

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ
Физико-технический факультет
Кафедра физики твердого тела и нелинейной физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Давлетов А. Е.
29. 06. 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
FTT 3505 - ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Специальность: 5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов
Образовательная программа – элективная (бакалавриат, ИОТ 1: Научно-исследовательская деятельность)

Курс 3
Семестр 6
Кол-во кредитов – 3

Алматы 2017

Учебно-методический комплекс дисциплины составлен Мигуновой А. А.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

На основании рабочего учебного плана по специальности
5В071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры физики твердого тела и
нелинейной физики

от 20. 06. 2017 г., протокол № 41

Заведующий кафедрой _____ Ибраимов М. К.

Рекомендован методическим бюро факультета

26. 06. 2017 г., протокол № 10

Председатель методбюро факультета _____ Габдуллина А. Т.

СИЛЛАБУС
6 семестр 2017-2018 уч. год

Академическая информация о курсе

Код дисциплины	Название дисциплины	Тип	Кол-во часов в неделю			Кол-во кредитов	ECTS
			Лек	Практ	Лаб		
ФТТ 3505	Физика твердого тела		1	1	1	3	
Лектор	Мигунова Анастасия Анатольевна				Офис-часы	По расписанию	
e-mail	Anastassiya.migunova@gmail.com						
Телефон	7054433515				Аудитория	515, 349	
Ассистент 1	Михайлова Светлана Леонидовна				Офис-часы	По расписанию	
e-mail	Svetlana.Mikhailova@kaznu.kz , skysvetik91@mail.ru						
Телефон	7051968268				Аудитория	349	
Ассистент 2	Диханбаев Кадыржан Кенжеевич				Офис-часы	По расписанию	
e-mail	Kadyrzhan.dykhanbaev@kaznu.kz						
Телефон	7771254343				Аудитория	205	
Ассистент 3	Толепов Жандос Каирмаганбетович				Офис-часы	По расписанию	
e-mail	mr.tolepov@mail.ru						
Телефон	7077556111				Аудитория	109	
Ассистент 4	Накысбеков Жасулан Турсынкалиевич				Офис-часы	По расписанию	
e-mail	Zhasulan.Nakysbekov@kaznu.kz , phantom_ss@mail.ru						
Телефон	7073794435				Аудитория	110	

Академическая презентация курса	Тип учебного курса – бакалавриат, элективная Цель курса: сформировать у обучающихся базовые знания в области анализа атомарного, молекулярного, наноразмерного, поли- и монокристаллического, а также аморфного строения веществ, поведения проводящих, изолирующих и промежуточных материалов в различных полях – тепловых, электрических, магнитных, под воздействием деформирующих сил и различных видов излучений, с элементами кристаллографии, структурного и тензорного анализа, квантовой механики и классических методов математической физики
Пререквизиты	Молекулярная физика, Электричество и магнетизм, Оптика, Информационные технологии для профессиональных целей, Основы материаловедения
Постреквизиты	Основы кристаллофизики, рентгенография и кристаллофизика, выпускная квалификационная работа бакалавра
Информационные ресурсы	Учебная литература: 1 Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела. – 2000. – 494 с. 2 Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – 1978. – 791 с. 3 Brewster H. D. Solid State Physics. – 2009. – 286 p. 4 Епифанов Г. И. Физика твердого тела. – 1977. – 288 с. 5 Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В двух томах. – 1979 6 Давыдов А. С. Теория твердого тела. – 1976. – 637 с.

	<p>7 Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела. – 2001. – 333 с.</p> <p>8 Anderson J. C., Leaver K. D., Leever P., Rawlings R. D. Materials Science for Engineers. – 2009. – 889 p.</p> <p>9 Ohring M. Engineering materials science. – 2009. – 850 p.</p> <p>9 Краткий справочник физико-химических величин. Под ред. Мищенко А. А. – 1974. – 200 с.</p> <p>10 Callister W. D. Fundamentals and Materials Science and Engineering/An Interactive. – 2001. – 1619 p.</p> <p>11 Калинин Б. А. Физическое материаловедение. В 6 томах. – 2007</p> <p>12 Райнз Ф. Диаграммы фазового равновесия в металлургии. – 1960. – 376 с.</p> <p>13 Захаров А. М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем.–1990.– 240 с.</p> <p>14 Гуляев А. П. Металловедение. – 1986. – 544 с.</p> <p>15 Антикайн П. А. Металловедение. – 1972. – 256 с.</p> <p>16 Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. – 1990. – 528 с.</p> <p>17 Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И., Косолапов Г. Ф. Материаловедение. – М.: Машиностроение. – 1986 –384 с.</p> <p>Солнцев Ю. П., Пряхин Е. П., Войткун Ф. Материаловедение. – С.-Пб.: Химиздат. – 2007. – 784 с.</p>
<p>Академическая политика курса в контексте университетских ценностей</p>	<p>Правила академического поведения:</p> <p>Все виды работ необходимо выполнять и защищать в указанные сроки. Студенты, не выполнившие все виды работ, к экзамену не допускаются. Кроме того, при оценке учитывается активность и посещаемость студентов во время занятий.</p> <p>Будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Плагиат и другие формы нечестной работы недопустимы. Недопустимы подсказывание и списывание во время сдачи СРС, промежуточного контроля и финального экзамена, копирование решенных задач другими лицами, сдача экзамена за другого студента. Студент, уличенный в фальсификации любой информации курса, несанкционированном доступе в Интранет, пользовании шпаргалками, получит итоговую оценку «F».</p> <p>За консультациями по выполнению самостоятельных работ (СРС), их сдачей и защитой, а также за дополнительной информацией по пройденному материалу и всеми другими возникающими вопросами по читаемому курсу обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов.</p> <p>Академические ценности: академическая честность, самостоятельное выполнение всех заданий, недопустимость плагиата, подлога, использования шпаргалок, списывания на всех этапах контроля знаний, обмана преподавателя и неуважительного отношения к нему</p>
<p>Политика оценивания и аттестации</p>	<p>Критериальное оценивание:</p> <p>С третьей недели вводится т. наз. «ПРОГРЕССИВКА»: получить недостающие баллы через неделю и в последующее время невозможно, поскольку в УМКД публикуются решения задач. С этого момента они являются обнародованными и засчитываться не будут. В семинарах, домашних работах «стоимость» каждого задания указывается.</p> <p>Лекции и дополнительный материал предоставляются еженедельно путем выставления в УМКД.</p> <p>Если студент выполняет задание в какой-либо программе, баллы за это задание удваиваются. Но только в случае свободного владения материалом соответствующей лекции.</p> <p>Студент ОБЯЗАН представить задание на проверку на листе бумаги с</p>

указанием фамилии, специальности, группы и номера Семинара (Домашнего задания). Если эти данные неполные, проверка может быть отклонена за халатное отношение. Бумажный вариант не возвращается студенту и остается у преподавателя. Это чистовой вариант, не допускающий зачеркиваний и других исправлений. Поэтому рекомендуется предварительно решить задачи в своей тетради. Если обучающийся высылает преподавателю на почту выполненное задание в электронном виде, то он должен позаботиться о том, чтобы его файл пришел накануне, не позднее срока опубликования решения. Идентификационные параметры файла такие же, как и подпись бумажного варианта решения. То есть, подписывать файл следует так: «ФСМ Ахметов Д35 задачи 1,5». Если имя файла не соответствует требованиям, преподаватель имеет право его не рассматривать, поскольку требования публикуются в настоящем Силлабусе.

В этом курсе введены две популярные среди студентов меры, которые практикуются четвертый год подряд.

«КЛУБ МИЛЛИОНЕРОВ» - почетное звание для студентов, набравших 100 баллов за РК по накопительной системе. Миллионер, получивший предельно возможный балл до окончания РК может продолжать выполнять задания и зарабатывать баллы. Лишние баллы он может назначить любому человеку из своей группы, а также в любой группе, где ведет занятия данный преподаватель. Эта система получила название **«ТРАНСФЕРТ БАЛЛОВ»**. Согласно положению о трансферте, дабы не нарушать закона сохранения энергии, баллы могут быть назначены одним студентом другому, но не могут «взяться с потолка», т. е. быть «подаренными» преподавателем

Суммативное оценивание:

95-100% = A 70-74% = C+ 0-49% = F

90-94% = A- 65-69% = C

85-89% = B+ 60-64% = C-

80-84% = B 55-59% = D+

75-79% = B- 50-54% = D

$$\text{Итоговая оценка по дисциплине} = \frac{PK1 + PK2}{2} \cdot 0,6 + 0,1MT + 0,3ИК$$

Здесь PK1, PK2 – оценки рубежного контроля (сумма оценок текущего контроля), MT – оценка за Midterm Exam; ИК – оценка итогового контроля (экзамен во время сессии)

Неделя	Название темы	Кол-во часов	Максимальный балл
1	Лекция. Виды сил связи атомов в молекулах и кристаллических решетках. Внутренняя структура твердых тел. Понятие электроотрицательности и потенциала взаимодействия. Ионная, ковалентная, металлическая, Ван-дер-Ваальсова, водородная связи	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет сил взаимодействия для различных видов связи в реальных материалах	1	8
2	Лекция. Элементы статистической физики. Невырожденные и	1	0

	вырожденные коллективы. Уровень Ферми. Статистика Максвелла-Больцмана. Распределения квантовых состояний структурных частиц по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну		
	Семинар + Домашнее задание. Расчет критерия вырождения для молекул газа, электронов в полупроводниках и металлах при различных концентрациях и температурах	1	5
	Лабораторная работа. Определение параметров элементарной ячейки кристаллов кубических сингоний по дифрактограммам	2	5
	СРС+СРСП. Виды поляризуемости. Гибридизация атомных орбиталей. Понятие степени окисления. σ - и π -связи	1	2
3	Лекция. Зонная теория твердых тел. Контактные явления. Барьерные структуры: диод Шоттки (контакт металл-полупроводник) и p - n переход. Зонные энергетические диаграммы при термодинамическом равновесии и с приложенным напряжением	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Решение задач: расчет ширины ОПЗ, контактной разности потенциалов, работы выхода полупроводника, величины встроенного электрического поля, значения тока через переход при прямом и обратном включениях, диффузионной и барьерной емкостей	1	11
	Лабораторная работа. Определение параметров элементарной ячейки кристаллов кубических сингоний по дифрактограммам	2	5
4	Лекция. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое приближение Борна-Оппенгеймера. Валентная аппроксимация. Метод Хартри-Фока. Функция Блоха	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет полупроводниковых гетеропереходов	1	4
	Лабораторная работа. Определение параметров элементарной ячейки кристаллов кубических сингоний по дифрактограммам	2	10
	СРС+СРСП. Температурная зависимость энергетической зонной структуры в собственных и примесных полупроводниках	1	2
5	Лекция. Пространство волнового вектора электронов и дырок в кристалле. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Происхождение зон Бриллюэна. Понятие эффективной массы	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Пространственное построение первой зоны Бриллюэна алмазоподобных полупроводников. Построение изоэнергетических поверхностей зон проводимости и валентных зон для разного типа полупроводников	1	3
	Лабораторная работа. Определение электрофизических параметров полупроводников методом Холла и Ван дер Пау	2	5
	СРС+ СРСП. Зонная структура некоторых полупроводников: Si, Ge, GaAs	1	2
6	Лекция. Диффузия. Законы Фика. Профили концентрационного распределения примеси. Двухстадийная диффузия в полупроводниках (загонка и разгонка), параметры (температура, время, концентрация – конечный и бесконечный источник)	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет глубины p - n перехода в пластине полупроводникового монокристалла по заданным параметрам диффузии (прямая задача). Определение времени и температуры диффузии для создания желаемых концентрационного профиля примеси и ее глубины внедрения (обратная задача)	1	12
	Лабораторная работа. Определение электрофизических	2	5

	параметров полупроводников методом Холла и Ван дер Пау		
7	Лекция. Дефекты в материалах. Дислокации. Примеси. Твердые растворы внедрения, замещения, вычитания	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет концентраций дефектов Шоттки и Френкеля, равновесной концентрации вакансий	1	3
	Лабораторная работа. Определение электрофизических параметров полупроводников методом Холла и Ван дер Пау	2	10
	Сумма баллов за лабораторные работы	12	40
	1 Рубежный контроль	0	100
8	Лекция. Аморфные материалы. Энергетический спектр. Механизм прыжковой проводимости	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Метаматериалы. Фотонные кристаллы на основе опалов. Расчет параметров фотонных кристаллов по их спектрам пропускания и отражения	1	5
	Промежуточный экзамен	2	100
9	Лекция. Радиационные эффекты в твердых телах. Условия облучения (тип, энергия и спектр бомбардирующих частиц, плотность потока, продолжительность и температура облучения). Каскады смещени. Теория Кинчина-Пиза. Ионная имплантация. Понятие флюенса, экспозиционной, поглощенной и эквивалентной доз. Эффекты трансмутации	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет пробега примеси бора в кремнии	1	5
	Лабораторная работа. Расчет ширины запрещенной зоны прямозонных и непрямоzonных полупроводников по их спектрам пропускания и отражения	2	5
	СРС+СРСП. Ионное перемешивание. Особенности взаимодействия нейтронных пучков с материалами. Эффекты в материалах, облученных электронами высоких энергий. Материалы ядерных реакторов. Нормы радиационной безопасности. Эффект каналирования. Радиационно-индуцированная сегрегация, распад твердого раствора и фазовые превращения. Нарботка изотопически обогащенных мишеней в	1	2
10	Лекция. Элементы кристаллографии. Индексы Миллера. Решетки Бравэ. Методы исследования кристаллической структуры твердых тел. Рентгеноструктурный анализ. Закон Вульфа-Брэггов	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет дифрактограмм порошковых материалов и монокристаллов с помощью программ Excel, Fpeak и RTP (специальные программы)	1	8
	Лабораторная работа. Расчет ширины запрещенной зоны прямозонных и непрямоzonных полупроводников по их спектрам пропускания и отражения	2	5
11	Лекция. Построение сферы Эвальда. Условия Лауэ. Обратное пространство. Ячейка Вигнера-Зейтца. Причины уширения рентгеновских рефлексов. Формула Шеррера	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Определение параметров кристаллических ячеек некубических материалов, тонких пленок и металлических наноматериалов в полимерных матрицах. Оценка размеров кристаллитов	1	8

	Лабораторная работа. Расчет ширины запрещенной зоны прямозонных и непрямозонных полупроводников по их спектрам пропускания и отражения	2	10
	СРС+СРСП. Принципы количественного рентгеновского фазового анализа	1	3
12	Лекция. Электронография. Основы расчета электронограмм монокристаллов и поликристаллов	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Определение параметров кристаллической решетки по результатам анализа электронограмм реальных материалов	1	8
	Лабораторная работа. Расчет фотовольтаических параметров солнечных элементов	2	5
13	Лекция. Распространение упругих волн в монокристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки. Построение дисперсионных кривых в приведенной и расширенной зоне Бриллюэна	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет дисперсионных кривых	1	4
	Лабораторная работа. Расчет фотовольтаических параметров солнечных элементов	2	5
	СРС+СРСП. Дисперсионные кривые для трехмерной решетки с базисом	1	3
14	Лекция. Виды поглощения света в твердых телах: фундаментальное, решеточное, примесное, свободными носителями, экситонное поглощение	1	0
	Семинар + Домашнее задание. Расчет коэффициента поглощения полупроводниковых материалов, радиуса экситона	1	5
	Лабораторная работа. Расчет фотовольтаических параметров солнечных элементов	2	10
15	Лекция. Типы люминесценции. Спонтанное и вынужденное излучение. Зонные диаграммы излучательных переходов	1	0
	Семинар. Расчет концентрации избыточных носителей, сечения захвата, центров рекомбинации, времен жизни	1	3
	СРСП. Внутренний и внешний квантовый выход. Люминесценция в непрямозонных полупроводниках	1	2
	Сумма баллов за лабораторные работы	12	40
2 Рубежный контроль		0	100
Экзамен		2	100

Лектор

Мигунова А. А.

Заведующий кафедрой ФТТиНФ

Ибраимов М. К.

Председатель Методбюро

Габдуллина А. Т.

Декан факультета

Давлетов А. Е.