдик, магниттик, оптикалык жана жылуулук касиеттерин классикалык жана кванттык теория менен түшүндүрүү, катуу телолорду изилдөөнүн усулдарын, дефектер жана аларды классификациялоону жана практикада колдонулуш жагдайларын так аныктоо болуп эсептелет.

ОМКда толугу менен жогоруда келтирилген маалыматтар, окутуу программасы, баалоо каражаттары, лекциялык материалдар жана тесттерде толук чагылдырылган.

Корутунду: «Катуу телолордун физикасы жана кристаллография» дисциплинасынын ОМКсы жогорку билим берүүнүн сапат стандарттарына жооп берет жана бекитүүгө сунушталат.

ОшМУнун МФТИТ институтунун жалпы физика жана ФОУ

кафедрасынын башчысы, ф.-м.и.к., доцент:  М.Ж.Калбекова

Лекциялык жана лабораториялык сабактардын календарлык-тематикалык планы

№	Темалардын аталышы	Сааттардын саны		Лаб. упай	Аптасы	Адаб.
		Лек. 24	Лаб. 36			
1-модуль						
1	Киришүү. Атомдук жана молекулалар аралык аракеттенишүүлөр. Катуу телолордогу байланыштын түрлөрү. Адиабаттык жакындаштыруу.	2	2	4	1-апта/ 1-апта	
2	Радиоактивдүүлүктүн ачылышы. α - нурдануу, β – нурдануу жана γ - нурдануу. Радиоактивдүүлүктүн ажыроо закону.	2	2	4	2-апта/ 2-апта	
3	Кристаллдык торчонун жылуулук сыйымдуулугу. Эйнштейн жана Дебайдын модели	2	2	4	3-апта/ 3-апта	
4	Кристаллдык торчонун трансляциялык симметриясы. Бравэнин торчолору.	2	2	4	4-апта/ 4-апта	
5	Кристаллдардын зоналык теориясы. Кристаллдык торчонун талаасындагы электрон. Блохтун теоремасы. Күчтүү жана начар байланыштардын жакындаштыруусу.	2	4	4	5-апта/ 5,6-апта	
6	Энергетикалык зоналар ичиндеги электрондун квантык абалдагы бөлүштүрүлүшү.	2			6-апта	
Баары		12	18			
Топтолгон упайдын орточосу				4 упай		
2-модуль						
6	Металлдардын өткөрүмдүүлүк теориясы. Жогорку өткөрүмдүүлүк	2	2	4	6-апта/ 6,7-апта	
7	Термоэлектрдик кубулуштар. Пельтенин, Зеебектин жана Томсондун закондору.	2	2	4	7-апта/ 7,8-апта	
8	Заттардын магниттик касиеттери. Пара жана диамагнеттүүлүк. Магниттик иреттүүлүк. Алмашып аракеттенишүү Гейзенбергтин модели.	2	2	4	8-апта/ 8,9-апта	
9	Кристаллографиянын негизги аныктамалары жана белгилеништери. Координаттык системасы. Категориялар. Сингониялар.	2	4	4	9-апта/ 9,10-апта	

10	Кристаллографиянын өнүгүү тарыхы. Индекстер жана символдор.	2	4	4	10-апта	
	Катуу телолордогу лазерлер. Катуу телолорду изилдөөнүн методдору. Катуу телолордун илим жана техникадагы колдонулушу				11-апта	
Баары		12	18			
Топтолгон упайдын орточосу				4 упай		

ОСӨАИны уюштуруу планы (5 саат лекция, 7 саат лабор.)

№	Тема	Окут. катышуусу менен СӨАИнин формасы	Сааты	Контролдоо формасы	Адаб.	Мөөн.
1	Асман координаталарын өз алдынча өздөштүрүү	Консульт.	2	тест	[1] [2]	14.10-19.10
2	Планеталардын жандоочуларын аныктоо жана лекция жазуу	Консульт.	3	Презентация	[3] []	14.10-19.10
3	Квazarлар жөнүндө окуу	Консульт.	2	Презентация	[4] [2]	14.10-19.10
1-модуль ОСӨАИ₁						
4	Лабораториялык жумуштарды кошумча аткаруу	Консульт.	2	Аткарылган жумуш	[3] [1]	16.12-21.12
5	Лабораториялык жумуштарды кошумча аткаруу	Консульт.	3	Аткарылган жумуш	[3] [2]	16.12-21.12
2-модуль ОСӨАИ₂						

СӨАИни уюштуруу планы (60 саат)

№	Тема	Тап. түрү	Сааты	Баалоо каражаты	Упай	Адаб.	Мөөн.
1	Кыргыздардагы астрономиялык тушунуөктөрдүн калыптанышы	Теор. матер. презент. жасоо	4	Презентация	8	[2] [2]	14.10-19.10
2	Кыргыздардагы жыл сурүүнүн өзгөчөлүктөрү	Теор. матер. презент. жасоо	4	Презентация	8	[2] [1]	14.10-19.10
3	Зодиакалдык жылдыздардын	Теор. матер.	4	Презентация	8	[7] [1]	14.10-19.10

	горизонталдык координаталарын аныктоо	презент. жасоо					
4	Зодиакалдык жылдыздардын экваториалдык координаталарын аныктоо	Теор. матер. презент. жасоо	4	Презентация	8	[6] [1]	14.10-19.10
5	Планеталардын кыймыл закондорун үйрөнүү	Тапшыр. аткаруу	7	Презентация	8	[2] [1]	14.10-19.10
Акыркы тапшыруу мөөнөтү							18.10-20.10
1-модуль СӨАИ₁		Топтолгон упайдын орточосу			8 упай		
6	Жылдыздар картасында зокиалдык жылдыздардын параметрлерин аныктоо	Тапшыр. аткаруу	7	Аткарылган жумуштун материалдары	8	[4] [2]	16.12-21.12
7	Телескоп менен иштөө	Тапшыр. аткаруу	7	Байкоолордун жыйынтыгы	8	[1] [1]	16.12-21.12
8	Жылдыздардын физикалык жаратылышын аныктоо	Тапшыр. аткаруу	7	Өлчөөлөрдүн жыйынтыгы	8	[2] [2]	16.12-21.12
9	Галактикалар	Тапшыр. аткаруу	8	Презентация	8	[3] [2]	16.12-21.12
10	Квазагдар	Тапшыр. аткаруу	8	Презентация	8	[3] [1]	16.12-21.12
Акыркы тапшыруу мөөнөтү							21.12-23.12
2-модуль СӨАИ₂		Топтолгон упайдын орточосу			8 упай		

ОКУУ РЕСУРСТАРЫ:

Окуу ресурстары	
Электрондук ресурстар	<ol style="list-style-type: none"> 1. https://astrogalaxy.ru/816.html -Күн системасы 2. https://astrogalaxy.ru/012.html - жылдыздар 3. https://astrogalaxy.ru/013.html - биздин галактика 4. https://astrogalaxy.ru/006.html - асман телолорунун кыймылы 5. https://astrogalaxy.ru/015.html -башка цивилизация

Электрондук окуулуктар	1. https://astrogalaxy.ru/009.html астрономиялык байкоолор -
Лабораториялык ресурстар	https://base.ohsu.kg/resurs/document/PDF-20240524051645-Belek.pdf
Атайын программалык камсыздоолор	

III. БААЛОО КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ (БКФ)

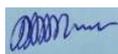
КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРУУ ЖАНА
ИННОВАЦИЯЛАР МИНИСТРЛИГИ
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

**“КАТУУ ТЕЛОЛОРДУН ФИЗИКАСЫ ЖАНА КРИСТАЛЛОГРАФИЯ”
ДИСЦИПЛИНАСЫ БОЮНЧА 550200 – “ФИЗИКА-МАТЕМАТИКАЛЫК
БИЛИМ БЕРУУ” БАГЫТЫНЫН “ФИЗИКА” АДСТИГИНИН КҮНДҮЗГҮ
ОКУУ БӨЛҮМҮНҮН СТУДЕНТТЕРИ ҮЧҮН**

БААЛОО КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ

Окуу методикалык комплекс КРдин МББСнын, ОшМУнун №19 бюллетенинин жана
550200 – “физика-математикалык билим беруу” багытынын “Физика” НББПнын
негизинде түзүлгөн.

Түзгөн



доцент М.Ч.Осконбаев

Кафедра башчысы



М.Ч.Осконбаев

Ош, 2026

3.2. ФОС текущего контроля.

Оценка образовательных достижений по результатам текущего контроля

Наименование темы, подтемы	Результаты обучения	Уровень освоения 1	Формы и методы контроля и оценки
1	2		4
КТФдагы адиабаттык жакындаштыруу	РО-3: Способность генерировать идеи и критически мыслить, интегрировать и анализировать другие точки зрения, мыслить аргументированно и конструктивно в профессиональной среде, самостоятельно справляться с нестандартными ситуациями в бизнесе, демонстрировать психологическую устойчивость и исследовательские навыки	2	Собеседование
2. Радиоактивдүүлүктү үйрөнүү	РО-4: Использует современные информационно-телекоммуникационные технологии и математические методы, гибко реагирует на тенденции в технической, цифровой и креативной экономике.	2	Письменный опрос Практическая работа 1 Практическая работа 2 Практическая работа 3 Практическая работа 4 Самостоятельная работа 1
Раздел 2. Жылуулук сыйымдуулуктун теориясы	РО-2: Уважает общечеловеческие и национальные ценности, охраняет и пропагандирует верховенство права, заботится о его развитии и распространении, несет личную, гражданскую и юридическую ответственность перед интересами государства и общественной среды, сохраняя при этом личную и национальную идентичность.	2	Тестовое задание Практическая работа 5 Практическая работа 6 Практическая работа 7 Самостоятельная работа 2

Раздел 3. Өтө жогорку өткөрүмдүүлүк	РО-2: Уважает общечеловеческие и национальные ценности, охраняет и пропагандирует верховенство права, заботится о его развитии и распространении, несет личную, гражданскую и юридическую ответственность перед интересами государства и общественной среды, сохраняя при этом личную и национальную идентичность.	2	Собеседование Практическая работа 8 Практическая работа 9 Самостоятельная работа 3
--	--	---	---

Уровни освоения:

1 – ознакомительный; 2 – репродуктивный; 3 – продуктивный.

1. Фонд оценочных средств – неотъемлемая часть нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения студентами основной профессиональной образовательной программы высшего образования.
 2. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая физика» утвержден на заседании кафедры «Теоретическая физика».
- Протокол №6 от . 26.02.2026 г.

Срок действия ФОС: 2025-2026 учебный год.

1. Структура дисциплины «Физика»

Разделы теоретического обучения

№	Наименование раздела теоретического обучения
1	Физика твердого тела и кристаллографии
2	Статистическая физика и термодинамика
3	Квантовая физика

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы – освоение компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине – получение знаний, умений, навыков.

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения

<p>готовностью применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств</p>	ПК-3	<p>Знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях</p> <p>Знает основные величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения</p> <p>Знает назначение и принципы действия важнейших физических приборов</p>	31
			32
			У1
			Н1
<p>способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций</p>	ПК-20	<p>Умеет указать, какие законы описывают данное явление или эффект</p> <p>Умеет истолковывать смысл физических величин и понятий; Умеет записывать уравнения для физических величин в системе СИ Умеет работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории</p> <p>Умеет использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных технических проблем</p>	33
			У2
			Н3
<p>способностью составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области</p>	ПК-23	<p>Имеет навыки использования основных общефизических законов и</p>	31

автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством		принципов в важнейших практических приложениях	
		Имеет навыки применения основных методов физикоматематического анализа для решения естественнонаучных задач	32
		Имеет навыки обработки и интерпретирования результатов эксперимента	33
			У1
			У2
			У3
			У4
			У5
			Н1
	Н2		
	Н3		

3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Физика»

3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)					
	1	2	3	4	5	6
ПК-3	+	+	+	+	+	+
ПК-20	+	+	+	+	+	+
ПК-23	+	+	+	+	+	+

3.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

3.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (К од показателя освоения)	Форма оценивания							Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль					Промежуточная аттестация		
		4 Допуск к вып. л. р. 1 ...	4 Выполнение л. р. 1 ...	4 Защита л. р. 1 ...	Выполнение Д. з. 1, 2	Контрольная работа 1, 2	Зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПК-3 ПК-20 ПК-21	31	+		+	+	+	+	+	+
	32	+		+	+	+	+	+	+
	33	+	+						+
	У1			+			+	+	+
	У2			+			+	+	+
	У3			+	+	+	+	+	+
	У4		+						+
	У5		+	+			+	+	+
	Н1				+	+			+
	Н2				+	+			+
Н3		+	+	+					+
Итого			40	48-80	20	36-60			

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)

31-33 У1-У5 Н1-Н3	Обучающийся не знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов важнейших практических приложениях, допускает существенные ошибки	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки основных физических явлений и основных законов физики, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях	Обучающийся знает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.
-------------------------	--	--	--	--

3.3. *Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

3.3.1. *Текущий контроль* Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме контрольных работ, допуска к лабораторным работам и защиты лабораторных работ.

Вопросы для допуска к выполнению лабораторных работ

1. Цель работы.
2. Какое явление изучается в работе.
3. Какие законы изучаются в работе.
4. Какие физические величины определяются в работе.
5. Вывод рабочей формулы.
6. Порядок выполнения работ.
7. Методика проведения измерений.
8. Описание экспериментальной установки.

Вопросы для защиты лабораторных работ

Для защиты лабораторных работ необходимо:

- а) в тетради для лабораторных работ выполнить обработку результатов измерений в соответствии с «Заданиями», приведенными в «Методических указаниях»;
- б) подготовить ответы на вопросы для самоконтроля, соответствующие «Вопросам к экзамену» по исследованным в лабораторной работе явлениям.

Для каждого явления по возможности нужно:

1.
 - а) привести название явления, сформулировать его определение и указать, что происходит в результате этого явления,
 - б) указать необходимые условия для возникновения и наблюдения явления,
 - в) объяснить явление согласно той или иной теории,
 - г) привести примеры осуществления явления в природе и примеры применения в технике;
2. для каждой вводимой физической величины:
 - а) привести название величины,
 - б) указать свойство (качество), количественной мерой которой она является,
 - в) сформулировать определение,
 - г) записать математическое выражение, соответствующее определению,
 - д) указать единицу измерения и наименование единицы измерения,
 - е) указать математические способы расчета и экспериментальные методы нахождения значения величины;
3.
 - а) перечислить опытные законы, выражающие зависимость физических величин друг от друга в изучаемом явлении,
 - б) сформулировать законы,
 - в) записать законы в виде математических выражений,
 - г) объяснить законы в рамках той или иной теории,
 - д) сравнить опытные законы с теоретическими предсказаниями,
 - е) указать причины расхождения теории с экспериментом.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ОшГУ.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме зачета в 1-ом семестре, во втором семестре в виде экзамена. **Вопросы к зачету**

1. Физика твердого тела и кристаллографии

- 1.1. Атомдук жана молекулалар аралык аракеттенишүүлөр. Жылуулук кыймылы. Адиабаттык жакындаштыруу.
- 1.2. Кристаллдык торчонун трансляциялык симметриясы. Бравэнин торчолору. Гармоникалык жакындаштыруу.
- 1.3. Термелүүнүн квантталуусу. Фонондордун энергетикалык спектри. Акустикалык жана оптикалык фонондор.
- 1.4. Кристаллдык торчонун жылуулук сыйымдуулугу. Эйнштейн жана Дебайдын модели. Кристаллдардын зоналык теориясы.
- 1.5. Кристаллдык торчонун талаасындагы электрон. Блохтун теоремасы. Күчтүү жана начар байланыштардын жакындаштыруусу. Энергетикалык зоналар ичиндеги электрондун квантык абалдагы бөлүштүрүлүшү.

- 1.6. Металлдардын өткөрүмдүүлүк теориясы.
- 1.7. Термоэлектрдик кубулуштар. Пельтенин, Зеебектин жана Томсондун закондору.
- 1.8. Заттардын магниттик касиеттери. Пара жана диамагнеттүүлүк. Магниттик иреттүүлүк. Алмашып аракеттенишүү Гейзенбергтин модели.
- 1.9. Кристаллдарды изилдөөнүн оптикалык методдору Кристаллдарды изилдөөнүн эксперименталдык методдору.
- 1.10. Катуу телолордогу дефектер. Дефектерди классификациялоо.
- 1.11. Катуу телолордогу лазерлер. Катуу телолордун илим жана техникадагы колдонулушу.

2. *Статистическая физика и термодинамика*

- 2.1. Термодинамиканын жана статистикалык физиканын предмети жана методу. Макроскопиялык система, анын микро жана макро абалдары.
- 2.2. Ыктымалдуулуктар түшүнүгү. Абалдын ыктымалдыгы жана физикалык чоңдуктун маанилеринин ыктымалдыгы. Макрочоңдуктардын орточо маанилерин эсептөө.
- 2.3. Ички энергия. Басым. Абалдын термиканык жана калориканык теңдемелери. Тең салмактуу процесстер. Кайрылма жана кайрылбас процесстер.
- 2.4. Жумуш жана жылуулук, алардын микроскопиялык мааниси. Адиабаттык процессте энтропиянын өзгөрүшү. Термодинамиканын биринчи закону. Системанын энтропиясынын өзгөрүшүнүн жылуулук менен байланышы. Термодинамиканын экинчи закону. Негизги термодинамиканык теңдештик. Процесстердин максималдык жумушу. Термодинамиканын экинчи законунун статистикалык мүнөзү. Термодинамиканын үчүнчү закону. Температуранын абсолюттук нөлүнө жетүүгө болбостугу.
- 2.5. Термодинамиканык функциялар. Эркин энергия. Гибстин термодинамиканык потенциалы жана башка термодинамиканык функциялар.
- 2.6. Термодинамиканык чоңдуктарды эсептөө. Термодинамиканык чоңдуктардын статистикалык туюнтулушу Энергиянын эркиндик даражасы боюнча бирдей бөлүштүрүлүшү жөнүндө теорема. Жылуулук сыйымдуулуктардын классикалык теориясы.
- 2.7. Фазалык мейкиндик. Кванттык системанын микроабалдарын сүрөттөө. Системанын мүмкүн болгон абалдарынын санын эсептөө. Лиувилдин теоремасы. Бөлүштүрүү функциясынын энергиядан көз карандылыгы. Тең салмактуу жана тең салмактуу эмес макроабалдар.
- 2.8. Микроканоникалык бөлүштүрүү. Энтропиянын статистикалык аныкталышы. Турук системадагы энтропиянын өсүү закону. Максвелл-Больцмандын бөлүштүрүүсү. Эки атомдуу газдардын жылуулук сыйымдуулугунун кванттык теориясы. Реалдуу газдар. Бир атомдуу реалдуу газдын абалынын теңдемеси.
- 2.9. Ферми-Дирактын жана Бозе-Эйнштейндин бөлүштүрүүлөрү. Классикалык статистикага өтүүнүн шарты, газдын кубулуу критерийи. http://fn.bmstu.ru/data-physics/library/physbook/tom5/ch6/texthtml/ch6_4.htm
- 2.10. Флуктуация жөнүндө түшүнүк. Термостаттагы система үчүн флуктуациялардын ыктымалдыгы. Флуктуациялардын ыктымалдыгы үчүн Эйнштейндин формуласы. Негизги термодинамиканык чоңдуктардын флуктуациялары.
- 2.11. Жарыктын молекулалык чачыроосу. Броун кыймылы. Эйнштейн-Смолуховскийдин формуласы. Тең салмаксыз термодинамикага киришүү. Локалдык тең салмактуулук жана теңсалмаксыз процесстердин термодинамикасынын негизги теңдемеси.

2.12. Тең салмактуулуктан алыс абалдар. Сзыктуу эмес тең салмаксыз термодинамиканын негиздери. Физикалык кинетиканын элементтери. кинетикалык теңдемелер. Смолуховскийдин теңдемеси. Деталдык тең салмактуулук принциби. Фоккер-Планктын теңдемеси. Броун кыймылы. Больцмандын кинетикалык теңдемеси.

3. *Квантовая физика*

- 3.1. Атомдун моделдери. Де-Бройлдун гипотезасы. Микрообъекттердин абалынын өзгөчөлүктөрү. Физикалык чоңдуктардын маанисинин дискреттүүлүгү. Корпускулярдык - толкундук дуализм.
- 3.2. Фотоэффект кубулушу. Эйнштейндин гипотезасы. Микробөлүкчөлөрдүн толкундук касиети. Атомдордун түзүлүшү. Резерфорддун тажрыйбасы.
- 3.3. Кванттык механикадагы абалдар жана байкалуучу чоңдуктар. Микросистемалардын абалы. Толкундук функция.
- 3.4. Кванттык механиканын математикалык аппараттары: Суперпозициянын кванттык-механикалык принциптери. Өзүн-өзү камтыган операторлор. Өзүн-өзү камтыган операторлордун өздүк мааниси жана өздүк функциясы, алардын физикалык мааниси.
- 3.5. Гейзенбергдин аныксыздыгынын катышы. Координаттын жана импульстун оператору. Бөлүкчө жана тышкы талаадагы аракет этишкен бөлүкчөлөрдүн системасы үчүн Гамильтондун оператору.
- 3.6. Импульстун орбиталык моментинин оператору.
- 3.7. Шредингердин теңдемелери. Шредингердин убакыттан коз каранды болбогон стационардык теңдемеси.
- 3.8. Шредингердин убакыттан коз каранды болгон жалпы теңдемеси. Эркин бөлүкчө үчүн Шредингердин теңдемеси.
- 3.9. Толук энергиянын жана импульстун операторлорунун өздүк функциясы. Потенциалдык чуңкурдагы микробөлүкчө үчүн Шредингердин теңдемеси.
- 3.10. Потенциалдык чуңкур үчүн Шредингердин теңдемеси. Сзыктуу гармоникалык осцилятор.
- 3.11. Борбордук симметриялык талаадагы электрон үчүн Шредингердин теңдемеси.
- 3.12. Суутектин атому жана суутек сымал атомдор. Жегич металлдардын атому үчүн Шредингердин теңдемеси.
- 3.13. Магнит талаасындагы атомдор үчүн Шредингердин теңдемеси.
- 3.14. Зеемандын эффектери. Электрондун спини. Спиндин оператору. Спинди эске алуудагы электрондун толкундук функциясы. Штер-Герлахтын тажрыйбасы.
- 3.15. Гелийдин атому үчүн Шредингердин теңдемеси. Менделеевдин мезгилдик системасы.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в ОШГУ.

Аттестационные испытания проводятся преподавателями, ведущими лекционные, практические и лабораторные занятия по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия

ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре.

Время подготовки ответа при сдаче экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут. Время ответа – не более 15 минут.

При подготовке к устному экзамену экзаменуемый, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который по окончании экзамена сдается экзаменатору.

При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.

Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.

Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

Результаты выполнения аттестационных испытаний должны быть выставлены в зачетные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения. *Зачет и Экзамен*

<i>Выдача вопросов к Зачету</i>	<i>12 неделя первого семестра</i>	<i>На практическом</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Консультации</i>	<i>Последняя неделя семестра, в сессию</i>	<i>На групповой консультации</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Зачет</i>	<i>В сессию</i>	<i>Устный опрос по освоению компетенций дисциплины</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выдача вопросов к экзамену</i>	<i>12 неделя второго семестра</i>	<i>На практическом</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Консультации</i>	<i>Последняя неделя семестра, в сессию</i>	<i>На групповой консультации.</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Экзамен</i>	<i>В сессию</i>	<i>Устный опрос по освоению компетенций дисциплины</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Формирование оценки</i>	<i>На аттестации</i>	<i>В соответствии с критериями оценивания</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>

4. Фонд оценочных средств для мероприятий текущего контроля обучающихся по дисциплине (модулю)

4.1. Состав фонда оценочных средств для мероприятий текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости включает в себя:

- Материалы для проведения текущего контроля успеваемости:
 - варианты контрольных заданий;
 - вопросы к допуску лабораторных работ
 - контрольные вопросы к защите лабораторных работ;
 - рабочие тетради для выполнения практических и лабораторных работ.
- Перечень компетенций и их элементов, проверяемых на каждом мероприятии текущего контроля успеваемости.
- Систему и критерии оценивания текущего контроля успеваемости.
- Описание процедуры оценивания.

4.2. Система и критерии оценивания текущего контроля успеваемости

Для оценивания выполнения контрольных работ используются следующие критерии:

Оценка	Характеристика действий обучающихся
Отлично	Обучающийся самостоятельно и правильно решил все задачи своего варианта, последовательно и аргументировано излагал свое решение , используя физические законы и формулы
Хорошо	Обучающийся самостоятельно и в основном правильно решил 70% задач своего варианта, последовательно и аргументировано излагал свое решение , используя физические законы и формулы
Удовлетворительно	Обучающийся самостоятельно и в основном правильно решил 50% задач своего варианта, слабо аргументировал свое решение , используя в основном готовые формулы
Неудовлетворительно	Обучающийся самостоятельно решил менее 50% задач своего варианта

4.3. Процедура оценивания при проведении текущего контроля успеваемости

Действие	Сроки	Методика	Ответственный
Выдача вопросов для допуска к лабораторной работе № 1	1 неделя семестра	На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях	Ведущий преподаватель
Выдача вопросов к защите лабораторной работе №1	3 неделя семестра	На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях	Ведущий преподаватель, обучающийся
Выдача вопросов для допуска к лабораторной работе № 2	5 неделя семестра	На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях	Ведущий преподаватель
Выдача вопросов к защите лабораторной работе №2	8 неделя семестра	На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях	Ведущий преподаватель

<i>Выдача вариантов контрольных заданий</i>	<i>9 неделя семестра</i>	<i>На практическом занятии</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выполнение контрольных заданий</i>	<i>11 неделя семестра</i>	<i>На практическом занятии</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выдача вопросов для допуска к лабораторной работе № 3</i>	<i>12 неделя семестра</i>	<i>На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выдача вопросов к защите лабораторной работе №3</i>	<i>13 неделя семестра</i>	<i>На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выдача вопросов для допуска к лабораторной работе № 4</i>	<i>14 неделя семестра</i>	<i>На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выдача вариантов контрольных заданий Выдача вопросов к защите лабораторной работе №4</i>	<i>15 неделя семестра</i>	<i>На практическом занятии На лабораторном занятии в специальных рабочих тетрадях</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>
<i>Выполнение контрольных заданий</i>	<i>16 неделя семестра</i>	<i>На практическом занятии</i>	<i>Ведущий преподаватель</i>

Приложения

Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

1. Экзаменационные билеты.
2. Бланк для оценки ответа обучающегося экзаменатором.
3. Варианты задач для контрольной работы.

Примерный бланк для оценки ответа обучающегося экзаменатором

Критерии оценки	5 (отлично)	4 (хорошо)	3 (удовл.)	2 (неудовл.)
Уровень усвоения материала, предусмотренного программой				
Умение выполнять задания, предусмотренные программой				
Уровень знакомства с дополнительной литературой				
Уровень раскрытия причинно-следственных связей				
Уровень раскрытия междисциплинарных связей				

Стиль поведения (культура речи, манера общения, убежденность, готовность к дискуссии)				
Качество ответа (полнота, правильность, аргументированность, его общая композиция, логичность)				
Общая оценка				

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература</i>				
1.	Физика	Савельев И. В. Курс общей физики [Текст]: учеб.пособие для вузов: в 3 т./ И. В. Савельев. – Изд. 10-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2008 – 476 с.	50	15
2.	Физика	Трофимова Т.И. Курс физики. [Текст]: учебное пособие для инженернотехнических специальностей высших учебных заведений/ Т. И. Трофимова. – 21-е изд., стер. – Москва: Академия, 2015. – 549	60	15
3.	Физика	Трофимова Т. И. Курс физики. [Текст]: учебное пособие для инженернотехнических специальностей высших учебных заведений/ Т. И. Трофимова. – 20-е изд., стереотип. Москва: Академия, 2014. – 558 с.	50	15
4.	Физика	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: для студентов технических вузов/ В. С. Волькенштейн. Изд. 3-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Книжный мир, 2013. – 327 с.	90	30

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Национальная библиотека Кыргызстана	http://nlkr.gov.kg/online-libraries/
Научная электронная библиотека ОшГУ	https://ibooks.oshsu.kg/
Электронная библиотечная система	https://library.kg/
Официальный сайт института МФТИТ	https://mfit.oshsu.kg/
Официальный сайт кафедры ЭТФ	https://mfit.oshsu.kg/pages/page/295

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

По дисциплине «**Теоретическая физика**» проводятся три вида занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия. На лекциях излагается в основном теоретический материал, на практических занятиях кратко разбирается теория и решаются задачи, на лабораторных занятиях выполняются лабораторные работы.

На лекциях следует записывать основные утверждения и формулы, пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины, а все рассуждения и пояснения лектора нужно внимательно слушать и постараться запомнить. Конспект лекций следует дополнить в соответствии с «Вопросами к экзамену» самостоятельно, пользуясь учебным пособием.

Вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Усвоению большого количества явлений и описывающих их величин и законов способствует одинаковый подход к их рассмотрению. При изучении каждого явления по возможности нужно:

1. а) привести название явления, сформулировать его определение и указать, что происходит в результате этого явления,
 - б) указать необходимые условия для возникновения и наблюдения явления,
 - в) объяснить явление согласно той или иной теории,
 - г) привести примеры осуществления явления в природе и примеры применения в технике;
2. для каждой вводимой физической величины:
 - а) привести название величины,
 - б) указать свойство (качество), количественной мерой которого она является,
 - в) сформулировать определение,
 - г) записать математическое выражение, соответствующее определению,
 - д) указать единицу измерения и наименование единицы измерения,

е) указать математические способы расчета и экспериментальные методы нахождения значения величины;

3. а) перечислить физические законы, выражающие зависимость физических величин друг от друга в изучаемом явлении, б) сформулировать законы, в) записать законы в виде математических выражений, г) объяснить законы в рамках той или иной теории, д) сравнить опытные законы с теоретическими предсказаниями, е) указать причины расхождения теории с экспериментом.

Решение задач – необходимое условие успешного изучения курса физики. Решение задач помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти формулы, прививает навыки практического применения теоретических знаний для решения конкретных задач.

Умение решать задачи приобретается длительными и систематическими упражнениями.

На **практических занятиях** студенты под руководством преподавателя решают задачи по наиболее важным темам курса. Для выполнения учебного плана студент самостоятельно должен решить определенное количество типовых задач в соответствии со своим вариантом домашнего задания. Для самостоятельного решения задач прежде, чем приступить к решению задач, нужно изучить (повторить) теоретический материал по теме задачи, разобрать примеры решения задач на эту тему в «Методических указаниях к практическим занятиям», а затем обязательно попытаться решить задачу, какой бы «неприступной» она не казалась. Задачи рекомендуется решать в соответствии со следующим планом.

1) Внимательно прочитать условие задачи, установить, какие физические процессы или явления в ней рассматриваются.

2) Кратко записать условие задачи в столбик или в строчку, полностью отразив информацию, содержащуюся в условии задачи; четко уяснить вопрос задачи; выразить все величины в единицах Международной системы единиц (СИ).

3) В тех случаях, когда это возможно, сделать рисунок, поясняющий содержание задачи, и вносить в него изменения и дополнения по ходу решения задачи.

4) Для установления формулы, подходящей для нахождения искомой величины в данной задаче, вспомнить основные формулы, в которые входит искомая величина. По содержанию задачи постараться выяснить, которые из них можно применить для решения данной задачи.

5) Выбрав ту или иную формулу для искомой величины, попробовать решить задачу (на черновике):

а) установить, какие из величин в выбранной формуле:

- заданы в условии задачи,
- приводятся в справочных таблицах,
- неизвестны;

б) вспомнить другие формулы, в которые входит та или иная неизвестная величина и

постараться догадаться, которая из них подходит для решения данной задачи;

в) выразить неизвестную величину из выбранной формулы и подставить полученное выражение в формулу для искомой величины; выполнить математические преобразования и получить новое выражение для нахождения искомой величины (в физике при решении задач обычно не составляется система уравнений, в которой число неизвестных равно числу уравнений).

г) выполнить пункты 5,б и 5,в для остальных неизвестных величин; если при этом для искомой величины получится выражение, содержащее только известные величины, то оно будет ответом в общем виде.

б) Если на основе выбранной формулы для искомой величины решить задачу не удастся, попробовать решить задачу, выбрав для искомой величины другую формулу и выполнив пункт 5.

7) Если в задаче рассматривается один и тот же процесс (движение, явление) при различных значениях величин, описывающих этот процесс, то:

- выбранную формулу для искомой величины написать для каждой ситуации, выбрав номер ситуации в качестве индексов величин;

- из уравнений получить выражение для искомой величины (при этом некоторые неизвестные, которые находить не требуется, могут сократиться или уничтожиться); - выполнить пункты 5 и 6 для оставшихся неизвестных величин.

8) Оформление решения задачи в чистовике логично начинать с записи формулы, на основе которой находится искомая величина.

9) Решение задачи в чистовике сопровождать краткими пояснениями: привести названия законов и формул, которые используются при решении задачи, и обоснования правомочности их использования.

10) Подставить в окончательное выражение для искомой величины числовые значения величин, выраженных в единицах СИ; произвести вычисления, руководствуясь правилами приближенных вычислений; записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единицы измерения искомой величины.

11) Оценить, где это целесообразно, правдоподобность ответа (оценить ответ на физическую реальность).

Если попытка окажется неудачной, выяснить причину (получить консультацию) у преподавателя.

Задачи для домашнего задания подобраны так, что содержат элементы задач, предлагаемых на контрольных работах.

Лабораторные работы ориентированы на практическое изучение наиболее важных физических явлений, приобретение элементарных навыков экспериментирования, овладение техникой измерений и грамотную обработку результатов измерений.

При подготовке к выполнению лабораторных работ рекомендуется:

а) изучить соответствующую тему,

б) ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе.

Для получения допуска к выполнению лабораторной работы необходимо в тетради для лабораторных работ письменно ответить на вопросы:

а) какое явление изучается, какими величинами описывается это явление и какие величины определяются в данной работе,

б) привести расчетные формулы для величин, указанных в «Заданиях»,

в) привести названия и определения величин, входящих в расчетные формулы, и указать, как находятся их значения.

При выполнении лабораторной работы производятся необходимые измерения. Задания и обработка результатов измерений выполняются самостоятельно, вне занятий.

Оформленные в отдельной тетради отчеты при защите лабораторной работы представляются преподавателю.

Следует учесть, что без основательной самостоятельной работы по подготовке выполнить график лабораторного практикума своевременно практически невозможно.

Для защиты лабораторных работ необходимо:

а) в тетради для лабораторных работ выполнить обработку результатов измерений в соответствии с «Заданиями», приведенными в «Методических указаниях»;

б) подготовить ответы на вопросы для самоконтроля, соответствующие «Вопросам к экзамену» по исследованным в лабораторной работе явлениям (см. п. 7.3.1.2).

Для стимулирования систематической самостоятельной работы студентов по изучению теоретического материала по некоторым разделам курса проводятся *коллоквиумы*, если они предусмотрены учебным планом. Коллоквиум проводится или в виде собеседования, или письменно по указанным заранее вопросам.

Промежуточным контрольным мероприятием (аттестацией) является *экзамен*. Вопросы к ним, в отличие от вопросов к коллоквиуму, являются обзорными по соответствующим темам. Для успешного результата рекомендуется ответы на них продумывать, подготовить (в виде кратких заметок) заранее, по мере изучения соответствующих тем.

В ответах на большинство вопросов нужно стараться придерживаться следующего плана:

- 1) привести определение физического явления с указанием условия возникновения этого явления или определение физической величины с указанием свойства (качества), количественной мерой которого она является;
- 2) указать, от чего и как они зависят (опытные закономерности, законы, формулы);
- 3) привести объяснение (толкование) опытных закономерностей в рамках той или иной теории (тех или иных представлений);
- 4) сравнить теоретические результаты с опытными и указать их соответствие и несоответствие друг другу;
- 5) указать причину несоответствия и привести объяснение несоответствия в новой теории;
- 6) привести примеры практического применения.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
----	--	------	---------------------------	----------------------------

ФТТ и кристаллографии	По программе	Чтение лекций с использованием слайдпрезентаций. Виртуальные лабораторные работы. Компьютерное тестирование.	70
СФ и ТД	По программе	Чтение лекций с использованием слайдпрезентаций. Виртуальные лабораторные работы. Компьютерное тестирование.	70
Квантовая физика	По программе	Чтение лекций с использованием слайдпрезентаций. Виртуальные лабораторные работы. Компьютерное тестирование.	70

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
ФТТ и кристаллографии		SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense
Электричество и электромагнетизм	Электростатика. Электромагнетизм	SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense
Колебания и волны. Оптика	Интерференция. Дифракция	SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense

	Квантовая физика	Тепловое излучение. Фотоэффект	SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense
	Молекулярная физика	Законы термодинамики. Молекулярнокинетическая теория	SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense
	Ядерная физика	Состав ядра. Радиоактивность. Деление и синтез ядер	SunRavTestOfficePro RunPadShell SunRavBookOffice MicrosoftOffice	Платное ПО Платное ПО Платное ПО OpenLicense

11.3. Перечень информационных справочных систем

Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	
Электронная библиотечная система IPRbooks	
Научно-техническая библиотека ОшГУ	

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Теоретическая физика» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

Программа составлена в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций и примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению 550200 «Физико-математическое образование по профилю «Физика» (бакалавриат).

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекции	Мультимедийные аудитории	Аудитории/аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда ОшГУ, МФТИТ, кафедра ЭТФ, 209 аудитории

2	Практические занятия	Стационарные/мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории/аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда ОшГУ, МФТИТ, кафедра ЭТФ, 210, 215 аудитории
3	Лабораторный практикум	Установка «Спекорд UV-VIS»	Межкафедральная научная лаборатория, гл. корпус ОшГУ, 211-212 ауд.
		Лабораторная установка- МФ-2-микрофотометр	Межкафедральная научная лаборатория, гл. корпус ОшГУ, 211-212 ауд.
		Лабораторная установка- ИСП-28 - спектрофотометр	Межкафедральная научная лаборатория, гл. корпус ОшГУ, 211-212 ауд.
		Лабораторная установка- ФЛОКС-для изучения радиоактивности	Межкафедральная научная лаборатория, гл. корпус ОшГУ, 211-212 ауд.

Перечень основной литературы	<p>1. Савельев И. В. Курс общей физики [Текст]: учебное пособие для вузов: в 3 т./ И. В. Савельев. – Изд. 10-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2008 – 476 с.</p> <p>2. Трофимова Т.И. Курс физики. [Текст]: учебное пособие для инженернотехнических специальностей высших учебных заведений/ Т. И. Трофимова. – 21-е изд., стер. – Москва: Академия, 2015. – 549 с.</p>
	<p>3. Трофимова Т. И. Курс физики. [Текст]: учебное пособие для инженернотехнических специальностей высших учебных заведений/ Т. И. Трофимова. –20-е изд., стереотип. Москва: Академия, 2014. – 558 с.</p> <p>4. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: для студентов технических вузов/ В. С. Волькенштейн. Изд. 3е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Книжный мир, 2013. – 327 с.</p> <p>5. Михайлов В. К. Физика. М.: МГСУ, 2013, 120 с</p>

Глоссарий

Физика жана кристаллография боюнча глоссарий

- 1. Кристалл торчосу** - кристаллдарды мүнөздөгөн мейкиндиктеги атомдордун, молекулалардын же иондордун мезгилдүү түзүлүшү. Кристалл торчосу бирдик клеткасы менен аныкталат - түзүлүштүн эң кичине кайталануучу бирдиги.
- 2. Бирдик клеткасы** - кристаллдын эң кичине структуралык бирдиги, ал бүтүндөй кристалл торчосун которуу жолу менен куруу үчүн бардык зарыл маалыматтарды камтыйт.
- 3. Негиз** - бирдик клетканын ичинде бири-бирине байланышкан атомдордун жыйындысы. Негиз материалдын химиялык курамын аныктайт.
- 4. Катуу заттардагы байланыштардын түрлөрү** -
 - **Иондук байланыш:** атомдордун ортосунда электрондордун өткөрүлүшү менен пайда болуп, оң жана терс иондорду пайда кылат.
 - **Коваленттик байланыш:** эки атомдун валенттик электрондорун бөлүшүү менен пайда болот.
 - **Металлдык байланыш:** металлдардагы валенттик электрондордун делокализациясынан улам пайда болот.
 - **Суутек байланышы:** суутек менен башка молекуланын электронегативдүү атомунун ортосундагы алсыз өз ара аракеттенүү.
 - **Ван-дер-Ваальс байланышы:** дипол-диполдук тартылуу күчтөрүнөн улам пайда болгон алсыз молекулалар аралык өз ара аракеттенүүлөр.
- 5. Байланыш энергиясы:** заттагы бардык байланыштарды үзүү үчүн талап кылынган энергия, бул заттын конденсацияланган абалдан газ абалына өтүшүнө алып келет.
- 6. Кристаллдык кемчиликтер:** вакансиялар, дислокациялар, кошулмалар жана дан чек аралары сыяктуу идеалдуу кристаллдык торчонун мезгилдүүлүгүнүн бузулушу.
- 7. Диффузия** - заттын бөлүкчөлөрүнүн жогорку концентрациялуу аймактан төмөнкү концентрациялуу аймакка жылуу процесси.
- 8. Фонон** - катуу заттагы үн толкундарынын энергия квантына туура келген кристаллдык торчонун термелүү кванттары.
- 9. Электрондук тилке** - энергия тилкесиндеги уруксат берилген кванттык абалдар менен аныкталган кристаллдагы электрон энергияларынын диапозону.
- 10. Тилке теориясы** - катуу заттардагы электрондордун энергия спектрин сүрөттөө теориясы, уруксат берилген жана тыюу салынган энергия тилкелери түшүнүгүнө негизделген.
- 11. Тилке аралыгы** - жарым өткөргүчтөрдөгү жана изоляторлордогу өткөргүчтүк энергиясы менен валенттүүлүктүн айырмасы.
- 12. Электр өткөргүчтүгү** - материалдын электр тогун өткөрүү жөндөмү.
- 13. Жылуулук өткөрүмдүүлүгү** - материалдын жылуулук энергиясын өткөрүү жөндөмү.
- 14. Материалдардын магниттик касиеттери** - заттардын магнит талааларына, анын ичинде ферромагнетизмге, парамагнетизмге жана диамагнетизмге жооп кайтаруу жөндөмү.
- 15. Механикалык касиеттер** - материалдын жүк астында жүрүм-турумуна таасир этүүчү бекемдик, ийкемдүүлүк, ийкемдүүлүк жана чыдамкайлык сыяктуу мүнөздөмөлөрү.

1. Чекиттик кемчиликтер

- Бош орун

Торчо ордунда атомдун жоктугу.

- Аралык кемчилик

Торчо ордунда кадимки абалынан тышкары жайгашкан, атомдордун кадимки абалдарынын ортосуна киргизилген атом.

- Алмаштыруу

Торчодогу ордуна бир типтеги атомду башка типтеги атом менен алмаштыруу.

- Антиструктуралык кемчилик

Эки башка типтеги атомдор кадимки химиялык чөйрөсүнө карата туура эмес абалдарды ээлеген учур.

2. Сызыктуу кемчиликтер (дислокациялар) - материалдын негизги бөлүгүндөгү сызык боюнча атомдук түзүлүштүн үзгүлтүксүздүгүндөгү каталар.

- Жылмакай дислокациялар (четтеги дислокациялар)

Атомдордун катары бир багытта коңшу катмарларга салыштырмалуу жылып, катмарлардын ортосундагы чек арада кадам пайда кылган кемчилик.

- Спиралдык дислокациялар (винттик дислокациялар)

Айлануу огунун айланасында пайда болгон, коңшу атомдук тегиздиктердин жылышуусуна алып келген сызыктуу кемчилик.

4. Көлөмдүк кемчиликтер - материалдын олуттуу көлөмүн камтыган тартиптеги чоң үзгүлтүктөр.

- Порталдар (көзөнөктүү көндөйлөр)

Механикалык бузулуулардан же боштуктардын пайда болушунан келип чыккан атомдордон бош мейкиндиктер.

- Табигый кошулмалар (бөтөн бөлүкчөлөр)

Негизги материалдын түзүлүшүнө кокустан киргизилген бөтөн материалдар.

5. Структуралык кемчиликтер - локалдаштырылган аймактардагы атомдук торчонун формасынын өзгөрүшү.

- Серпилгич деформациялар

Сырткы күчтөрдүн таасири астында материалдын көлөмүнүн жана формасынын убактылуу өзгөрүшү, алар жүк алынып салынгандан кийин калыбына келет.

- Пластикалык деформациялар

Жогорку жүктөрдүн колдонулушунан улам материалдын түзүлүшүндөгү туруктуу, кайтарылгыс өзгөрүүлөр.

6. Сепилдөө жана жаракалар - материалдын үзгүлтүксүздүгүндөгү ири масштабдуу бузулуулар, көбүнчө микродефекттер деңгээлинен башталат.

- Чарчоодон жаракалар

Кайталануучу циклдик жүктөөлөрдө пайда болгон жай өсүп жаткан беттик жаракалар.

- Морт сынуу

Толук жарылууга чейин байкалбаган пластикалык деформациясыз тез таралуучу бузулуу.

2. Квазибөлүкчөлөрдүн аныктамасы жана түрлөрү - квазибөлүкчөлөр – бул көп бөлүкчөлүү системалардагы жамааттык козголуулар же бузулуулар, алар энергия, импульс жана спин сыяктуу белгилүү бир касиеттерге ээ болгон жеке объекттер катары көрүнөт. Алар системадагы бөлүкчөлөрдүн өз ара аракеттенүүсүнөн келип чыгат жана белгилүү бир физикалык контекстте гана мааниге ээ.

Квазибөлүкчөлөр:

1. Фонон – үн толкунунун кванттарын билдирген кристаллдык торчодогу атомдордун жамааттык термелүү козголушу. Фонондор де Бройль толкундарына туура келген импульска жана энергияга ээ, бирок алар өздөрү чыныгы бөлүкчөлөр эмес.

2. Магнон – магниттик моменттердин термелүүсүнө туура келген магниттердеги спиндердин козголушу. Магнондор спинди алып жүрүүчү белгилүү бир энергияга жана импульска ээ бөлүкчө сыяктуу жүрүшөт.

3. Экситон - жарым өткөргүчтөрдөгү экситондорго окшош, бирок эки өлчөмдүү топологиялык изоляторлорго жана графенге мүнөздүү болгон электрондук системанын эки дүүлүккөн абалынын байланышкан абалы.

4. Полярон - күчтүү электрондук-фонондук байланышы бар материалдарда пайда болгон, айлана-чөйрөнүн поляризация булуту менен курчалган бөлүкчө. Полярондор - кристаллдык торчонун деформациялары менен коштолгон электрондук козголуулар.

5. Плазмон - плазмондорго окшош, бирок бетке гана чектелген металл бетиндеги эркин электрондордун жалпы плазмалык термелүүсү.

6. Фотон - жарык ылдамдыгында кыймылдаган электромагниттик нурлануунун кванттык бөлүгү. Фотондор нөлдүк тынч массасы жана бүтүн спини бар бозон бөлүкчөлөрү катары көрүнөт.

7. Гиперон - теориялык гипотезалар менен сүрөттөлгөн жана криогеникада эксперименталдык түрдө изилденген суперсуюктук гелийдеги гиперүндүү термелүүлөрдү чагылдырган теориялык бөлүкчө.

8. Топологиялык солитон - айрым сызыктуу эмес физикалык чөйрөлөргө мүнөздүү болгон мейкиндик-убакыттын атайын симметрияларына жана инварианттарынан улам кыймыл учурунда формасын сактап калган козголуулар.

Кристаллография - кристаллдардын ички түзүлүшүн, тышкы формасын жана физикалык касиеттерин изилдеген илим.

Кристалл - бул үч өлчөмдүү мейкиндикте атомдордун, молекулалардын же иондордун туура геометриялык формасы жана туура жайгашуусу бар материал.

Кристаллдык торчо - бул атомдорду, молекулаларды же иондорду камтыган мезгилдүү жана туура жайгаштырылган түйүндөрдөн турган мейкиндик тармагы.

Кристалл симметриясы - кристаллдын айлануу, чагылышуу же которулуу сыяктуу белгилүү бир трансформацияларда өз түзүлүшүн өзгөртпөстөн сактоо касиети.

Мейкиндик тобу - кристаллдык түзүлүштөгү симметрия элементтеринин жайгашуусун сүрөттөгөн симметрия тобу.

Симметрия классы - белгилүү бир кристалл түрүнө мүнөздүү болгон симметрия операцияларынын мүмкүн болгон айкалыштарынын жыйындысы.

Он алты мейкиндик тобу - үч өлчөмдүү мейкиндиктеги бардык мүмкүн болгон симметрия айкалыштарын камтыган талап кылынган мейкиндик топторунун минималдуу саны.

Браве торчосу - огюст Браве тарабынан сунушталган кристаллдагы атомдордун жайгашуусунун геометриясын чагылдырган чекиттердин туура торчосу.

Кристаллдын өсүү формасы - кристаллдын пайда болуу шарттарына жана ички түзүлүшүнө жараша болгон тышкы формасы.

Кристаллдын адаттагы формасы - кристаллдын тышкы формасынын мүнөздөмөсү, фасет өлчөмдөрүнүн катышын чагылдырат.

Кристаллдык зоналаштыруу - кристаллдын ичиндеги кошулмалардын же компоненттердин туура катмарларды же тилкелерди түзүү менен бөлүштүрүлүшү.
Эгиздешүү - кристаллдын эки же андан көп бөлүгү бири-бирине салыштырмалуу күзгүдөй чагылдырылган кубулуш.
Эгиздешүү тегиздиги - эгиздешүү процесси жүрүп жаткан геометриялык бет.
Рентген дифракциясы - рентген нурларынын кристаллдын атомдору менен өз ара аракеттенүүсүнө негизделген кристаллдардын ички түзүлүшүн изилдөө ыкмасы.

“Катуу заттардын физикасы жана кристаллография” предметинен лекциялык жана тест материалдар.

Катуу телолордун физикасы боюнча лекциялык материалдар:

Катуу заттардагы байланыштын түрлөрү.

Катуу заттардын физика-химиялык жана күчтук касиеттери атомдордун ортосундагы байланыштын түрүнө жана алардын өз ара жайгашуу мүнөзүнө жараша болот. Катуу заттардын бири-бири менен, ошондой эле газдар жана суюктуктар менен контакттык өз ара аракеттениши, ошондой эле байланышкан заттардын элементардык бөлүкчөлөрүнүн ортосунда атомдук-молекулалык байланыштардын пайда болушу менен коштолот. Элементардык байланыштар энергиясынын мүнөзү жана мааниси заттын мүнөзүнө жана катуу нерсенин кристаллдык торчосунун түрүнө жараша болот.

Бир катар кристаллдык структураларынын болушу, физикалык касиеттеринин айырмачылыктары (кысылуу, эрүү температурасы, электрдик, оптикалык, ошондой эле химиялык касиеттер) катуу заттардагы атомдордун ортосундагы байланыштардын ар кандай түрлөрүнүн бар экендигин көрсөтөт. Атомдор аралык өз ара аракеттенүү күчтөрү электрдик келип чыгууда. Тартылуу күчтөрү байкалаарлык байланыштарды түзүү үчүн жетиштүү эмес. Күчтөрдүн бир түрүнүн үстөмдүгү тийиштүү туташуу түрүнө, демек, белгилүү бир физикалык жана химиялык касиеттерге алып келет.

Мындай кеңири энергия диапозону кадимкидей коваленттик, иондук, металлдык жана суутектик байланыштар деп классификацияланган ар кандай өз ара аракеттенүүлөр аркылуу ишке ашырылышы мүмкүн. Бул классификация физикалык жактан аныкталган эмес. Коваленттик байланыш өзүнүн мүнөзү боюнча химиялык байланыштын универсалдуу түрү болуп саналат. Иондук байланыш атомдордун терс электрдуулугу боюнча кескин айырмаланган коваленттик байланыштын белгилүү (чектелген) учуру катары каралышы мүмкүн. Металлдык жана суутектик байланыштары түшүнүктөрү химиялык объектилердин таасир күчүн эмес, өзгөчөлүгүн чагылдырат.

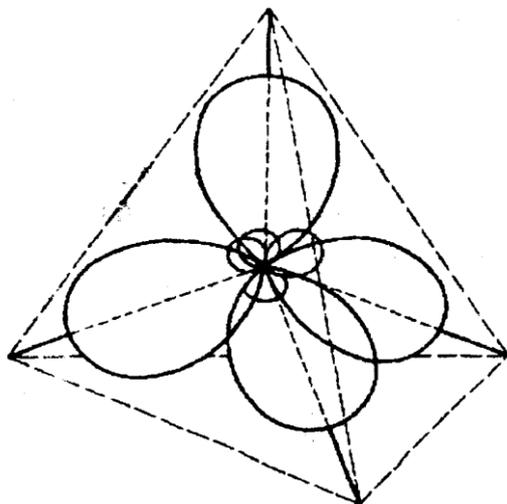
Коваленттик (гомеополярдык) байланыш.

Жаратылышта коваленттик байланышы бар телолор салыштырмалуу аз. Бирок, алар эрүү температурасы жана катуулугу өтө жогору болгондуктан (мисалы, алмаз C, кремний Si жана кремний карбиди SiC - карборунд) өтө чоң практикалык мааниге ээ. Коваленттик байланыш аны түзгөн атомдордун электрондук кабыктары энергетикалык жактан бир аз айырмаланганда пайда болот. Демек, коваленттик байланыштарды түзүүгө бир деңгээлдеги гана электрондук катмарлар катыша алышат, анткени алар энергетикалык жактан жакын. Пайда болгон коваленттик байланыш канчалык күчтүү болсо, аны жок кылуу учурунда

ошончолук көп энергия бөлүнөт, б.а. жаңы системанын энергетикалык деңгээли канчалык төмөн болсо.

Системанын минималдуу энергиясы жалпыланган электрондордун кабыктары максималдуу деңгээлге дал келгенде (кабыктардын максималдуу бири-бирине дал келүү принциби) жетишилет. Мейкиндик кабыгы коваленттик байланыштын негизги өзгөчөлүктөрүнүн бири.

Бир катмардагы эки же андан көп абалдын, бирок ар башка кабыкчалардын, бирдей энергияга ээ жаңы кабыктын электрондорунан пайда болушу гибриддешүү деп аталат.



Мисал катары, көмүртек атому үчүн гибриддештирүүнү карап көрөлү. Ал төмөнкү электрондук конфигурацияга ээ:

Кванттык абал $1s 2s 2p_x 2p_y 2p_z$

Электрондордун саны 2 2 1 1

$2s$ абалында эки электрон болгондуктан, $2p$ де эч бири жок болгондуктан, байланыштарды түзүү үчүн төрт кабыкты толугу менен колдонуу үчүн, $2s$ кабыктын бир электронун бош $2p$ кабыгына өткөрүү керек, натыйжада экинчи катмардагы электрондун төрт абалынын ар биринде бирден болот. Бул кабыктарды гибриддештирүү (sp^3) тетраэдрдин бурчтарына багытталган бирдей энергияга ээ төрт кабыкты

берет. Алардын ортосундагы бурчтар 109° ($1-s$ үрөт). Коваленттик байланыштардын негизги өзгөчөлүгү жалпыланган электрондордун болушу жана мейкиндиктин так багыты.

Коваленттик байланыштар молекулалардагы (мисалы, органикалык бирикмелердеги) түзүлүштөрдү туташтыруу үчүн колдонулушу мүмкүн же катуу нерсе алар аркылуу бир макромолекулага (алмаз) туташтырылышы мүмкүн.

Байланыштын коваленттик түрү басымдуулук кылган кристаллдар коваленттик деп аталат. Алар көмүртектин, кремнийдин, германийдин, сурьманын, висмуттун ж.б. атомдорунан пайда болушат, б.а. IVB, VB, VIB топторунун элементтери. Алар электронегативдүү, анткени алардын иондошуу потенциалы чоң жана башка топтордун элементтери менен өз ара аракеттенишип, валенттик электрондорду тандап, валенттик диапазонун толукташат; өз ара аракеттешүүдө атомдор валенттик электрондорун кошуна атомдор менен бөлүшүп, ошентип валенттик тилкени толуктайт.

Электрондордун жалпыланышы, атомдордун саны элементтин валенттүүлүгүнөн көз каранды жана эрежеге ылайык ($8 - N$) аныкталышы мүмкүн, бул жерде N - элементтин валенттүүлүгү. Мисалы, көмүртек үчүн бул сан 4 болот.

Коваленттик байланыш бир багыттуулугу менен мүнөздөлөт, анткени ар бир атом белгилүү бир сандагы коңшу атомдор менен электрондорун жалпылап алмашып өз ара аракеттенишет. Натыйжада, коваленттик кристаллдардагы атомдор компакттуу эмес оролуп, координациялык саны аз кристаллдык структураларды түзөт. Атомдор аралык байланыштардын жана эркин оролгон кристаллдык структуралардын багыты төмөн пластикалууулукка жана жогорку катуулукка алып келет (мисалы, алмаз эң катуу материал).

Байланыш энергиясынын жогору болушунан улам коваленттик кристаллдарга эрүү температурасы жогору (алмаз үчүн 5000°C) жана буулануу мүнөздүү.

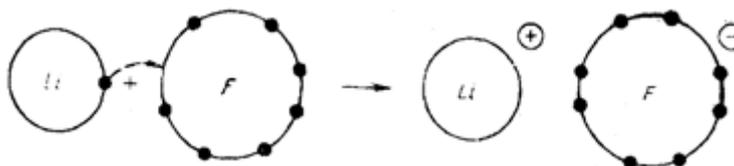
Мындай байланыш менен толтурулган валенттик тилкелердин пайда болушу коваленттик кристаллдарды жарым өткөргүчтөргө, ал тургай диэлектриктерге айлантат. Алмаз жарым өткөргүч. Графиттин жакшы электр өткөрүмдүүлүгү төрт коваленттик

байланыштын бирин ван-дер-Ваалс байланышына алмаштыруу менен түшүндүрүлөт, натыйжада электр тогунун эркин ташуучулары пайда болот.

Коваленттик кристаллдардагы электр каршылыгынын температуралык коэффициенти терс мааниге ээ, б.а., ысытууда электр каршылыгы төмөндөйт. Коваленттик кристаллдарга окшош атомдордон турган көптөгөн татаал кристаллдык заттар кирет, мисалы, кремний карбиди, алюминий нитриди ж.б.

Иондук байланыш.

Жаратылышта иондук байланышка ээ телолор көп. Иондук байланыштар, ошондой эле гетерополярдык, полярдык же электрваленттик деп аталат, багыттуу эмес, алар валенттүүлүк электрондорунун азыраак электронегативдүү атомдон көбүрөөк электронегативдикке өтүшүнүн натыйжасында пайда болгон иондордун ортосунда электростатикалык тартылуусу бар. Электрондун өтүшүнүн натыйжасында биринчи атом оң ион (катион), экинчиси терс (анион) болуп калат. Катуу абалдагы бул иондор (кристаллдык) иондук торчону түзөт (2-сүрөт). Иондук байланыштардын пайда болушу электронду берген химиялык элементтин иондошуу энергиясына, электронду кабыл алган заттын электрондук жакындык деңгээлине жана пайда болгон кристалл торчосунун энергиясына байланыштуу.



Иондук байланышка мисалы

Милдеттүү түрдө электронду өткөрүп берүүчү байланыштын бул түрү бир катар бирикмелерде басымдуулук кылат, мисалы, галогендери бар щелочдук металлдарда (жегич галогендери деп аталат). Элементтерди электр терс жагымдуулугун жогорулатуу тартиби боюнча жайгаштырса болот. Катуу заттардагы иондордун ортосундагы заряддын өтүү даражасы, түзүүчү элементтердин электр терс маанисинин айырмасы менен аныкталат. I жана II топ элементтеринин VI жана VII топтордун элементтери менен бирикмелери күчтүү иондук мүнөзгө ээ.

Адатта, иондук кошулма өтө төмөн өткөрүмдүүлүккө ээ (кадимки температурада бул изолятор), жетиштүү катуулукка жана тунуктукка ээ. Эрүү температурасына жакын температурада жана ылайыктуу эритмелерде өткөргүчтүк пайда болот, анткени иондор кыймылдуу болуп калат. Ортоңку байланышты көрсөткөн кошулмалардын ичинен PbS, PbSe жана PbTe натрий хлоридинин түзүлүшүнө ээ, негизинен иондук, бирок коваленттүү бирикмелерге мүнөздүү айрым касиеттерин көрсөтүшөт (алар жарым өткөргүчтөр). Тийиштүү бериллий бирикмелери BeS, BeSe, BeTe бир топ коваленттүү, бирок иондук мүнөздөгү айрым өзгөчөлүктөргө ээ. Алар ZnS структурасын түзүү үчүн кристаллдашат.

Суутектик байланышы.

Протондук байланыш же суутек көпүрөсү деп аталган суутек байланышы - бул байланыштын белгилүү бир түрү, ал ички жана молекулалар аралык болушу мүмкүн. Мындай типтеги байланыштардын пайда болушун суутек ядросу же протон баштайт, ал кичинекей көлөмүнө байланыштуу күчтүү электронегативдүү атомдун электрондук катмарына терең сиңип кетет. Натыйжада, анын иш-аракет зонасына түшкөн электрондор менен өз ара аракети кыйла күчтүү жана электростатикалык мүнөзгө ээ.

Ага суутек байланышы менен байланышкан атомдун электрондук кабыгынын протонунун деформациясы бул байланышка багыт берет, б.а. жарым-жартылай коваленттуулук. Демек, суутек байланышы атом жана ион байланыштарынын ортосунда аралык болот. Суутек байланыштары көбүнчө органикалык бирикмелерде жана кээ бир

органикалык эмес бирикмелерде кездешет. Алар суу молекулаларынын, спирттердин, кислоталардын ж.б. бирикмесин аныкташат.

Металлдык байланыштар.

Металлдык байланыштар - бул металлдар үчүн мүнөздүү байланыштын түрү. Бүт металл корпусун бир макромолекула деп эсептесе болот, анткени металл байланыштары эки же андан көп металл атомдорунун ортосунда гана болбойт. Металлдардын мүнөздүү касиеттерине жогорку жылуулук жана электр өткөрүмдүүлүгү кирет. Бул алардын атомдук түзүлүшүнө түздөн-түз байланыштуу. Металл атомдорунун сырткы кабыгында электрондору аз, ал эми бул электрондор атомдун калган бөлүгү менен салыштырганда (атомдун скелети) бир аз начар байланышкан. Тышкы электрондордун начар байланышы металлдардын иондошуу потенциалынын төмөн болушуна алып келет.

Металл байланышынын мүнөзү иондук жана коваленттик байланыштардын ортосундагы аралык деп эсептелет. Металлдык байланышта, валенттүүлүк электрондорун кристаллдын бардык атомдору менен жалпылаштырылышы жөнүндө сөз кылсак болот. Демек, молекулярдык орбитальдар бүтүндөй металл кристаллына созулган деп болжолдой алабыз. Алар көптөгөн атомдук орбиталдардын айкалышы катары аныкталат. Кристалл бүтүндөй орбиталык тилкеге ээ болот, анда валенттүүлүк электрондору эң төмөнкү энергиясы бар орбитальдарды ээлейт. **Металл кристаллдары.** Бул байланыштын металл түрү үстөмдүк кылган кристаллдар. Алар А жана В I - III топторунун бардык кичи топторунун элементтери тарабынан түзүлгөн, алар иондошуу потенциалы төмөн болгондуктан, электронегативдүү. Металл кристаллында башка топтордун элементтери менен өз ара аракеттешүүдө атомдор валенттүүлүк электрондорун оңой эле беришет жана оң ионго айланат.

Кристалл торчосунун күчүнүн өлчөөчү бул кристалл торчосунун энергиясы, б.а. бир молл кристалл заттын иондорун чексиздикке өткөрүү үчүн керектүү энергия. Металлдарда адгезия күчтөрү - бул металлдык байланыштын энергиясы, алардын энергиясы иондук байланыштын энергиясына жакын. Ар бир металл кристаллын бир чоң молекула деп эсептөөгө болот. Бири-бири менен өз ара аракеттешкенде, атомдордун валенттик энергетикалык тилкелери бири-бирине дал келип, эркин суб-деңгээлдер менен жалпы тилкени түзөт. Бул валенттүүлүк электрондорунун ушул тилкеде эркин жылышын шарттайт. Бүткүл кристаллдын көлөмүндө валенттик электрондорунун жалпыланышы бар. Ошентип, металлдагы валенттүүлүк электрондорун жоголгон же алынган атомдор деп эсептөөгө болбойт. Алар коваленттик кристаллдардан айырмаланып, бүтүндөй кристаллдын көлөмүндө атомдор тарабынан жапылаштырылат, мында мындай жалпылаштыруу бир жуп атом менен чектелет.

Металлдык байланыш багыттуу эмес, анткени ар бир атом мүмкүн болушунча көп коңшу атомдорду өзүнө тартууга аракет кылат. Мунун натыйжасы - жогорку координациялык сан жана металлдардын кристаллдык структураларынын өтө тыгыздыгы. Металлдарда атом ядролорунун эң тыгыз оролушуна карай тенденция байкалат.

Металл байланышынын энергиясы коваленттик байланыштын энергиясынан бир аз азыраак, ошондуктан металлдар көпчүлүк учурда коваленттик кристаллдарга салыштырмалуу эрүү чекиттери, буулануу, ийкемдүү модулу бар, бирок сызыктуу кеңейүү температурасы жогору. Көпчүлүк учурда, $E_{бай}$ байланыш энергиясынын жогорулашы менен, эрүү температурасы эрийт, $E_{унр}$ ийкемдүү модулу жана Q_{dif} өз алдынча диффузиянын активдешүү энергиясы жогорулайт; α сызыктуу кеңейүү коэффициенти, тескерисинче, төмөндөйт. Металл байланышы багытталбагандыктан жана бири-бирине жакын оролгон түзүмдөрдүн пайда болушунан металлдын кристаллдары коваленттик кристаллдарга

караганда көбүрөөк пластикалуу жана катуу эмес. Жакшы электр өткөрүмдүүлүгү валенттик тилкеде эркин суб-деңгээлдердин болушу менен камсыздалат.

<https://studylib.ru/doc/4786596/osnovnye-tipy-svyazi-v-tverdyh-telakh> - презентация

Вандер – дер – Ваальстын аракеттенишүүсү

Аракеттенишүү энергиясы 10-20 кДж\моль барабар болгон аракеттенишүүсү Ван-дер-Ваальс аракеттенишүүсү деп аталат. 1869-ж И.Д. Ван-дер-Ваальс тарабынан ачылган .

1. Ориентациялык аракеттенишүү. Диполь-дипольдук аракеттенишүү.
2. Дисперсиондук аракеттенишүү. Дисперсиялык күчтөрдүн натыйжасында пайда болот.
3. Индикциондук аракеттенишүү.

1. Ориентациялык аракеттенишүү. П. Кизом тарабына ориентациялык аракеттенишүүнүн энергиясы табылган жана төмөнкүгө барабар:

$$U_{02} = -\frac{2}{3} \frac{\mu^4}{r^6 kT} \quad (5)$$

Мында μ -молекуланын дипольдук моменти, r - молекулалардын борборуна чейинки аралыктары. k - Больцман турактуулугу. T - абсолюттук температура.

2. Индукциондук аракеттенишүү П.Дебай тарабынан диполь менен келтирилген диполдун ортосундагы аракеттенишүү жана төмөнкүгө барабар:

$$U_{ind} = -\frac{2\alpha\mu^6}{r^6} \quad (6)$$

α –поляризациясы

Ориентациялык жана индукциондук аракеттенишүүлөр полярдык молекулалардын ортосунда пайда болот жана полярсыз аракеттенишүүнү түшүндүрө албайт. Полярсыз системалардагы өз ара аракеттенишүү күчү Φ . Лондон тарабынан кванттык механиканын жардамы менен түшүндүрүлгөн.

3. Дисперсиондук аракеттенишүү. Атомдогу кыймылдагы электрондорду ν_0 жыштыктагы диполь катары кароого болот. Атомдогу электрондордун синхрондуу кыймылы аракеттенишүү энергиясынын азайышына алып келет жана ал энергия дисперсиялык аракеттенишүү энергиясына барабар:

$$U_{disp} = -\frac{3}{4} \frac{h\nu_0\alpha^2}{r^6} \quad (7)$$

Мында $I=h\nu_0$ (8)- атом же молекуланын иондошуу энергиясына алмашсак, анда (7) формула төмөнкү формага келет:

$$U_{disp} = -\frac{3}{4} \frac{I\alpha^2}{r^6} \quad (9)$$

Көп электрондук атомдор үчүн Дж.Слетер жана Дж. Кирквуд дисперсиялык аракеттенишүү үчүн төмөнкү формуланы сунуш кылган:

$$U_{disp} = -\frac{3}{4} \frac{he}{r^6} \sqrt{\frac{N\alpha^3}{m}} \quad (10)$$

(9) жана (10) формулалар бир электрон үчүн б.а. №1 болгон учурда жана жыштык

$$v_0 = \frac{e}{2\pi} \sqrt{am} \quad (11)$$

болгондо бири-бирине дал келет.

1.1. Штокмайердин потенциалы.

1941-ж Штокмайер тарабынан сунуш кылынган. Турактуу диполдук моментке ээ болгон жуп молекулалардын аракеттенишүүсү. Бул моделди Леннард-Джонсон (1924) андан ары өркүндөтүп Леннард-Джонсон потенциалы деп аталып калган жана төмөнкү формада жазылат:

$$U(r) = \frac{a_1}{r^{12}} - \frac{a_2}{r^6} \quad (1)$$

$$\text{Мында } a_1 = 4\sigma^{12}\epsilon, a_2 = 4\epsilon\sigma^6 \quad (2)$$

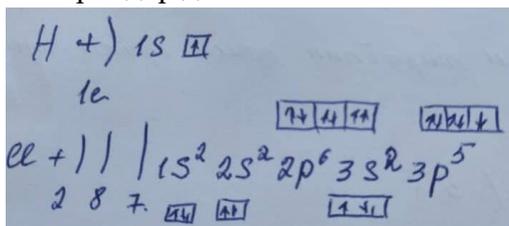
Ошондой эле төмөнкү формадагы да Леннард-Джонсон потенциалы бар:

$$U(r) = \epsilon \left[\left(\frac{r_{min}}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{r_{min}}{r} \right)^6 \right] \quad (3)$$

$$\text{Мындар } r_{min} = \sigma \sqrt[6]{2} \quad (4)$$

Коваленттик байланыш

1. Металл эмес түрдүү элементтердин байланышынан пайда болгон байланыш коваленттик-полярдүү байланыш деп аталат. Коваленттүү полярдык байланышка мисал катары HCl алууга болот. Эң акыркы орбитадагы электрондор гана валенттүү электрондор деп аталат.



Суутектин бир гана электрону бар жана ал валенттүү электрон хлордун акыркы орбитасындагы (P-орбита) электрондор-жети валенттүү электрон менен байланышат. Ал эми n=1 (2e) жана n=2(8e)- валенттүү электрондор эмес. Валенттүү электрондор деп

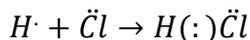
коваленттүү байланышка кытышууга мүмкүнчүлүгү бар электрондорду айтабыз.

Электрондорду (акыркы орбитадагы) атомдордун айланасына жайгаштыралы. H: Ал эми хлордогу 7 электронду чокусунан баштап саат жебесинин багыты боюнча жайгаштырып чыгабыз. Үч жагында 2ден, бир жагында жалгыз электрон жайгашып калды. Эгерде эки атомду 2Å аралыка чейин жакындатсак анда, анда полярдүү коваленттик байланыш пайда болот. Cl

Полярдуу коваленттик байланыш ишке ашсын үчүн элементтин

“электроотрицательность” касиети негизги ролду ойнойт. “электроотрицательность” 1-катардан акыркы катарга жана төмөнкү катардан жогорку катарга карай жылат. Анда суутеке караганда Clдун электроотрицательность касиети өтө чоң. Ошондуктан хлор электронду берүү жана байланышты түзүү укугуна ээ. Натыйжада хлор суутеке бир электронун берип, өзүнүн акыркы

орбитасындагы электрондук орбитаны толтурат.(моделде бул байланыш төмөндө көрсөтүлгөн).

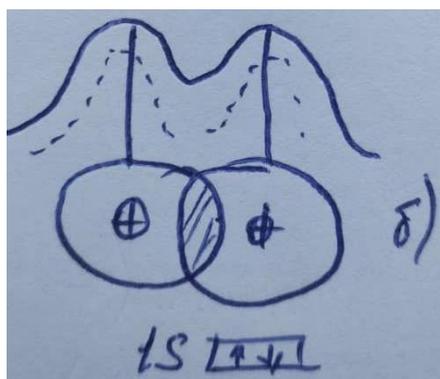
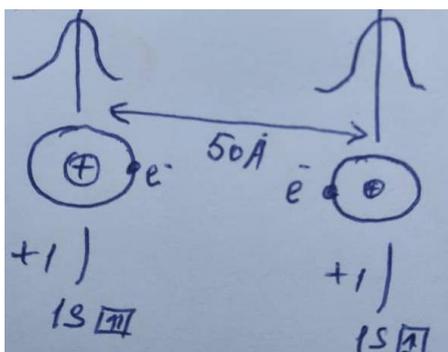


Бул байланыштын структуралык формуласы төмөндөгүдөй болот:

H-Cl

Бул байланыштын негизги мүнөздөмөсү: коваленттик, полярдуу (себеби түрдүү металл эмес элементтердин байланышы) жана бир (одинарная) байланышты берет. Ошентип полярдуу коваленттик байланышка төмөнкүлөрдү мисал келтирсек болот:

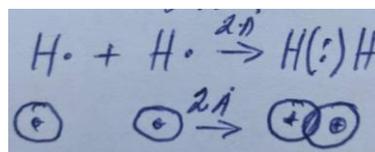
HCl, H₂O



1. Металл эмес бир эле элементтин байланышынан пайда болгон байланыш коваленттик полярсыз байланыш деп аталат. М: H₂, O₂, Cl₂, F₂ ж.б. Суутектин молекуласынын байланышын карап көрөлү. Суутек эки атомдон турган молекула. Атомдор байланышка келгенге чейин ар бир атомдун жалгыздан электрону өзүнүн атомундагы ядронун айланасында гана кыймылдайт. Эки атомду 50Å чейин жакындатсак да электрондун өз ядросун таштап экинчи атомго өтүп кетүү ыктымалдуулугу 10¹² жылга барабар, бул деген сөз электрон өз атомун эч качан таштап кетпейт дегенди билдирет. Төмөнкү схемада электрондун толкундук функциясынын ядронун айланасындагы бөлүштүрүсү аркылуу түшүндүрүүгө болот (а)-учур). Эми эки эркин атомду 2Å аралыка чейин жакындатсак сүрөттүн б)-учурунда көрүнгөндөй эки электрондун толкундук функциясынын бөлүштүрүлүшү жалпыланып калган. Электрондун кайсы атомго

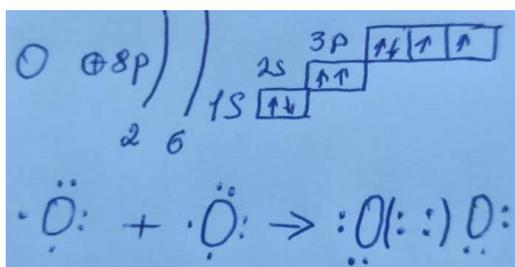
тиешелүүлүгү жөнүндө сөз болушу мүмкүн эмес, электрондорго эки атомду бириктирип эки ядронун айланасында жалпыланган жуп электрондордун айлануусу пайда болот. Жогоруда айтылгандарды химиянын тили менен төмөндөгүдөй жазабыз:

Кычкылтектин эки полярсыз коваленттик байланышты кыларын карап көрөлү. акыркы Р- орбитасындагы электрондор



молекуласынын кантип пайда Кычкылтектин

ошондуктан валенттүү электрондор деп аталышат. (бирөөсүбү? же акыркы орбитадагы электрондордун баарысыбы? Мааниге ээ). Инерттүү газдар гелий, неон, аргон ж.б. акыркы орбиталары электрондор менен толтурулган (завершенные орбиты). Кычкылтек дагы толтурулбаган эки



электронун 2Å чейин жакындаган атомдордон алып, эки атом тең экиден электрон менен орбиталарын толтуруп полярсыз коваленттик байланышты пайда кылат. Р электрондор гантель формасында бири-бирине салыштырмалуу 90° бурч менен байланышып кыймылдашат.

Жыйынтыгында полярсыз коваленттик байланыштын структуралык формуласын суутектин жана кычкылтектин молекуласы үчүн төмөнкүнү жазабыз:



Демек полярсыз коваленттик байланыш суутектин молекуласы үчүн мүнөздөмөсү: коваленттик, полярсыз жана бир байланыш (одинарный), кычкылтектин молекуласы: коваленттик, полярсыз жана экилик (двойной) байланыш.

АДИАБАТИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ

Адиабатическое приближение или, по-другому, метод разделения электронного и ядерного движений играет существенную роль в теории молекул и твердого тела. Он был предложен в 1927 году М. Борном и Р. Оппенгеймером. По-сути, это первый этап упрощения исходного уравнения Шредингера на пути дальнейших последовательных упрощений. С его помощью уравнение Шредингера разбивается на два более простых независимых уравнения. В основе приема, используемого для упрощения уравнения Шредингера, лежит интуитивное представление о том, что в силу малости масс электронов по сравнению с массами ядер, электроны в молекуле под действием тех же кулоновских сил движутся значительно быстрее ядер. За время, за которое электроны совершат несколько оборотов по своим орбитам, ядра сместятся лишь на небольшое расстояние. Поэтому, движение электронов можно рассматривать в поле практически неподвижных ядер (одно уравнение), а движение ядер – в некотором усредненном поле электронов (второе уравнение).

Рассмотрим последовательность действий, приводящих к упрощению задачи.

Исходное уравнение Шредингера для квантовой системы

$$H(R, r)\Psi_i(R, r) = E_i\Psi_i(R, r) \quad (1)$$

имеет гамильтониан, который можно записать в следующем виде:

$$H(R, r) = -\frac{\hbar^2}{2m} \sum_k \frac{\partial^2}{\partial \vec{r}_k^2} - \frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{1}{M_i} \frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} + V(R, r) \quad (2)$$

Здесь суммы это операторы кинетической энергии электронов и ядер, которые мы в дальнейшем будем обозначать, как T_r и T_R .

$$T_r = -\frac{\hbar^2}{2m} \sum_k \frac{\partial^2}{\partial \vec{r}_k^2}, \quad T_R = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{1}{M_i} \frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} \quad (3)$$

m – масса электрона, M_i – масса i -го ядра, r и R – координаты электронов и ядер. Суммирование ведется по всем электронам и ядрам. $V(R, r)$ – потенциальная энергия частиц.

В силу того, что массы ядер намного больше масс электронов, $M_i \gg m$, оказывается полезным решить вспомогательную задачу, когда массы всех ядер не просто большие по сравнению с массой электрона, а бесконечно большие, то есть устремить в выражении (2) M_i к бесконечности: $M_i \rightarrow \infty$. В этом случае T_R обратится в 0, и полученный гамильтониан будет описывать движение электронов в поле неподвижных ядер. Обозначим этот гамильтониан через H_e , так что

$$H = H_e + T_R \quad (4)$$

В гамильтониане H_e , который будем называть электронным, в отличие от исходного гамильтониана H независимыми переменными являются только координаты электронов. Координаты ядер R зафиксированы и задают определенную конфигурацию ядер. Так как число различных ядерных конфигураций бесконечно, то и количество различных гамильтонианов H_e тоже бесконечно. Однако, все это бесконечное количество уравнений Шредингера для разных H_e может быть записано одной строкой

$$H_e(R; r) \varphi_j(R; r) = \varepsilon_j(R) \varphi_j(R; r), \quad (5)$$

где R является не переменной, а параметром. Здесь между R и r , в отличие от величин, входящих в уравнение (1), вместо запятой стоит точка с запятой с тем, чтобы подчеркнуть, что r это переменные, а R параметры. Отметим, что $\varepsilon_j(R)$ есть энергия молекулы с покоящимися ядрами. Она состоит из энергии всех электронов, движущихся в поле неподвижных ядер плюс кулоновская энергия взаимодействия ядер, находящихся в состоянии покоя. Для разных ядерных конфигураций она, естественно, должна быть разной. То же можно сказать о $\varphi_j(R; r)$, волновой функции электронов. Уравнение (5) с электронным гамильтонианом будем называть электронным уравнением Шредингера. Оно, естественно, проще исходного уравнения (1) и играет вспомогательную роль.

Будем считать, что решения уравнения (5) нам известны, то есть известны как собственные значения $\varepsilon_j(R)$, так и собственные функции $\varphi_j(R; r)$. Так как электронный гамильтониан является эрмитовым оператором, его собственные функции представляют собой полный набор линейно независимых функций и их можно использовать в качестве базисного набора. Поэтому точную волновую функцию Ψ_i можно представить в виде разложения по φ_j :

$$\Psi(R, r) = \sum_j \Phi_j(R) \varphi_j(R; r) \quad (6)$$

Здесь для простоты записи у Ψ_i опущен индекс i . Отметим, что коэффициенты разложения $\Phi_j(R)$ должны быть не постоянными величинами, а функциями от R .

Домножим уравнение Шредингера (1) слева на какую-либо комплексно сопряженную базисную функцию Φ_m^* и проинтегрируем по координатам электронов r . При этом вместо Ψ подставим ее разложение (6).

$$\begin{aligned} \int \Phi_m^* (H - E) \sum_j \Phi_j \varphi_j dr &= \sum_j \left(\int \Phi_m^* (H - E) \varphi_j dr \right) \Phi_j = \\ \sum_j \left(\int \Phi_m^* (H_e + T_R - E) \varphi_j dr \right) \Phi_j &= \sum_j \left(\int \Phi_m^* (H_e - E) \varphi_j dr + \int \Phi_m^* T_R \varphi_j dr \right) \Phi_j = \\ &\stackrel{(7)}{\sum_j \left((\varepsilon_j - E) \int \Phi_m^* \varphi_j dr + \int \Phi_m^* \varphi_j dr T_R + \Lambda_{mj} \right) \Phi_j =} \\ &(\varepsilon_m - E + T_R) \Phi_m + \sum_j \Lambda_{mj} \Phi_j = 0 \end{aligned}$$

При проведении преобразований учитывалась зависимость или не зависимость разных величин от R и r и ортонормированность базисных функций, то есть тот факт, что

$$\int \Phi_m^* \varphi_j dr = \delta_{mj} \quad (8)$$

Λ_{mj} в (7) это оператор, представляющий собой часть второй производной по R , входящей в оператор кинетической энергии ядер:

$$\begin{aligned} T_R(\varphi_j \cdot f) &= -\frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{1}{M_i} \frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} (\varphi_j \cdot f) = \\ &= -\frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{1}{M_i} \left\{ \varphi_j \frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} f + 2 \left(\frac{\partial}{\partial \vec{R}_i} \varphi_j \right) \frac{\partial}{\partial \vec{R}_i} f + \left(\frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} \varphi_j \right) f \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

Первое слагаемое в фигурных скобках приводит в (7) к члену $\varphi_j T_R$, а два других к Λ_{mj} . Функция f это произвольная функция, на которую может действовать оператор T_R . (7) представляет собой бесконечную систему связанных между собой уравнений относительно коэффициентов разложения Φ_j . Если бы операторы Λ_{mj} были равными 0, то эта система распалась бы на независимые уравнения, каждое из которых можно было бы решать отдельно. Оказывается, что для многих молекул Λ_{mj} хотя и не равны 0, но являются достаточно малыми, чтобы в первом приближении ими можно было пренебречь, что и делается на практике. В таком случае уравнения (7) можно переписать в более удобном для их физической интерпретации виде:

$$(T_R + \varepsilon_m(R)) \Phi_m = E \Phi_m \quad (10)$$

Это уравнение по своей структуре полностью соответствует стационарному уравнению Шредингера. В нем присутствует оператор кинетической энергии материальных частиц T_R , в данном случае ядер. В нем имеется функция от координат этих

частиц, $\epsilon_m(R)$, которая стоит на том месте, где в уравнении Шредингера должна стоять потенциальная функция. В этом уравнении неизвестными выступают E и Φ_m , которые можно интерпретировать как энергию и волновую функцию ядер. В силу этого уравнение (10) называется ядерным уравнением Шредингера.

Таким образом, в случае пренебрежения операторами Λ_{mj} решение точного уравнения Шредингера (1) для всей молекулы сводится к решению двух более простых уравнений: уравнения (5) для электронов, движущихся в поле неподвижных ядер заданной конфигурации R , и уравнения (10) для ядер, движущихся в потенциальном поле, роль которого выполняет энергия электронного облака $\epsilon_m(R)$.

Данный подход называется адиабатическим приближением. Он еще имеет другие названия, приближение Борна – Оппенгеймера или метод разделения электронного и ядерного движений. Название адиабатическое приближение связано с тем, что под адиабатичностью понимается настолько медленное изменение параметров системы, когда в любой момент времени состояние системы такое же, как в стационарном, то есть в неподвижном, состоянии. В молекуле, твердом теле имеются две системы. Одна считается “быстрой”, - это электроны, вторая “медленной”, - ядра. Ядра по сравнению с электронами движутся настолько медленно, что в любой момент времени состояние электронной системы, которая за счет своей скорости успевает подстроиться под изменившееся расположение ядер, практически такое же, как если бы ядра были неподвижны.

Хорошим наглядным примером быстрой и медленной систем и адиабатичности движения является сосуд, наполненный газом, у которого одна стенка подвижная (поршень). Если поршень не движется, то в разных точках заполненного объема давление и плотность газа одинаковые. При очень быстром движении поршня, превышающем скорость движения частиц газа, содержимое сосуда не будет успевать следовать за поршнем, и тогда в разных точках внутри сосуда давление может оказаться разным. Это пример неадиабатического движения. Если же поршень будет двигаться намного медленнее, чем атомы газа, то газ всегда будет успевать заполнять освободившийся объем за поршнем. Такое движение будет адиабатическим.

Обычные молекулы являются компактными пространственными образованиями большого числа частиц, а именно, ядер и электронов, которые не разлетаются на большие расстояния друг от друга, а движутся все вместе плотной группой. Электроны в молекулах, точно так же, как в атомах, движутся по замкнутым траекториям вокруг ядер. Они никогда не падают на ядра, хотя и притягиваются к ним кулоновскими силами, но и не удаляются от них. Квантовая механика объясняет это компенсацией двух противоположных сил,

действующих на электроны, которые направлены в противоположные стороны. Притягивающие кулоновские силы противоположно заряженных частиц, и отталкивающие центробежные силы, возникающие при круговом движении. Такой эффект мы наблюдаем при движении спутников вокруг планет, где притяжение обусловлено гравитацией. Что касается ядер, то из механики известно, что для того чтобы механическая система была устойчивой необходимо, чтобы ее потенциальная функция, как функция координат частиц, имела минимум. Это означает, что адиабатическая энергия электронного облака $\epsilon_m(R)$, как функция R , должна иметь вид ямы.

Функцию $\epsilon_m(R)$ удобно изобразить графически, и проще всего это сделать для двухатомной молекулы, так как ядерная конфигурация двухатомной молекулы определяется лишь одним параметром, - расстоянием между ядрами. На рис. 1 показаны несколько зависимостей энергии электронов для нижних уровней молекулы NaH от межъядерных расстояний.

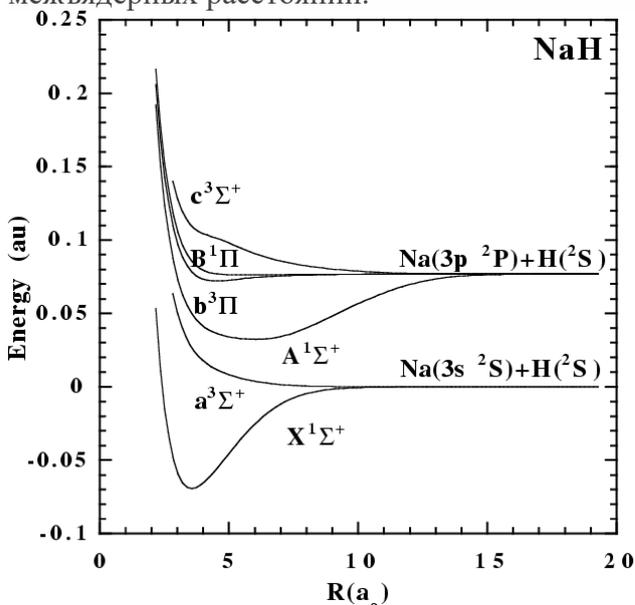


Рис. 1. Электронные уровни энергии молекулы NaH.

<http://www.aanda.org/articles/aa/full/2002/29/aa2344/aa2344.html>

Теоретически существует бесконечное количество линейно независимых решений уравнения Шредингера (5), то есть бесконечное количество электронных уровней энергии. Но для практических целей интерес представляют только нижние уровни. Каждый электронный уровень ведет себя по-разному при изменении R . Но всех их объединяет одинаковое поведение для крайних значений R . При сближении ядра испытывают усиливающееся кулоновское отталкивание одноименно заряженных частиц, поэтому энергия увеличивается и стремится к бесконечности. При растяжении молекулы она распадается на невзаимодействующие изолированные атомы и энергия такой распавшейся “молекулы” становится равной сумме энергий отдельных атом. Так как энергии

изолированных атомов могут иметь различные значения, то все кривые при $R \rightarrow \infty$ сходятся не к одной точке, а к разным.

Как видно из рисунка, есть кривые, у которых имеется провал. Эти кривые соответствуют устойчивым состояниям молекулы. Молекула стремится приобрести такую геометрическую форму, чтобы потенциальная энергия ядер была как можно меньше. Отметим, что в разных электронных состояниях конфигурация молекул разная, так как местоположение минимумов на оси R разное. Наличие ям в потенциальной кривой ядер означает появление возвратных сил, направленных в сторону дна. Имеются также кривые, в которых нет точек экстремума. Они соответствуют коротко живущим состояниям молекулы. В таких состояниях имеется только скатывающая сила, направленная на увеличение межъядерного расстояния. Молекула быстро разрушается или, как говорят, диссоциирует.

Ядра, находясь в потенциальной яме, совершают колебания относительно точки минимума потенциальной энергии. При прохождении минимума их скорость, а значит и кинетическая энергия максимальна, но при этом энергия электронов минимальна. Продолжая двигаться дальше вверх по потенциальной поверхности, ядра замедляются, их кинетическая энергия уменьшается, но энергия электронов увеличивается. Таким образом, в процессе колебаний ядер происходит непрерывная перекачка энергии от ядер к электронам и обратно. При этом суммарная энергия остается постоянной. Электронное облако является той средой, которая не дает ядрам разлететься.

Следует сказать несколько слов об обозначениях электронных уровней (кривых) на рис. 1. Самое нижнее электронное состояние называется основным состоянием. Все остальные состояния называются возбужденными. Центральная большая греческая буква обозначает квантовое число проекции электронного орбитального момента на ось молекулы, то есть на прямую, которая соединяет ядра. Это квантовое число может принимать целые положительные числа, начиная с 0 и далее с шагом 1. Соответствие между буквами, которые применяются в обозначении уровня, и числовыми значениями приведены в таблице.

Таблица 1

Соответствие между численными и буквенными обозначениями квантового числа проекции орбитального электронного момента на ось молекулы

0	1	2	3	4
Σ	Π	Δ	Φ	Γ

Верхний левый индекс у греческой буквы, в данном случае 1 или 3, называется мультиплетностью уровня. Мультиплетность, которая обозначается как χ , численно

равна $\chi = 2S + 1$, где S – суммарный спин электронов. Состояния, для которых $\chi = 1$ называются синглетными, а для которых $\chi = 3$ называются триплетными. Мультиплетность показывает кратность вырождения по спину.

Правый верхний индекс либо обозначен как +, либо отсутствует. Он указывает четность электронной волновой функции относительно отражения от плоскости, в которой находится ось молекулы. Для Π состояний понятие четности неприменимо, так как орбитальная волновая функция вырождена.

Самая левая буква, то есть стоящая первой, не имеет отношения ни к какому квантовому числу. Эта буква исторически используется для обозначения порядка следования электронных состояний. Основное состояние всегда обозначается буквой X . Все последующие возбужденные состояния обозначаются латинскими буквами в алфавитном порядке. Причем синглетные состояния маркируются заглавными буквами, а триплетные – прописными.

Здесь же на диаграмме указаны состояния отдельных атомов, на которые при диссоциации распадается молекула NaH . $3s^2S$ и 2S термы являются основными для атомов Na и H . $3p^2P$ есть первое возбужденное состояние атома Na .

Уравнение (10) для каждого m имеет бесконечное количество линейно независимых решений, поэтому его следует записывать, включив дополнительный индекс, нумерующий эти решения:

$$(T_R + \varepsilon_m(R))\Phi_{mk} = E_k\Phi_{mk} \quad (11)$$

Физически это означает, что ядра при одной и той же электронной конфигурации могут двигаться с различной энергией, что иллюстрируется рисунком 2. Каждая горизонтальная линия соответствует колебанию ядер с определенной энергией.

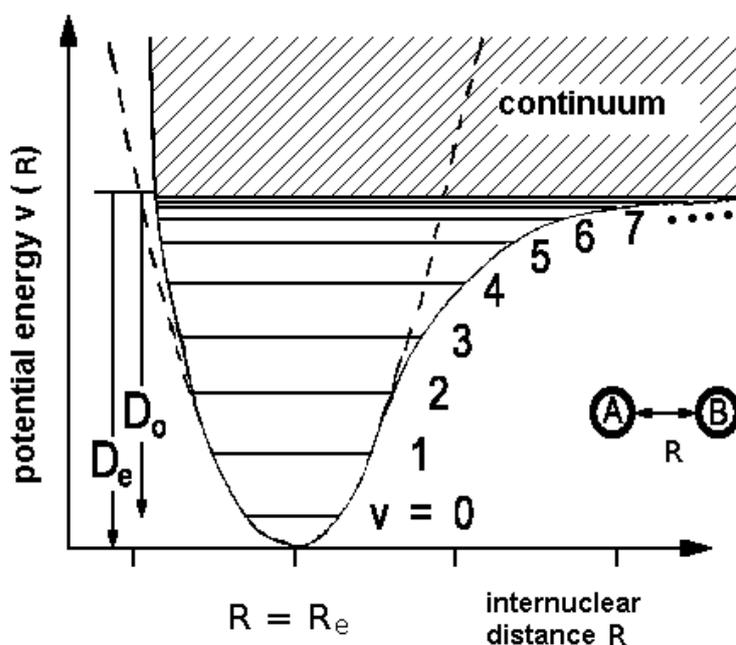


Рис. 2. Уровни энергии движения ядер двухатомной молекулы.
<http://www.pci.tu->

[bs.de/aggericke/PC4e/Kap_III/Vibration.htm](http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC4e/Kap_III/Vibration.htm)

На этом рисунке D_0 есть энергия диссоциации. Она отсчитывается от нижнего колебательного уровня. D_e - глубина потенциальной ямы. R_e – межъядерное состояние, соответствующее минимуму потенциальной кривой. v – колебательное квантовое число. Ядерная конфигурация, соответствующая минимуму потенциальной энергии называется равновесной (equilibrium), а все величины, относящиеся к ним, имеют индекс e .

В адиабатическом приближении в силу разделения связанной системы уравнений (7) для коэффициентов разложения Φ_{mk} на отдельные независимые уравнения (10), полная волновая функция молекулы представляется не в виде суммы (6), а в виде произведения ядерной и электронной функций:

$$\Psi_{mk}(R, r) = \Phi_{mk}(R)\phi_m(R; r) \quad (12)$$

Энергию молекулы в таком случае можно представить как сумму энергии электронов, соответствующей равновесной конфигурации и энергии ядер, отсчитанной от дна ямы

$$E = \epsilon_m(R_e) + \epsilon_n \quad (13)$$

Оказывается, что для большинства простых многоатомных молекул движение ядер может быть разделено на два независимых вида, а именно, на колебательное движение и вращательное движение. Колебания происходят в потенциальной яме, а вращение это обычное вращательное движение механического тела, состоящего из скрепленных друг с другом ядер. В этом случае ядерный гамильтониан с хорошим приближением может быть записан в виде суммы двух гамильтонианов, колебательного H_{vib} и вращательного H_{rot} , каждый из которых зависит от своих переменных

$$T_R + \varepsilon_m(R) = H_{vib}(Q) + H_{rot}(\alpha), \quad (14)$$

ядерная волновая функция представляется произведением колебательной и вращательной функций

$$\Phi(R) = \Psi_{vib}(Q)\Psi_{rot}(\alpha), \quad (15)$$

а ядерная энергия распадается на две части: колебательную и вращательную энергию

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{vib} + \varepsilon_{rot} \quad (16)$$

Переменные Q и α в выражениях (14) и (15) это набор обобщенных ядерных координат, используемых для решения колебательного и вращательного уравнения Шредингера. Они будут рассмотрены в соответствующих разделах.

Таким образом можно сказать, что в случае справедливости адиабатического приближения, в молекуле осуществляются три вида движений: электронное, колебательное и вращательное (поступательное движение не рассматривается). Электронное движение связано с электронным облаком, колебательное и вращательное с ядрами. В этом приближении полная энергия молекулы является суммой электронной, колебательной и вращательной энергий, а волновая функция произведением соответствующих функций.

$$E = \varepsilon_{el}(R_e) + \varepsilon_{vib} + \varepsilon_{rot} \quad (17)$$

$$\Psi(R, r) = \varphi(R; r)\Psi_{vib}(Q)\Psi_{rot}(\alpha) \quad (18)$$

Проведем качественную оценку величин энергий различных видов движения. Процедура оценки состоит в том, что соответствующее движение представляется как можно более простой моделью и внимание обращается только на порядки величин. При проведении качественного анализа часто приходится сталкиваться с оценкой величин производных разной степени. Это делается путем замены производной отношением максимального значения функции к области ее “локализации”, то есть

$$\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \sim \left| \frac{f}{d} \right| \quad (19)$$

Применительно к молекулам f это, как правило, волновая функция, а d характерный размер молекулы. Для молекул данный прием вполне приемлем, так как волновая функция, которая определяет плотность вероятности нахождения частиц в пространстве (вернее квадрат ее модуля), за пределами молекулы быстро стремится к 0. По аналогии вторая производная, которая есть последовательное взятие двух первых производных, может быть оценена следующим образом:

$$\left| \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right| = \left| \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial x} \right| \sim \left| \frac{\partial}{\partial x} \frac{f}{d} \right| = \left| \frac{f}{d^2} \right| \quad (20)$$

Кроме того, нужно отметить, что характерную величину энергии следует определять не как энергию какого-то состояния, а как разность энергий соседних состояний. Это

связано с тем, что энергии уровней определены с точностью до произвольной константы, одной для всех уровней.

Начнем с электронной энергии. Электронное движение можно представить себе, как вращение нескольких электронов вокруг молекулы по траекториям, имеющих размеры порядка d . Или даже одним электроном, так как несвязанных электронов, которые легко возбудить у молекул единицы. Тогда в качестве оценки энергии можно взять выражение

$$\varepsilon_{el} \sim \frac{L^2}{2I} \sim \frac{\hbar^2}{md^2}, \quad (21)$$

где L^2 - квадрат орбитального момента, I - момент инерции, m - масса электрона. Стоящая справа величина есть оценка разности энергий нижних уровней электрона, вращающегося вокруг положительного заряда (ядра).

По аналогии с вращением электронов сделаем оценку энергии вращения молекулы как единого целого. Для этого можно использовать формулу (21), в которой масса электрона заменена массой ядра:

$$\varepsilon_{rot} \sim \frac{J^2}{2I} \sim \frac{\hbar^2}{Md^2} \quad (22)$$

В этом выражении J^2 и I - квадрат углового момента и момент инерции молекулы.

Несколько больших усилий требует оценка колебательной энергии ядер. Для этого смоделируем колебания в виде колебаний одномерного осциллятора с массой M , в гармоническом потенциальном поле, близком к $\varepsilon_m(R)$, в котором движутся ядра (10).

Уравнение Шредингера для одномерного гармонического осциллятора имеет вид:

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2M} \frac{\partial^2}{\partial R^2} + \frac{1}{2}kR^2 \right\} \Phi = \varepsilon_{vib} \Phi \quad (23)$$

Здесь k это силовая постоянная, численно равная второй производной от $\varepsilon_m(R)$ в точке минимума:

$$k = \frac{\partial^2 \varepsilon_m}{\partial R^2} \quad (24)$$

оценка для которой, согласно формуле (20), есть

$$k \sim \frac{\varepsilon_{el}}{d^2} \quad (25)$$

Решения уравнения Шредингера для гармонического осциллятора хорошо известны, поэтому нетрудно записать оценку для колебательной энергии:

$$\varepsilon_{vib} \sim \hbar \sqrt{\frac{k}{M}} = \hbar \sqrt{\frac{\varepsilon_{el}}{Md^2}} \quad (26)$$

Вычислив отношения различных энергий, получим следующую цепочку приближительных равенств

$$\frac{\varepsilon_{el}}{\varepsilon_{vib}} \sim \frac{\varepsilon_{vib}}{\varepsilon_{rot}} \sim \sqrt{\frac{M}{m}} \quad (27)$$

Соотношения (27) показывают, что энергии различных видов движения внутри молекулы сильно различаются. Наибольшей энергией обладают электроны, следующей по величине является энергия колебаний ядер и наименьшую энергию имеет вращательное движение всей молекулы. Если в (27) для численной оценки в качестве M взять массу ядра атома водорода (наиболее легкого ядра из всех химических элементов, состоящего из одного протона), то величина $\sqrt{M/m}$ будет порядка

$$\sqrt{\frac{M}{m}} \sim 40 \quad (28)$$

Это значение подтверждается экспериментальными наблюдениями спектров различных молекул.

Прежде, чем идти дальше, вернемся к системе уравнений (7), которую перепишем еще раз в следующем виде

$$(T_R + \varepsilon_m(R) - E)\Phi_m = - \sum_j \Lambda_{mj} \Phi_j \quad (30)$$

и проведем на основании оценок величин различных видов внутримолекулярных движений качественный анализ справедливости адиабатического приближения. Левую часть будем рассматривать как основной оператор, а правую, как малое возмущение. Наша задача состоит в том, чтобы показать, что правую часть, то есть операторы Λ_{mj} , можно считать малыми. Операторы Λ_{mj} имеют следующий явный вид (см.(7) и (9)):

$$\Lambda_{mj} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_i \frac{1}{M_i} \int \varphi_m^* \left\{ 2 \left(\frac{\partial}{\partial \vec{R}_i} \varphi_j \right) \frac{\partial}{\partial \vec{R}_i} + \left(\frac{\partial^2}{\partial \vec{R}_i^2} \varphi_j \right) \right\} dr \quad (31)$$

Теперь, если воспользоваться формулами (19) и (20) для оценок производных, то

$$|\Lambda_{mj}| \sim \frac{\hbar^2}{Md^2} \quad (32)$$

что по порядку соответствует вращательной энергии (22). Среди всех Λ_{mj} нас интересуют те, у которых $m \neq j$. Они связывают уравнения для разных электронных уровней энергии. Те же, у которых $m = j$, можно просто включить в оператор в левой части (29) и рассматривать, как некоторую корректировку потенциальной и кинетической энергии ядер для данного электронного состояния. Вклад недиагональных операторов Λ_{mj} (то есть тех,

у которых $m \neq j$) в энергию уровней можно оценить, используя теорию возмущений второго порядка:

$$\Delta E \sim \frac{|\Lambda_{mj}|^2}{|(\epsilon_{el})_m - (\epsilon_{el})_j|} \sim \epsilon_{el} \left(\frac{\epsilon_{rot}}{\epsilon_{el}} \right)^2 \sim 10^{-6} \epsilon_{el} \quad (33)$$

Этим соотношением обосновывается справедливость адиабатического приближения.

Различие в величине энергий электронного, колебательного и вращательного движений в молекуле может быть проиллюстрировано следующим рисунком.

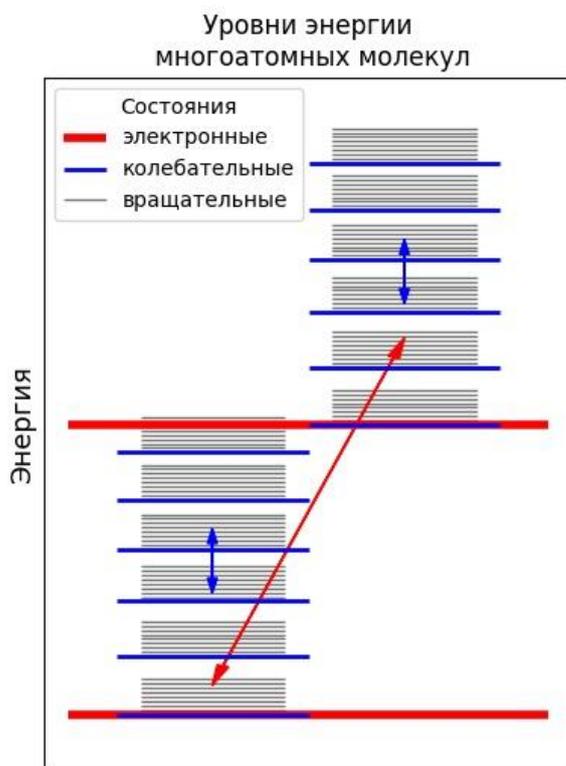


Рис. 3. Энергетическая диаграмма многоатомной молекулы.

На этом рисунке показаны два электронных состояния (уровни энергии, отмеченные красным цветом), колебательные уровни (синий цвет), вращательные уровни (черный цвет). Расстояние между уровнями определяется величиной энергии соответствующего движения. Наиболее разнесены электронные состояния. Ближе всего друг к другу расположены вращательные уровни, принадлежащие к одним и тем же электронному и колебательному состоянию.

Стрелками на рис.3 обозначены переходы между различными

уровнями. Красная стрелка показывает переход между уровнями в различных электронных состояниях. Это электронные переходы. Они лежат в видимой и ультрафиолетовой областях спектра электромагнитных волн. Синие стрелки это переходы внутри данного электронного состояния, происходящие с изменением колебательного (и вращательного) состояний. Кратко такие переходы называются колебательными (более точное название, - колебательно-вращательные переходы). Их частота соответствует инфракрасному диапазону. Наиболее длинноволновые переходы происходят между вращательными уровнями без изменения электронной и колебательной энергий. Здесь они не показаны. Они лежат в дальнем инфракрасном и микроволновом диапазонах.

Катуу заттардагы дефектер

Чыныгы кристаллдар идеалдаштырылган моделден атомдордун регулярдуу тизилишинин бир топ көп бузулушу менен айырмаланат. Кристаллдын мезгилдик түзүлүшүнөн кандайдыр бир четтөө дефекттер деп аталат. Структуралык дефекттер катуу заттардын касиетине олуттуу, кээде чечүүчү таасирин тийгизет. Мындай түзүлүшкө сезгич, б.а., структуралык дефекттерге көз каранды, касиеттери электр өткөргүчтүк, фото өткөргүчтүк, люминесценция, күч жана пластикалык, кристаллдык түс ж.б.

Кристаллдардын диффузиясы, кристаллдардын өсүүсү, кайра кристаллдашуу жана башка бир катар процесстер дефекттерге көз каранды деген божомолдун негизинде канааттандырыларлык түшүндүрүлөт. Азыркы учурда дефектер жөнүндө негизги маалымат физиктерге гана эмес, ошондой эле идеалдуу монокристаллдардын өсүшүнө катышкан катуу телолордун негизинде түзүлүштөрдүн конструкторлоруна жана жаратуучуларына, ошондой эле башка адистерге керек.

Дефекттердин классификациясы

Дефекттердин классификациясы, адатта, таза геометриялык белгилер боюнча, тактап айтканда, кристаллдык түзүлүштүн бузулуулары торчонун мүнөздүү параметринен ашкан аралыктарга жайылган өлчөмдөрдүн саны боюнча жүргүзүлөт.

Дефекттердин төрт классы бар.

Чекиттик (нөл-өлчөмдүү) дефекттер. Алардын аталышы структуралык бузулуулар кристаллдын айрым чекиттеринде локализацияланганын көрсөтүп турат. Бардык үч өлчөмдө бул дефекттердин өлчөмдөрү бир же бир нече атом аралык аралыктан ашпайт. Чекиттик дефекттерге вакансиялар (кристаллдык торчонун бош жерлери *), аралыктардагы атомдор, участкактордогу же аралардагы кошулма атомдор, ошондой эле кошулма-боштук, кошулмалуу комбинациялар, кош жана үчтүк бош орундар (ди- жана тривакансиялар ж.б.) кирет. .

Сызыктуу (бир өлчөмдүү) дефекттер мезгилдүүлүктүн бузулушу бир өлчөмдө торчонун параметринен бир топ чоң аралыктарга таралышы менен мүнөздөлөт, ал эми калган эки өлчөмдө бир нече параметрден ашпайт.

Сызыктуу дефекттер дислокациялар, микро жаракалар. Чекиттик дефекттердин чынжырларынан туруксуз сызыктуу дефекттердин пайда болушу да мүмкүн.

Эки өлчөмдүү беттик (эки өлчөмдүү) дефекттер торчонун параметринен көп эсе чоң өлчөмдөргө ээ, үчүнчүсүндө - бир нече параметрлер.

Чектеги жана эгиз чектер, жумгакталган жаракалар, фаза аралык чек аралар, домендик дубалдар жана кристаллдын бети эки өлчөмдүү дефекттер болуп саналат.

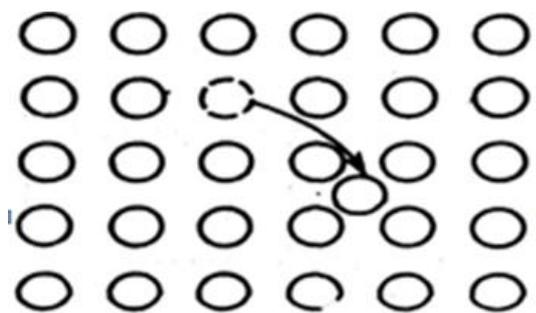
Көлөмдүк (үч өлчөмдүү) дефектер башка фазадагы микроболуктар жана кошулмалар. Алар, адатта, кристаллдардын өсүшү учурунда же кристаллга белгилүү бир аракеттердин натыйжасында пайда болот. Мисалы, кристаллдашуу жүргүзүлүүчү эритмеде көп сандагы аралашмалардын болушу экинчи фазадагы чоң бөлүкчөлөрдүн чөгүшүнө алып келиши мүмкүн. Эки өлчөмдүү дефекттер эритмеде аралашмалардын болушуна да байланыштуу болушу мүмкүн. Дислокациялар кристаллдын өсүү же андан кийинки иштетүү учурунда пластикалык деформациясынын натыйжасында пайда болот.

Катуу заттарда ысытуудан (*термикалык дефекттерден*), тез бөлүкчөлөр менен нурлануудан (*радиациялык дефектер*), химиялык кошулмалардын курамындагы стехиометриядан четтөөлөрдөн (*стехиометриялык дефектер*) жана пластикалык деформациядан чекиттик дефекттер пайда болушу мүмкүн.

Жылуулуктан пайда болгон точкалык дефектер

Термодинамикалык тең салмактуулук чекитинин кемтиктеринин пайда болуу механизмин биринчи жолу Я.И.Френкель тарабынан сунуш кылган. Ал киргизген тушунуктор жөнөкөй жана түшүнүктүү. Физикада сублимация кубулушу, катуу заттардын бууланышы жакшы белгилүү. Катуу заттардын бетинде, ошондой эле суюктуктун үстүндө дайыма берилген заттын атомдоруна турган «буу» болот. Кристаллдын үстүнкү катмарын түзгөн атомдор ысытуунун натыйжасында бетинен ажырап, курчап турган мейкиндикке өтүүгө жетиштүү кинетикалык энергияга ээ боло алышат. Я.И.Френкель мындай бөлүнүү беттик атомдор үчүн гана эмес, кристаллдын ичиндеги атомдор үчүн да болушу мүмкүн деп сунуш кылган. Чынында эле, статистикалык физиканын негизги принциптерине ылайык, атомдордун орточо кинетикалык энергиясы өтө аз болгон учурда да, кинетикалык энергиясы өтө чоң боло турган кристаллда ар дайым кандайдыр бир сандагы атомдор болот; Мындан тышкары, бул кубулуштун ыктымалдык мүнөзүнө ылайык, кристаллдын каалаган атому тигил же бул убакта кристаллдын атомдорунун орточо кинетикалык энергиясынан алда канча чоң энергияга ээ боло алат. Мындай атом тең салмактуулук абалынан, б.а., торчодон чыгып кете алат. Кристалл аркылуу жылып, энергияны атомдордун калган бөлүгүнө өткөрүп берип, ал жаңы тең салмактуулук абалын ээлейт. Эгерде бардык жакынкы торчодо түйүндөрдү ээлеген болсо, анда ал аралыкта гана жайгаша алат. Калган бош торчо бош орун деп аталат.

Торчодогу боштук вакансия деп аталат. ТОРЧОДОГУ ТҮЙҮНДӨР АРАЛЫК АТОМ ЖЕ ИОН ЖАНА БОШТУК Френкелдин дефекти деп аталат. 1-суротто Френкелдин дефекти корсотулгон. Френкелдин дефектинин концентрациясын томонку барабардык менен аныктоого болот.



1 - сурот

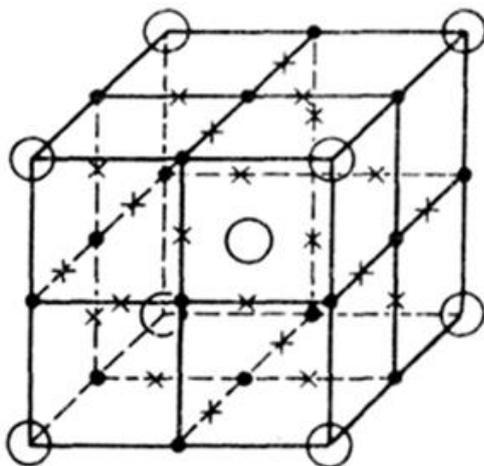
Парные дефекты Френкеля возникают легче в кристаллах, содержащих большие межатомные промежутки, чем в плотно-упакованных. В последних для междоузельных атомов, попросту говоря, нет места. Примером кристаллов первого типа являются кристаллы со структурой алмаза и каменной соли, а кристаллов второго типа — металлы с плотной упаковкой. Так, например, маловероятно встретить при обычных условиях междоузельные атомы в гранцентрированных (ГЦК) металлах. Единственным типом междоузельных атомов здесь являются лишь малые примесные атомы, такие, как атомы бора, углерода, азота. Жупташкан Френкель дефекттери тыгыз пакеттелгендерге караганда ири атом аралык боштуктарды камтыган кристаллдарда оңой пайда болот. Акыркысында

интерстициалдык атомдор үчүн жөн эле орун жок. Биринчи типтеги кристаллдарга алмаздын жана таш тузунун структурасындагы кристаллдарды, ал эми экинчи типтеги кристаллдарды тыгыз капталган металлдарды айтсак болот. Ошентип, мисалы, бет-борборлуу (fcc) металлдарда кадимки шарттарда интерстициалдык атомдор менен жолугушу күмөн. Бул жердеги интерстициалдык атомдордун жападан жалгыз түрү - бор, көмүртек жана азот атомдору сыяктуу кичинекей аралашма атомдор.

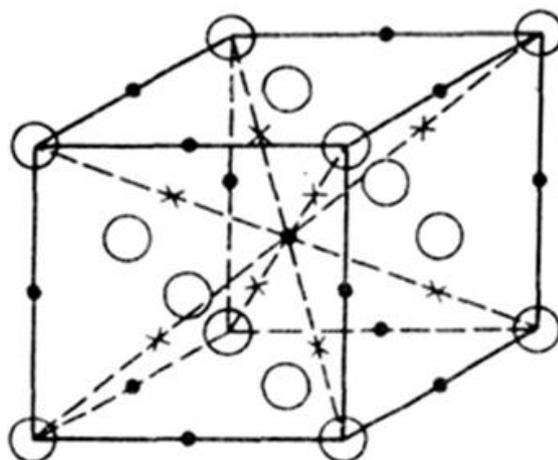
ГЦК торчо $(1/4, 1/4, 1/4)$ тибиндеги тетраэдрикалык туйундор аралык торчого, ал эми октаэдрикалык $(1/2, 1/2, 1/2)$ тибиндеги жонокой торчого ээ болот жана 2-суротто корсотулгон.

fcc торчосунда алар тибиндеги $(1/4, 1/4, 1/4)$ же бир аз кененирээк октаэдрдик тибиндеги $(1/2, 1/2, 1/2)$ өтө жакын тетраэдрдик интерстицияларды ээлейт (2-сурот). Тетраэдрдик симметриялуу тетраэдрдик $(1/2, 1/4, 0)$ тибиндеги, ошондой эле бир аз кененирээк $(1/2, 1/2, 0)$ типтеги тип жана эквиваленттүү аралыктар $(1/2, 0, 0)$ (3-сурот).

Алмаз, вюрцит, цинк аралашмасы жана аларга жакын түзүлүшү бар жарым өткөргүчтөр салыштырмалуу бош. Аларда интерстициалдык атомдор оңой жайгаша турган чоң атом аралык боштуктар бар. Алмаз структурасындагы аралар тетраэдрдик чөйрөгө ээ. Алардын жайгашкан жери 4-сүрөттө көрсөтүлгөн. Интерстициалдык атомдорду мүмкүн болушунча жайгаштыруу, иондук байланыштары бар структуралар тыгыз пакеттелген металлдар менен коваленттик байланыштары бар жарым өткөргүчтөрдүн ортосунда аралык позицияны ээлейт. Тор геометриясы алар үчүн бир аз мейкиндикти калтырса да, иондор көп учурда көлөмү боюнча абдан айырмаланып турат жана натыйжада бир кыйла тыгыз таңгак болот. Демек, иондук кошулмаларда интерстициалдык атомдордун пайда болуу ыктымалдыгы бир заттан экинчисине абдан өзгөрөт.



2-сурот. ГЦК торчодогу туйундор аралык дефектердин жайгашуусу корсотулгон. X-тетраэдрика, o - октаэдрика

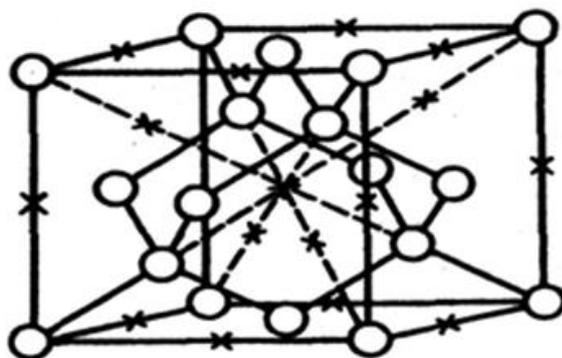


3-сурот. ОЦК торчодогу туйундор аралык дефектердин жайгашуусу корсотулгон. Х-тетраэдрика, о - октаэдрика

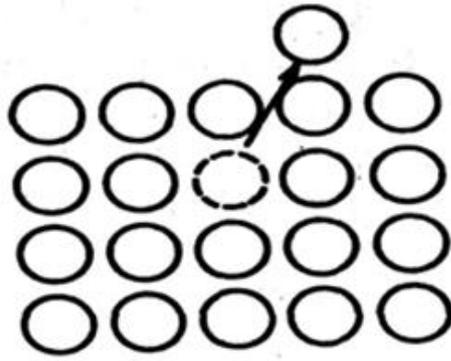
Жупташкан дефекттерден тышкары Френкель боюнча кристаллдарда бир чекиттик дефектер – вакансиялар да бар, аларды биринчи жолу В.Шотки караган (5-сүрөт).

Шоттки дефекттери демейде атомдор тыгыз пакеттелген кристаллдарда пайда болот, мында интерстициалдык атомдордун пайда болушу кыйын жана энергетикалык жактан ыңгайсыз. Мындай кристаллда дефект пайда болуу процесси төмөнкүчө жүрүшү мүмкүн. Жылуулук кыймылынын натыйжасында кристаллдын бетине жакын катмардан чыккан кээ бир атомдор «жарым-жартылай» диссоциациялануу абалында болушу мүмкүн. (5-сүрөт). Андан кийин пайда болгон боштук кристаллдын негизги бөлүгүнө өтөт.

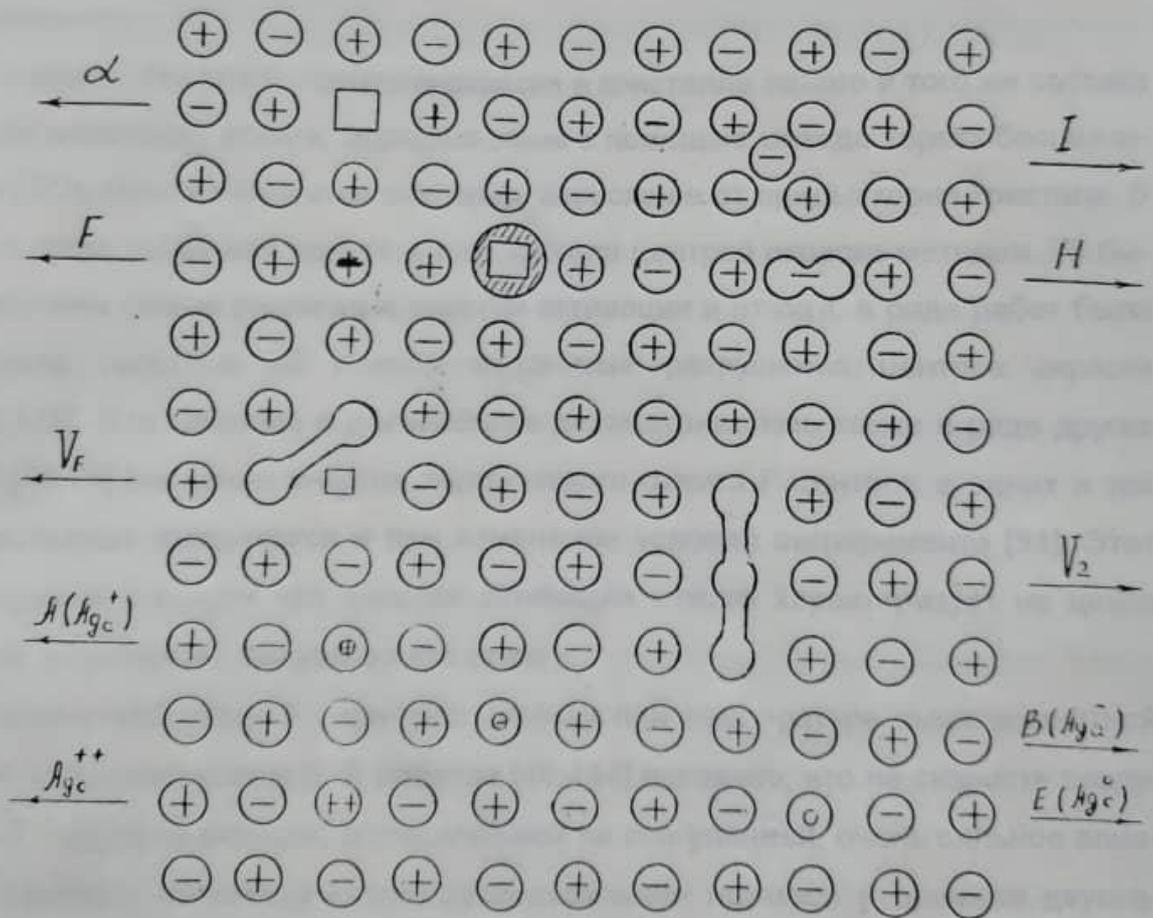
Шоттки боюнча дефекттердин пайда болушу кристаллдын тыгыздыгын анын туруктуу массада көлөмүнүн көбөйүшүнөн азайтат. Френкель дефекттеринин пайда болушунда кристаллдын көлөмү өзгөрбөгөндүктөн тыгыздык өзгөрүүсүз калат. Тыгыздык өлчөөлөр көрсөтүп турат, мисалы, таза щелоч галоиддик кристаллдар үчүн Шоттки дефекттери үстөмдүк кылуучу дефект, ал эми таза күмүш галогендуу кристаллдар үчүн Френкель дефекттери



4-сурот. Алмаздагы тетраэдрикалык туйундор аралык дефектердин жайгашуусу: х – туйундор аралык, о - атом



5-сурот. Шотткинин дефекти.



- \oplus - Катион
- \ominus - Анион
- \square - Вакансия
- \odot - Ион (атом примеси)

Дислокации в кристаллах – специфические линейные дефекты, нарушающие правильное чередование атомных плоскостей. В отличие от точечных дефектов, нарушающих ближний порядок, дислокации нарушают дальний порядок в кристалле, искажая всю его структуру.

Кристалл с правильной решеткой можно изобразить в виде семейства параллельных атомных плоскостей (рис. 2,а)

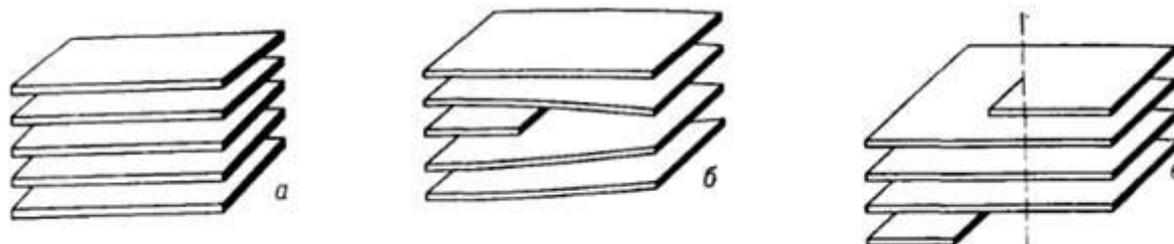


Рис. 14.2. Основные виды дислокаций

Идеальная система атомных плоскостей (а);

краевая дислокация (б); винтовая дислокация (в)

Если одна из плоскостей обрывается внутри кристалла (рис. 2,б), то ее край образует линейный дефект, называемый краевой дислокацией. Рис. 2,в иллюстрирует другой простейший тип дислокации – винтовую дислокацию. Здесь ни одна из атомных плоскостей не оканчивается внутри кристалла, но сами плоскости лишь приблизительно параллельны и смыкаются друг с другом так, что фактически кристалл состоит из единственной винтообразно изогнутой атомной плоскости.

При каждом обходе вокруг оси дислокации эта «плоскость» поднимается (или опускается) на один шаг винта, равный межплоскостному расстоянию. Ось винтовой лестницы и образует линию дислокации.

Основной геометрической характеристикой дислокации является так называемый вектор Бюргера. Для отыскания вектора Бюргера нужно составить из векторов трансляции контур так, чтобы он замыкался в идеальной решетке. Тогда этот контур (контур Бюргера), построенный вокруг линии дислокации, окажется разорванным (рис. 3). Вектор трансляции, который нужно провести для того, чтобы соединить начало и конец контура, и называется вектором Бюргера дислокации.

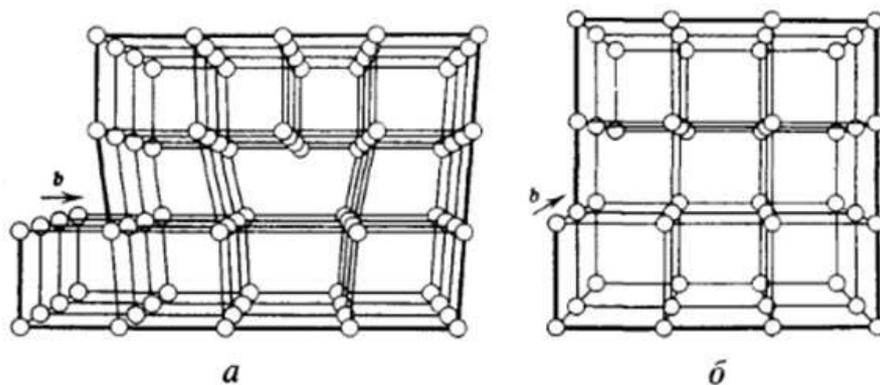


Рис. 14.3. Вектор Бюргера для краевой дислокации (а) и для винтовой дислокации (б)

В случае краевой дислокации (рис.14.3,а) вектор Бюргера перпендикулярен линии дислокации, а его длина равна лишнему межплоскостному расстоянию, соответствующему оборванной плоским. В случае винтовой дислокации (рис. 14.3,б) вектор Бюргера параллелен дислокации и равен по величине шагу винта. При других значениях угла между дислокацией и вектором Бюргера получаются смешанные дислокации.

Ширина области дислокации не превышает нескольких межуатомных расстояний. Вдали от этой области искажения решетки столь малы, что ими обычно пренебрегают.

Для краевой дислокации принимается положительный знак, если лишняя полуплоскость находится сверху. Изображенную на рис. 14.3,а краевую дислокацию следует считать положительной.

В положительной дислокации в верхней части кристалла действуют сжимающие напряжения со стороны неискаженной части кристаллической решетки, а в нижней – растягивающие напряжения. Отрицательная дислокация соответствует случаю, когда часть кристалла выше дислокации подвержена напряжениям растяжения, а нижняя часть – напряжениям сжатия.

Для винтовой дислокации знак зависит от направления обхода контура Бюргера. Обычно обход производится по часовой стрелке (сети смотреть вдоль условного направлении дислокации), так что на рис 14.3,б винтовую дислокацию следует считать идущей на нас.

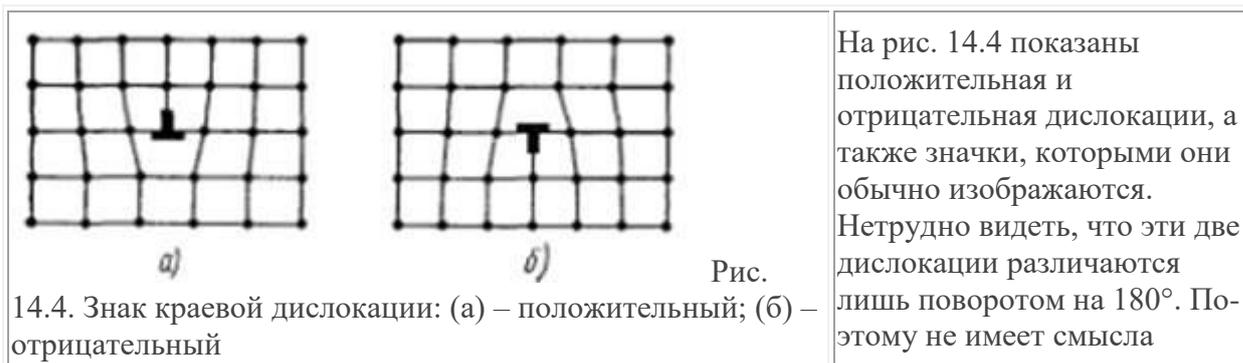


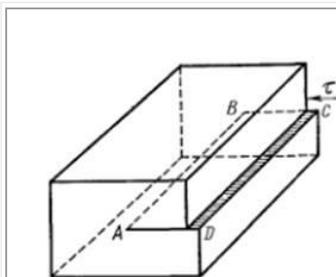
Рис. 14.4. Знак краевой дислокации: (а) – положительный; (б) – отрицательный

На рис. 14.4 показаны положительная и отрицательная дислокации, а также значки, которыми они обычно изображаются. Нетрудно видеть, что эти две дислокации различаются лишь поворотом на 180°. Поэтому не имеет смысла

одна: ее знак имеет значение, если рядом есть другая дислокация.

Дислокации взаимодействуют между собой посредством упругих сил: дислокации одного знака отталкиваются, дислокации разных знаков притягиваются.

На рис. 14.5 показан кристалл, на который действует сдвигающее напряжение, приводящее к пластической деформации. Видно, что граница сдвига АВ, отделяющая сдвинутую область от несдвинутой, и есть линия краевой дислокации, перпендикулярная вектору сдвига.

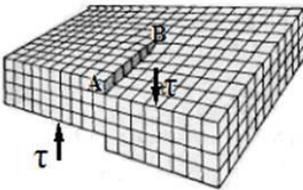
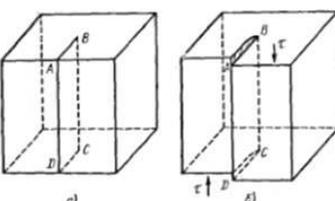


14.5. Сдвиг, создающий краевую дислокацию

Рис.

В кристалле началась пластическая деформация: верхняя половина кристалла сдвигается относительно нижней половины по плоскости скольжения. Под действием внешнего механического напряжения дислокации в кристалле могут двигаться. Поскольку знаки напряжений, создаваемых положительной и отрицательной дислокациями, противоположны, то

разноименные дислокации движутся в разные стороны под действием одного и того же внешнего напряжения. Дислокации с разными знаками, движущиеся в одной плоскости, при встрече взаимно уничтожаются (аннигилируют), в результате чего восстанавливается целостность решетки.

 <p>Рис. 14.6. Сдвиг, создающий винтовую дислокацию</p>	<p>Винтовая дислокация в кристалле тоже возникает при сдвиге одной части кристалла относительно другой, но, в отличие от краевой дислокации, линия винтовой дислокации параллельна вектору сдвига (рис. 14.6). Можно представить, что в кристалле произведен разрез (рис. 14.7,а), а затем сдвиг вдоль плоскости разреза (рис. 14.7,б). Линия ВС, отделяющая сдвинутую часть от несдвинутой, и есть линия винтовой дислокации. Выход винтовой дислокации на поверхность кристалла заканчивается ступенькой. Если попробовать «залечить» винтовую дислокацию,</p>
 <p>Рис. 7. Образование винтовой дислокации</p>	

добавив недостающую атомную плоскость, то ступенька только сдвинется на одно межплоскостное расстояние, но не исчезнет.

Так же, как и для краевой дислокации, в случае винтовой дислокации искажения решетки сосредоточены вблизи линии дислокации в узкой области размером в несколько межатомных расстояний.

Линия дислокации не может кончаться внутри кристалла. Она должна либо выходить на поверхность кристалла, либо разветвляться на другие дислокации, либо образовывать внутри кристалла замкнутую петлю.

Таким образом, дислокация – это граница области незавершенного сдвига внутри кристалла, или нарушение правильности структуры вдоль некоторой линии, которая не может оборваться внутри кристалла. Оба эти определения эквивалентны.

Характерной особенностью дислокаций является их подвижность: под действием внешних сил дислокация может перемещаться по кристаллу. Это движение дислокации связано с пластической деформацией кристалла.

Пусть под действием внешней силы в кристалле произошел сдвиг и границей области сдвига является краевая дислокация (рис. 14.8,а).

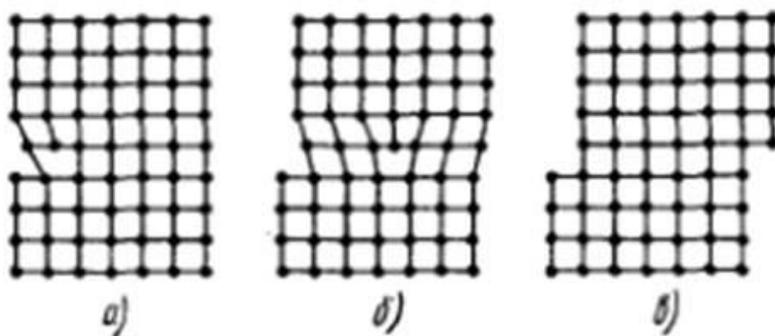


Рис. 14.8. Скольжение краевой дислокации

Для того чтобы этот сдвиг распространялся дальше и дислокация передвинулась в плоскости скольжения на одно межплоскостное расстояние, не нужен перенос массы и не нужно разрывать связи во всех атомных плоскостях, пересекающих плоскость скольжения. Достаточно, чтобы разорвалась связь по одной соседней плоскости, тогда дислокация переместится на одно межатомное расстояние вправо (рис. 14.8,б). При этом лишняя атомная полуплоскость сама никуда не перемещается, а как бы передает «эстафету» соседней плоскости: целостность плоскости, которая была оборванной, восстанавливается, а соседняя плоскость становится оборванной.

Сдвиг происходит не одновременно по всей плоскости скольжения, а зарождается в слабом месте и постепенно распространяется по плоскости, так что в каждый момент в энергетически невыгодном положении находится лишь относительно небольшое количество атомов окаю границы между сдвинутой и несдвинутой частями кристалла. Граница зоны сдвига, т. е. линия дислокации, перемещается в плоскости скольжения «по эстафете».

Когда скользящая краевая дислокация пересекает весь кристалл и выходит на его поверхность, верхняя половина кристалла оказывается сдвинутой относительно нижней на одно межплоскостное расстояние, так что на боковой поверхности кристалла образуется ступенька, а па всем пути, где прошла дислокация, восстанавливается целостность решетки (рис. 14.8,в).

Важно отметить, что скольжение дислокации и пластическая деформация кристалла произошли без переноса массы. Плоскость, в которой движется дислокация, называется плоскостью скольжения.

Кроме движения скольжения, при котором полуплоскость перемещается параллельно самой себе, возможен и другой вид дислокационного движения – когда плоскость движется вдоль самой себя, глубже входя в кристалл или, наоборот, выходя из него. Этот вид движения краевой дислокации называется переползанием.

Количественной характеристикой концентрации дислокаций является параметр, называемый "плотностью дислокаций". Это число линий дислокаций, пересекающих единичную площадку в кристалле, ориентированную под определенным углом к осям координат

Очевидно, что плотность дислокаций может быть разной при различной ориентации этой площадки в кристалле, поэтому плотность дислокаций является, строго говоря, тензорной величиной. Но обычно плотность дислокаций принимают примерно

одинаковой для всех направлений, и можно считать, что плотность дислокаций равна числу дислокационных линий, пересекающих единицу площади кристалла в каком-нибудь удобном для наблюдения направлении.

В кристаллах, выращенных обычными методами кристаллизации из расплава, плотность дислокаций примерно составляет $(10^4 - 10^6) \text{ см}^{-2}$. Путем специальной термической обработки можно понизить эту плотность до $(10^3 - 10^4) \text{ см}^{-2}$.

Наилучшие полупроводниковые кристаллы, полученные путем выращивания, имеют плотность дислокации $(10^2 - 10^3) \text{ см}^{-2}$. Специально выращенные нитевидные бездислокационные кристаллы (так наз. "усы") содержат всего одну дислокацию и обладают прочностью, существенно превосходящей обычные кристаллы или поликристаллические материалы.

В результате пластической деформации плотность дислокаций быстро возрастает на несколько порядков $(10^8 - 10^{10}) \text{ см}^{-2}$.

Чтобы лучше представить это число, отметим, что при плотности дислокаций 10^8 см^{-2} общая длина всех дислокаций, содержащихся в 1 куб мм кристалла, составляет 1 километр.

Большинство методов экспериментального наблюдения дислокаций основано на регистрации напряжений или искажений в решетке, обусловленных дислокацией.

Студентдин өз алдынча окуусу үчүн тесттик суроолор.

1. Катуу заттардын физикасы жана кристаллография эмнени окутат?
- а) Катуу заттардын оптикалык, жылуулук жана электрдик касиеттерин заттардын ички түзүлүшү, зоналык теориясын окутат?
 - б) Суюктуктардын касиетин окутат
 - в) Газдардын касиетин окутат
 - г) Туура жообу жок
2. Катуу заттарда кандай күчтөр аракеттенишет?
- а) 1. Тартылуу күчү
2. Түртүлүү күчү
 - б) 1. Ядролук күчү
2. Тартылуу күчү
 - в) 1. Электромагниттик күч
2. Түртүлүү күчү
 - г) Туура жообу жок
3. Молекулярдык (Ван-дер Вальстык) байланыш кандай аракеттенүүлөрдөн көз-каранды?
- а) 1. Дисперсиондук
2. Ориентациялык
3. Индукциондук
 - б) 1. Дисперсиондук
2. Ориентациялык
3. Ядролук
 - в) 1. Ориентациялык
2. Ядролук
3. Атомдук
 - г) Туура жообу жок
4. Дисперсиондук аракеттенишүү кайсы формула менен табылат?
- а) $U = -\frac{3\alpha^2 J}{4r^6}$
 - б) $U = -\frac{M^2}{2\pi\epsilon_0 \pi r^3}$
 - в) $U = \frac{M^4}{24\pi^2 \epsilon_0 2KTr}$
 - г) туура жообу жок
5. Суутектик байланыш кантип ишке ашат?
- а) Молекулалардын ортосундагы байланыш.
 - б) Атом бир электронун берип он ионго, бир электронду алган атом терс ионго айланып иондук байланышты түзөт.
 - в) Жалпыланган электрондордун жардамында атомдордун арасындагы күчтүү байланыш.
 - г) Туура жообу жок
6. Эмне себептен адиабаттык жакындаштырууну пайдаланабыз?
- а) Чексиз көп өзгөрүлмөлүү.
 - б) Атомдордун абалын аныктоо үчүн.
 - в) Электрондон гана көз каранды болгон функцияны чечүү үчүн.

г) Ядролорду кыймылсыз деп, электрондордун абалын аныктоо үчүн.

7. Бир электрондук жакындаштырууну эмне себептен пайдаланабыз?

- а) Электрондон гана көз каранды болгон функцияны чечуу үчүн.
- б) Атомдордун абалын аныктоо үчүн
- в) Чексиз көп өзгөрүлмөлүү
- г) Ядролорду кыймылсыз деп, электрондордун абалын аныктоо үчүн

8. Бравенин канча торчосу бар?

- а) 14
- б) 10
- в) 12
- г) 13

9. Катуу телолордун кристалдык торчосундагы толкундардын дифракциясы кайсы формула менен аныкталат?

- а) $2d \sin \varphi = k\lambda$
- б) $d \sin \varphi = m\lambda$
- в) $\alpha \sin \varphi = k\lambda$
- г) Туура жообу жок

10. Кристалдык торчодогу толкундардын дифракциясын кимдин формуласы менен аныктайбыз?

- а) Вульф-Брэнг
- б) Френель
- в) Гюгенс
- г) Туура жообу жок

11. Кристалдык торчолордон кайсы нур дифракцияланат?

- а) 1. Нейтрон
2. Рентген
3. Электрон
- б) 1. Нейтрон
2. α -бөлүкчө
3. Электрон
- в) 1. Рентген
2. Электромагниттик толкун
3. Ион.
- г) 1. Электрондордун агымы.
2. Электромагниттик толкун.
3. Ион

12. Кристалдык торчону электрондук микроскоп менен тарткан учурда кайсы нур пайдаланылат?

- а) 1. Электрондордун агымы
2. Электромагниттик толкун
3. Ион
- б) 1. Нейтрон
2. α -бөлүкчө
3. Электрон
- в) 1. Рентген
2. Электромагниттик толкун

- 3.ион
г)1.Нейтрон
2.Рентген
3.Электрон

13.Катуу телолордогу деффект деген эмне ?
а)Кристалдык торчодогу кемчилдик - бузулуу.
б)Кристалдагы иондор
в)Ашыкча электрондор
г)Туура жообу жок.

14.Точкалык деффект деген эмне ?
а)Бир же бир нече атомдор аралыктан ашпаган, торчонун бузулушу.
б)Дислокациялар
в)Монокристалдардын чеги , кабатталуу
г)Кристалдардагы жаракалар.

15.Сызыктуу деффект деген эмне?
а) Дислокациялар
б)Бир же бир нече атомдор аралыктан ашпаган , торчонун бузулушу.
в) Монокристалдардын чеги , кабатталуу.
г) Кристалдардагы жаракалар.

16.Беттик деффект деген эмне?
а) Монокристалдардын чеги , кабатталуу
б) Дислокациялар
в) Бир же бир нече атомдор аралыктан ашпаган , торчонун бузулушу.
г) Кристалдардагы жаракалар

17.М – түстөнүү борбору бул-?
а)Эки электронду кармаган иондук боштук
б)Бир электронду кармаган иондук боштук
в)Бир көзөнөктү кармаган катиондук боштук
г)Автолокализацияланган көзөнөк

18.Р – түстөнүү борбору бул-?
а)Бир көзөнөктү кармаган катиондук боштук
б)Бир электронду кармаган иондук боштук
в)Эки электронду кармаган иондук боштук
г)Автолокализацияланган көзөнөк

19.Ф — түстөнүү борбору -?
а) Бир электронду кармаган иондук боштук
б) Эки электронду кармаган иондук боштук
в) Бир көзөнөктү кармаган катиондук боштук
г) Автолокализацияланган көзөнөк

20.Ф-түстөнүү борбору деген түшүнүктү илимге ким киргизген?
а)Де-Бурь
б)Де-Бройль
в)Френкель
г)Шоттки.

21. Ориентациялык аракеттенишүү кайсы формула менен табылат?

а) $U = -\frac{M^2}{2\pi\epsilon_0\pi r^3}$

б) $U = -\frac{3\alpha^2 J}{4r^6}$

в) $U = \frac{M^4}{24\pi^2\epsilon_0 2KTr}$

22. Индукциондук аракеттенишүү кайсы формула менен табылат?

а) $U = \frac{M^4}{24\pi^2\epsilon_0 2KTr}$

б) $U = -\frac{M^2}{2\pi\epsilon_0\pi r^3}$

в) $U = -\frac{3\alpha^2 J}{4r^6}$

г) Туура жообу жок.

23. Иондук байланыш кантип ишке ашат?

а) Атом бир электронун берип оң ионго, бир электронду алган атом терс ионго айланып иондук байланышты түзөт.

б) Жалпыланган электрондордун жардамында атомдордун арасындагы күчтүү байланыш

в) Молекулалардын ортосундагы байланыш

г) Туура жообу жок

24. Коваленттик байланыш кантип ишке ашат?

а) Жалпыланган электрондордун жардамында атомдордун арасындагы күчтүү байланыш

б) Атом бир электронун берип оң ионго, бир электронду алган атом терс ионго айланып иондук байланышты түзөт

в) Молекулалардын ортосундагы байланыш

г) Туура жообу жок

25. Бравенин торчосун кайсы параметрлер аныктайт?

а) 1. Торчонун жактары

2. Торчонун бурчтары

б) 1. Торчонун жактары

2. Брюллэндин зонасы
- в) 1. Торчонун бурчтары
2. Атомдор аралык-аралык
- г) Туура жообу жок

26. Кубдук торчонун параметрлери кандай?

- а) 1. $a = b = c$
2. $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- б) 1. $a \neq b \neq c$
2. $\gamma = \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ$
- в) 1. $a = b \neq c$
2. $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- г) 1. $a = b \neq c$
2. $\alpha = \beta = 90^\circ$
3. $\gamma = 120^\circ$

27. Кристалдык торчодогу индекстер кимдин индекси деп аталат?

- а) Миллер
б) Эйнштейн
в) Шредингер
г) Туура жообу жок

28. Түйүндөр индекси кандай бүтүн сандар менен белгиленет

- а) 1. $x = ma$
2. $y = nb$
3. $z = pc$
- б) 1. $x = a$
2. $y = b$
3. $z = c$
- в) 1. $x = m$
2. $y = n$
3. $z = p$
- г) Туура жообу жок

29. Рентген нурунун толкун узундугу кайсы формула менен аныкталат?

а)

$$\lambda = \frac{12,4}{\varepsilon(\text{кэВ})}$$

б)

$$\lambda = \frac{0,28}{\sqrt{\varepsilon_{1\text{эВ}}}}$$

в)

$$\lambda = \frac{12}{\sqrt{\varepsilon \lambda B}}$$

г)

$$\lambda = \frac{2\alpha \sin \varphi}{n}$$

30. Нейтрондордун толкун узундугу кайсы формула менен аныкталат?

а)

$$\lambda = \frac{0,28}{\sqrt{\varepsilon \lambda B}}$$

б)

$$\lambda = \frac{12,4}{\varepsilon(\text{кэВ})}$$

в)

$$\lambda = \frac{12}{\sqrt{\varepsilon \lambda B}}$$

г)

$$\lambda = \frac{2\alpha \sin \varphi}{n}$$

31. Электрондордун толкун узундугу кайсы формула менен эсептелет?

а)

$$\lambda = \frac{12}{\sqrt{\varepsilon \lambda B}}$$

б)

$$\lambda = \frac{0,28}{\sqrt{\varepsilon \lambda B}}$$

в)

$$\lambda = \frac{12,4}{\varepsilon(\text{кэВ})}$$

г)

$$\lambda = \frac{2\alpha \sin \varphi}{n}$$

32. Көлөмдүк деффе́кт деген эмне?

а) Кристалдагы жаракалар.

б) Бир же бир нече атомдор аралыктан ашпаган, торчонун бузулушу.

в) Дислокациялар

г) Монокристалдардын чеги, кабатталуу.

33. Френкелдин деффе́кти бул-?

а) 1. Вакансия-боштук

2. түйүндөр аралык атом же ион

б) 1. Торчонун сыртындагы атом же ион

2. торчодогу вакансия-боштук

в) 1. Торчодогу вакансия

2. Электрон

г) Туура жообу жок

34. Шоткинин дефекти бул - ?
- а) 1. Торчонун сыртындагы атом же ион
2. торчодогу вакансия-боштук
 - б) 1. Вакансия-боштук
2. түйүндөр аралык атом же ион
 - в) 1. Торчодогу вакансия
2. Электрон
 - г) 1. Туура жообу жок

35. V_k — түстөнүү борбору бул—?
- а) Автолокализацияланган көзөнөк.
 - б) Бир электронду кармаган иондук боштук.
 - в) Эки электронду кармаган иондук боштук.
 - г) Бир көзөнөктү кармаган катиондук боштук.

36. Кошулмалуу деффефектер бул - ?
- а) Кристалдык торчого киргизилген атом же иондор.
 - б) Күчтүү энергиянын таасиринен пайда болгон.
 - в) Деформациядан пайда болгон.
 - г) Туура жообу жок.

37. Точкалык деффефектер кантип пайда болот?
- а) Күчтүү энергиянын таасиринен пайда болгон.
 - б) Кристалдык торчого киргизилген атом же иондор.
 - в) Деформациядан пайда болгон.
 - г) Туура жообу жок.

38. Сызыктуу деффефектер кантип пайда болот?
- а) Деформациядан пайда болгон.
 - б) Кристалдык торчого киргизилген атом же иондор.
 - в) Күчтүү энергиянын таасиринен пайда болгон.
 - г) Туура жообу жок.

39. Кристалдык торчодогу толкун кайсы параметрлер менен мүнөздөлөт?
- а) 1. Толкун узундугу
2. поляризациясы
3. жыштыгы
4. таралуу ылдамдыгы
 - б) 1. Толкун узундугу
2. интерференциясы
3. жыштыгы
4. таралуу ылдамдыгы
 - в) 1. Толкун узундугу
2. дифракциясы
3. жыштыгы
4. таралуу ылдамдыгы
 - г) Туура жообу жок

40. Толкундук вектор кайсы формула менен аныкталат?
- а) $q = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$б) q = \frac{\pi}{\lambda}$$

$$в) q = \frac{\nu}{\lambda}$$

$$г) q = 2\pi\lambda$$

41. Торчодогу термелүү эмне себептен акустикалык термелүү деп аталат?

- а) Кристалдык торчонун жарык менен аракеттенүүсүнөн пайда болгондуктан.
 - б) Термелуусу акустикалык жана оптикалык закондор менен аныкталгандыктан.
 - г) Туура жообу жок
- в) Үндүн бардык спектрин ичине камтыгандыктан.

42. Торчодогу термелүү эмне себептен оптикалык термелүү деп аталат?

- а) Кристалдык торчонун жарык менен аракеттенүүсүнөн пайда болгондуктан.
- б) Үндүн бардык спектрин ичине камтыгандыктан.
- в) Термелүүсү акустикалык жана оптикалык закондор менен аныкталгандыктан.
- г) Туура жообу жок

43. Акустикалык термелүү толкундун жыштыгынан кандай көз каранды?

- а) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы да өсөт.
- б) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы азаят.
- в) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы өзгөрбөйт.
- г) Туура жообу жок.

44. Оптикалык термелүү толкундун жыштыгынан кандай көз каранды?

- а) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы азаят.
- б) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы да өсөт.
- в) Толкундук функциянын өсүшү менен, термелүүнүн жыштыгы өзгөрбөйт.
- г) Туура жообу жок.

45. Фонон вакуумда жашайбы?

- а) Жок
- б) Ооба
- в) Вакуумда да чөйрөдө да жашайт
- г) Туура жообу жок

46. Фонон деген түшүнүктү илимге ким киргизген?

- а) Планк
- б) Эйнштейн
- в) Шредингер
- г) Гейзенберг

47. Жылуулук сыйымдуулук деген эмне?

- а) Массасы 1кг. болгон заттын температурасын 1°K жогорулатуу үчүн затка берилген жылуулуктун саны.
- б) 1кг. затты ысытууга кеткен жылуулуктун саны
- в) Массасы 1кг. заттын температурасын 10K жогорулатуу үчүн затка берилген жылуулуктун саны
- г) Туура жообу жок

48. Жылуулук сыйымдуулуктун бирдиги кандай ?

- а) Дж/К

- б) Дж.с⁻¹
- в) db, с⁻¹
- г) Туура жообу жок

49. Турактуу көлөм кезиндеги жылуулук сыйымдуулук кайсы формула менен аныкталат?

а) $C_v = C_p \left(\frac{\nu E}{\partial T} \right)$

б) $C_v = C_p + R$

в) $C_p = \left(\frac{\nu E}{\partial T} \right)$

г) Туура жообу жок.

50. Негизги кванттык сан атомдун кандай касиетин аныктайт жана кандай маанилерди кабыл алат?

а) n атомдун стационардык абалын 1,2,3

б) Электрондун кыймыл санын орбиталдык моментин 0,1,2,3

в) Кыймыл санынын орбиталдык моментинин тандалып алынган багыт боюнча жайгашуусун.

г) Электрондун өздүк моментинин тандалып алынган багытка карата жайгашуусун 1/2

51. Орбиталдык кванттык сан атомдун кандай касиетин аныктайт жана кандай маанилерди кабыл алат?

а) Электрондун кыймыл санын орбиталдык моментин 0,1,2,3

б) n. атомдун стационардык абалын 1,2,3

в) кыймыл санынын орбиталдык моментинин тандалып алынган багыт боюнча жайгашуусун 0, t1 t2 t3....

г) электрондун өздүк моментинин тандалып алынган багытка карата жайгашуусун 1/2

52. Магниттик кванттык сан атомдун кандай касиетин аныктайт жана кандай маанилерди кабыл алат?

а) Кыймыл санынын орбиталдык моментинин тандалып алынган багыт боюнча жайгашуусун 0, t1 t2 t3....

б) электрондун кыймыл санын орбиталдык моментин 0,1,2,3

в) n. атомдун стационардык абалын 1,2,3

г) электрондун өздүк моментинин тандалып алынган багытка карата жайгашуусун 1/2

53. Спиндик кванттык сан атомдун кандай касиетин аныктайт жана кандай маанилерди кабыл алат?

а) Электрондун өздүк моментинин тандалып алынган багытка карата жайгашуусун 1/2

б) n. атомдун стационардык абалын 1,2,3

в) электрондун кыймыл санын орбиталдык моментин 0,1,2,3

г) кыймыл санынын орбиталдык моментинин тандалып алынган багыт боюнча жайгашуусун 0, t1 t2 t3....

54. БКШ теориясы канчанчы жылы түзүлгөн ? ' ' а)

1957

б) 1960

в) 1965

г) 1998

55. Жогорку температурадагы жогорку өткөрүмдүүлүк кайсы жылы ачылган?

- а) 1986
- б) 1957
- в) 1960
- г) 1965

56. Жогорку өткөрүмдүүлүктөгү критикалык магнит талаасы эмнени түшүндүрөт?

- а) Жогорку өткөрүмдүүлүк абалы бузулган магнит талаасы
- б) Материал жогорку өткөрүмдүүлүк абалга өткөн магнит талаасы
- в) Критикалык температурага барабар болгон магнит талаасы.
- г) Туура жообу жок

57. Дебайдын мүнөздөөчү температурасы кайсы?

- а) $Q = \frac{\hbar w}{\kappa}$
- б) $Q = TKA$
- в) $T = t + 237^\circ\text{C}$
- г) Туура жообу жок

58. Фонон деген эмне?

- а) Жылуулуктан термелүү кезиндеги торчонун квант энергиясы.
- б) Жарыктын квант энергиясы
- в) Элементардык бөлүкчө
- г) Туура жообу жок.

59. Фонон кандай касиетке ээ?

- а) Дискреттүү
- б) Үзгүлтүксүз
- в) Бөлүкчөлүк
- г) Толкундук

60. Фонон кимдин статистикасына баш иет ?

- а) Бозе –Эйнштейн
- б) Ферми-дирак
- в) Максвел
- г) Максвел-Больцман

61. Фонондун энергиясы эмнеге барабар?

- а) $\varepsilon = (n + \frac{1}{2})\hbar W$
- б) $\varepsilon = \frac{\hbar W}{2}$
- в) $\varepsilon = \hbar W$
- г)

$$\varepsilon = \frac{mv^2}{2}$$

62.Классикалык теорияда жылуулук сыйымдуулук температурадан көз карандыбы?

- а)Жок
- б)Ооба
- в)Сызыктуу көз каранды
- г)Туура Жообу жок.

63.Дюлонг-Птинин формуласы кайсы?

- а) $CV = const$
- б) $C_V \sim T^3$
- в) $C_V \sim T$
- г)Туура жообу жок.

64.Катуу телолордун жылуулук сыйымдуулугу.....?

- а) 1.Төмөнкү температуралык аймакта $C_V \sim T^3$
2. жогорку температуралык аймакта $C_V = const$
- б) 1. Теменку температуралык аймакта $C_V = const$
2.Жогорку температуралык аймакта $C_V \sim T^3$
- в) 1. Теменку температуралык аймакта $C_V \sim T$
2. жогорку температуралык аймакта $C_V \sim T^3$
- г)Туура жообу жок .

65.Дебайдын закону кайсы?

- а) $C_V \sim T^3$
- б) $C_V = const$
- в) $C_V \sim T$
- г)Туура жообу жок.

66.Теориялык жол менен атомдогу орбиталар менен кандай закондун негизинде толтурулат?

- а) $2n$
- б) n^2
- в) $2n$
- г) $4n^3$

67.Паулинин принциби кандай айтылат ?

- а) Төрт кванттык саны бирдей болгон эки электрон бир орбитада жашабайт , алар жок дегенде спиндик кванттык саны менен айырмаланышат.
- б)Төрт кванттык саны бирдей болгон эки эки электрон бир орбитада жашабайт, алар жок дегенде магниттик кванттык саны менен айырмаланышат.
- в)Төрт саны бирдей болгон эки электрон бир орбитада жашабайт, алар жок дегенде азимуталдык кванттык саны менен айырмаланышат.
- г) Төрт саны бирдей болгон эки электрон бир орбитада жашабайт, алар жок дегенде негизги кванттык саны менен айырмаланышат.

68.Көп электрондуу атомдордо энергетикалык жылчык кантип пайда болот?

а) Негизги жана азимуталдык кванттык сандар көп электрондуу атомдордо дискреттүү маанилерди кабыл алгандыктан, атомдордогу электрондордун энергетикалык спектри да дискреттүү маанилерди кабыл алып , бири-биринен мүмкүн болбогон энергетикалык жылчык менен бөлүнүшөт.

б)Сандык кванттык сандын таасиринен пайда болот .

в)Магниттик кванттык сандан таасиринен пайда болот.

г) Негизги кванттык сандын таасиринен пайда болот.

69.Катуу телелордун өткөргүч , жарым өткөргүч жана диэлектрик болуп бөлүнүшүнө эмне себепкер ?

а)Энергетикалык жылчык

б)Жылуулук өткөрүмдүүлүгү

в)Электр өткөрүмдүүлүгү

г)Туура жообу жок .

70.Энергетикалык жылчык кайсы катуу заттарда өтө чоң?

а)Диэлектриктерде

б)Металлдарда

в)Жарым өткөргүчтөрдө

г)Аморфтук телолордо

71.Парамагниттик резонанс практика жүзүндө кайсы жерлерде колдонулат?

а)1. Илим изилдөөдө

2.Медицинада

б)1.Лабораторияда

2.Күндөлүк турмушта

с)1.Техникада

2.Диагностикада

г)Туура жообу жок.

72. Жогорку өткөрүмдүүлүк ким тарабынан , качан ачылган ?

- а)1911-Коммерлинг-Оннес
- б)1905-А.Эйнштейн
- в)1911-Резерфорд
- г)Туура жообу жок

73.Жогорку өткөрүмдүүлүктө кайсы элементтин каршылыгы жоголуп кеткен ?

- а)Сымап
- б)Коргошун
- в)Темир
- г)Жез

74.Жогорку өткөрүмдүүлүктө критикалык температура деген эмне?

- а)Кадимки материал жогорку өткөрүмдүүлүк абалга өткөн температура
- б)Гелийдин кайноо (суюктукка өтүү) температурасы
- в) Азоттун кайноо температурасы
- г)Кычкылтектин кайноо температурасы.

75.Мейснердин эффекти деген эмне?

- а)Жогорку өткөрүмдүү материал сырткы магнит талаасын түртүп идеалдуу диамагнетике айланат.
- б)Жогорку өткөрүмдүү материалга сырткы магнит талаасы таасир этпейт
- в) Сырткы магнит талаасынын таасиринен жогорку өткөрүмдүүлүк бузулат.
- г)Туура жообу жок.

76.Жогорку өткөрүмдүүлүктөгү купердик жуп эмнени түшүндүрөт жана эмне себептен купердик жуп деп аталып калган?

- а)1. Электрондор жупташкандыктан—купердик жуп пайда болот
2. Бардин-Купер-Шриффер тузген теориянын урматына
- б)1. Электрон менен атом жупташып - купердик жуп пайда болот
2. Бардин- Купер- Шриффер тузген теориянын урматына
- в)1. Электрон менен протон жупташып купердик жуп пайда болот
2. Бардин- Купер- Шриффер тузген теориянын урматына
- г)Туура жообу жок

77.Энергетикалык жылчык кайсы катуу заттарда өтө кичине?

- а)Металдарда
- б)Диэлектриктерде
- в)Жарым өткөргүчтөрдө
- г)Аморфтук телоллордо

78.Магниттик касиеттери боюнча заттар кантип классификацияланат ?

- а)1.Диамагнетиктер
2.Парамагнетиктер
3.Фермагнетиктер
- б)1.Диамагнетиктер
2.Парамагнетиктер
3.Магнетиктер
- в)1.Парамагнетиктер
2.Ферромагнетиктер
3. Турактуу магнетиктер
- г)Туура жообу жок.

79.Физикалык кайсы параметри боюнча , катуу телолор магниттик касиеттеринен айырмаланышат?

- а)Магниттик кабыл алуучулук
- б)Магниттик турактуулук
- в)Магниттик талаасынын индукция вектору
- г)магнит талаасынын чыңалышы

80.Парамагниттик резонанс деген эмне?

- а) Электромагниттик энергиянын интенсивдүү жутулушу ?
- б)Электр энергиясынын интенсивдүү жутулушу .
- в)Магнит талаасынын интенсивдүү жутулушу .
- г)Радиотолкундардын интенсивдүү жутулуусу.

81.Жогорку өткөрүмдүүлүктөгү критикалык магнит талаасы эмнени түшүндүрөт?

- а) Жогорку өткөрүмдүүлүк абалы бузулган магнит талаасы.
- б) Материал жогорку өткөрүмдүүлүк абалга өткөн магнит талаасы.
- в) Критикалык температурага барабар болгон магнит талаасы.
- г) Туура жообу жок.

82. Жогорку өткөрүмдүүлүктөгү изотопикалык эффект деген эмне ?

- а) Материалдын массалык санынын өзгөрүшү, критикалык температуранын өзгөрүүсүнө себепкер.
- б) Материалдын массалык санынын өзгөрүшү, критикалык магнит талаасынын өзгөрүүсүнө себепкер .
- в) Материалдын заряддык санынын өзгөрүшү, критикалык температуранын өзгөрүүсүнө себепкер.
- г) Материалдын заряддык санынын өзгөрүшү , критикалык магнит талаасынын өзгөрүүсүнө себепкер.

83. Критикалык магнит талаасына карата биринчи типтеги фазалык өтүүлөр деген эмне?

- а) Критикалык магнит талаасында жогорку өткөрүмдүү өткөргүч толугу менен нормалдуу өткөргүчкө айланат .
- б) Критикалык магнит талаасы жогорку өткөрүмдүү өткөргүчтү куюндуу талаадан кийин гана нормалдуу абалга алып келет.
- в) Критикалык магнит талаасы критикалык температурага барабар болгон өткөргүч .
- г) Туура жообу жок.

84. Плазма деген эмне ?

- а) Оң жана терс заряддардын тыгыздыгы барабар болуп , толук иондошкон газ .
- б) Оң заряддардан турган гана иондошкон газ.
- в) Терс заряддардан гана турган иондошкон газ
- г) Өтө төмөнкү температурадагы газ.

85. Плазмадагы бөлүкчөлөрдүн аракеттенүү күчү кандай?

- а) Кулондук
- б) Ядролук
- в) Гравитациялык
- г) Атомдук

86.Плазмага электр жана магнит талаасы кандай таасир этет?

- а)Өтө күчтүү
- б)Начар
- в)Орточо
- г)Таасир этпейт

87.Плазманын негизги касиети

- а) Нейтралдуулугу
- б)Оң заряддардын көптүгү
- в)Терс заряддардын көптүгү
- г)Туура жообу жок.

88.Эмне себептен дээрлик бөлүкчө дейбиз?

- а)Алар чөйрөдө гана жашайт.
- б)Ваакумда дагы жашайт.
- в) Бөлүкчөнүн антибөлүкчөсү
- г)Белгилүү бир температурада жашайт.

89. Экситон деген эмне?

- а) 1.Дээрлик бөлүкчө
2.Электрон менен көзөнөктүн байланышкан абалы .
- б) 1.Чыныгы бөлүкчө
2.Электрон менен көзөнөктүн байланышкан абалы .
- в)1. Анти бөлүкчөсү
2.Көзөнөктүн автолокациаланган абалы .
- г) Туура жообу жок.

90.Фотон менен фонондун кандай айырмасы бар ?

- а)1.Фотон бөлүкчө
2. Фонон дээрлик бөлүкчө.

б)1.Фотон дээрлик бөлүкчө

2. Фонон бөлүкчө

в)1. Фотон электромагниттик толкун

2.Фонон-электромагниттик толкун

91.Плазмон деген эмне ?

а)Оор иондордун айланасындагы электрондордун термелүүсүн мүнөздөөчү дээрлик бөлүкчө.

б) Кристалдык торчодугу электрон тарабынан деформацияланышынын жана полеризацияланышынын натыйжасында пайда болгон дээрлик бөлүкчө.

в)Экситон менен фотондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болгон дээрлик бөлүкчө

г) Экситон менен фонондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болгон дээрлик бөлүкчө

92.Полярон деген эмне?

а) Кристалдык торчодугу электрон тарабынан деформацияланышынын жана полеризацияланышынын натыйжасында пайда болгон дээрлик бөлүкчө.

б)Оор иондордун айланасындагы электрондордун термелүүсүн мүнөздөөчү дээрлик бөлүкчө.

в)Экситон менен фотондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болгон дээрлик бөлүкчө.

г)Экситон менен фотондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайла болгон дээрлик бөлүкчө.

93.Поляритон деген эмне?

а)Экситон менен фотондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болгон дээрлик бөлүкчө.

б)Кристалдык торчодугу электрон тарабынан деформацияланышынын жана полеризацияланышынын натыйжасында пайда болгон дээрлик бөлүкчө .

в)Оор иондордун айланасындагы электрондордун термелүүсүн мүнөздөөчү дээрлик бөлүкчө.

г)Экситон менен фонондун өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болгон дээрлик бөлүкчө.

