

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. аль-Фараби

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено

на заседании Ученого совета

Физико-технического факультета

Протокол № от 2016 г.

Декан факультета

А. Е. Давлетов

СИЛЛАБУС

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

для специальности «Ядерная физика» (5B060500)

бакалавриат 3 курс, 3 кредита (1+1+1)

Преподаватель (лекции, семинары, лабораторные работы, СРС): *Мигунова Анастасия Анатольевна*

Телефон: 3773412 (КФТТиНФ), моб. 87054433515

e-mail: anastassiya.migunova@gmail.com

каб. 119

Цель и задачи дисциплины

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.

Основной формой изложения материала курса являются лекции. На семинарские занятия отводится один час в неделю. Семинары предназначены для решения практических задач по темам лекционных занятий для лучшего закрепления теоретических основ. Лабораторные работы этого курса выполняются по правилам Кругового практикума из расчета 1 лабораторная работа в 3 недели каждый раз у другого преподавателя. Для самостоятельной работы студента (СРС) предлагаются домашние задания в форме задач и докладов на отдельные небольшие темы. Согласно Академической политике Университета, «на один кредит суммарная учебная нагрузка обучающегося в неделю на протяжении академического периода в виде семестра равна 3 часам» (стр. 57). Это значит, что за семестр на самостоятельную работу по освоению этой дисциплины из 3 кредитов отводится 90 часов или 6 часов в неделю помимо 3 часов аудиторных занятий. Решение задач на семинарах предполагает использование расчетов и графической интерпретации результатов в программах Excel и Mathcad. Задачи данного курса взяты не из задачников. Они являются прямым следствием научных экспериментов. Источники входных данных обязательно указываются в задачах. Чаще всего это публикации в научных журналах и результаты

физических экспериментов, полученные автором разработанного курса. Поскольку для обработки берутся модельные материалы, то есть хорошо изученные, ответами задач являются табличные значения расчетных параметров материалов.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Не-де-ля | Название темы | Кол-во часов | Максимальный балл |
|---------------------------------------|---|--------------|-------------------|
| Модуль 1 - Строение материалов | | | |
| 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 | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет сил взаимодействия для различных видов связи в реальных материалах | 1 | 12 |
| | СРСП. Виды поляризуемости. Гибридизация атомных орбиталей. Понятие степени окисления. σ - и π -связи | 1 | 3 |
| 2 | Лекция. Элементы статистической физики. Невырожденные и вырожденные коллективы. Статистика Максвелла-Больцмана. Распределения квантовых состояний структурных частиц по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Решение задач: Критерий вырождения. Статистика газовых молекул, электронов в металлах и полупроводниках при разных температурах | 1 | 10 |
| | СРСП. Вывод значений скоростей максвелловского распределения | 1 | 3 |
| 3 | Лекция. Зонная теория твердых тел. Энергетический спектр кристаллов в пространстве волнового вектора. Уравнение Шредингера для кристалла, функции Блоха. Происхождение зон Бриллюэна. Понятие эффективной массы | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Решение задач: Контактные явления. Расчет работы выхода, контактной разности потенциалов, ширины области пространственного заряда в полупроводниках | 1 | 14 |
| | СРСП. Температурная зависимость энергетической зонной структуры в собственных и примесных полупроводниках. Особенности контакта полупроводник/электролит | 1 | 3 |
| 4 | Лекция. Элементы кристаллографии. Обратное пространство. Построение сферы Эвальда. Условия Лауэ. Элементарные ячейки Бравэ. Ячейка Вигнера-Зейтца. Рентгеноструктурный анализ. Формула Вульфа-Брэггов | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет параметров кристаллических ячеек материалов кубической сингонии. Определение размеров кристаллитов. Формула Шеррера | 1 | 12 |
| | СРСП. Расчет индивидуальных заданий | 1 | 5 |
| 5 | Лекция. Электронография материалов. Расшифровка электронограмм моно- и поликристаллических образцов. | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет электронограмм порошковых материалов и монокристаллов | 1 | 10 |
| | СРСП. Атомный и структурный факторы рассеяния. Фазовый состав материалов. Метод порошка (Дебая) | 1 | 2 |
| 6 | Лекция. Дефекты в материалах. Собственные точечные тепловые дефекты по Шоттки и по Френкелю. Примеси. Твердые растворы внедрения, замещения, вычитания. Уравнение диффузии. Законы | 2 | 0 |

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|------------|
| | Фика. Профили концентрационного распределения примеси. Двухстадийная диффузия в полупроводниках (загонка и разгонка), параметры (температура, время, концентрация – конечный и бесконечный источник) | | |
| | 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 |
| | СРСП. Линейные двумерные дефекты (дислокации, дисклинации). Вектор Бюргерса. Границы зерен | 1 | 2 |
| 7 | Лекция. Радиационные эффекты в твердых телах. Условия облучения (тип, энергия и спектр бомбардирующих частиц, плотность потока, продолжительность и температура облучения). Каскады смещений, TRN-стандарт. Теория Кинчина-Пиза. Ионная имплантация. Основные положения теории Линдхарда-Шарфа-Шиотта. Понятие флюенса, экспозиционной, поглощенной и эквивалентной доз. Эффекты трансмутации | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет пробегов и профилей внедренной примеси методом Монте-Карло (программа SRIM) | 1 | 10 |
| | 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 ускорителях | 1 | 2 |
| | 1 Рубежный контроль | 0 | 100 |
| | | | |
| 8 | Лекция. Аморфные материалы. Материалы с наноструктурой | 2 | 0 |
| | Промежуточный экзамен | 2 | 100 |
| Модуль 2 – Свойства материалов | | | |
| 9 | Лекция. Фазовые диаграммы (ФД) двухкомпонентных смесей. Вариантность системы. Правило фаз Гиббса. Реакции эвтектического и перитектического типа. ФД с химическими соединениями | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет и построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем, содержащих эвтектики и эвтектоиды, перитектические и перитектоидные реакции, монотектические и синтектические превращения. Определение фазовых превращений на индивидуально заданных сложных ФД | 1 | 16 |
| | СРСП. ФД монотектических и синтектических превращений. Дальтонида и бертоллида. Конгруэнтное превращение в сплавах. ФД с полиморфными превращениями | 1 | 2 |
| 10 | Лекция. Конструкционные материалы и их механические свойства | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Нахождение механических характеристик материалов по диаграммам деформации. Расчет тензора напряжений. Расчет твердости сплавов и микротвердости материалов по Виккерсу и Бринеллю | 1 | 14 |
| | СРСП. Сверхпластичность, ползучесть, упрочнение материалов. Модули упругости и их взаимосвязи. Характеристики сдвига. | 1 | 2 |

| | | | |
|----|--|---|------------|
| | Наклёп. Характеристики изгиба. Характеристики кручения | | |
| 11 | Лекция. Тепловые свойства материалов. Фононы. Нормальный осциллятор. Статистика фононов. Модели теплоемкости Дюлонга-Пти и Джоуля-Коппа, Эйнштейна, Дебая. Теплопроводность | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет энтальпии, средней теплоемкости, температуры Дебая | 1 | 15 |
| | СРСП. Тепловое расширение твердых тел | 1 | 2 |
| 12 | Лекция. Электрические свойства материалов. Электропроводность металлов и полупроводников. Подвижность носителей заряда в полупроводниках. Температурные зависимости подвижности и электропроводности. Явления в сильных электрических полях. Туннельный эффект Зинера и эффект Ганна | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет электропроводности металлов, сравнение с табличными значениями. Расчет диода Ганна, холловских параметров эпитаксиальной пленки | 1 | 12 |
| | СРСП. Закон Видемана-Франца. Поляризация диэлектриков | 1 | 2 |
| 13 | Лекция. Явление сверхпроводимости. Теория Бардена-Купера-Шриффера. Эффект Мейснера. Понятие фазового перехода. Сверхпроводимость 1, 2 и 1,5 рода. Вихри Абрикосова | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет плотности тока в сверхпроводниках, скачка теплоемкости в критической точке, условий левитации, параметров джозефсоновских контактов | 1 | 11 |
| | СРСП. Эффекты Джозефсона. ВТСП-керамики. СП провода. СКВИД | 1 | 2 |
| 14 | Лекция. Магнитные свойства материалов. Закон намагничивания Рэлея. Магнитный гистерезис. Ферро-, пара и диамагнетики | 2 | 0 |
| | Семинар + Домашнее задание. Расчет размеров нанокристаллитов по магнитному гистерезису магнетика. Определение магнитной энергии магнетика | 1 | 8 |
| | СРСП. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Ферромагнетики и антиферромагнетики. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Магнитный резонанс. Суперпарамагнетизм. Виды магнетосопротивления | 1 | 2 |
| 15 | Лекция. Взаимодействие света с веществом. Оптические явления в материалах. Виды поглощения в полупроводниках. Принцип работы солнечных элементов и твердотельных лазеров. Люминесценция | 2 | 0 |
| | Семинар. Определение глубины скин-слоя в металлах при облучении монохроматическим светом. Расчет параметров рубинового, Nd-YAG, Ti:Sa лазеров. Расчет оптических функций по спектрам отражения: фазы отраженной волны θ , показателя преломления n и поглощения k , комплексной диэлектрической проницаемости ϵ , коэффициента поглощения α | 1 | 12 |
| | 2 Рубежный контроль | 0 | 100 |
| | Экзамен | 2 | 100 |

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

Здесь PK1, PK2 – оценки рубежного контроля (сумма оценок текущего контроля), MT – оценка за Midterm Exam; ИК – оценка итогового контроля (экзамен во время сессии). Итоговая оценка по дисциплине рассчитывается и округляется в системе «Универ» автоматически.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

- 1 Епифанов Г. И. Физика твердого тела. – М.: ВШ. – 1977. – 288 с.
- 2 Давыдов А. С. Теория твердого тела. – М.: Наука. – 1976. – 637 с.
- 3 Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа. – 2000. – 494 с.
- 4 Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука – 1978. – 791 с.
- 5 Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В двух томах. – М.: Мир. – 1979
- 6 Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела. – М.: Изд. Физ. Мат. Лит. – 2001. – 333 с.
- 7 Николаев И. Н., Маймистов А. И. Сборник задач по курсу «Физика твердого тела». – М. – 2009. – 60 с.
- 8 Задачи по физике твердого тела. Под ред. Голдсмида Г. Дж. – М.: Наука. – 1976. – 429 с.

Дополнительная:

- 1 Краткий справочник физико-химических величин. Под ред. Мищенко А. А. – Л.: Химия. – 1974. – 200 с.
- 2 Гинзбург И. Ф. Введение в физику твердого тела. Часть I. – Новосибирск. – 2003. – 218 с.
- 3 Шевченко О. Ю. Основы физики твердого тела. –С.-Петербург. – 2010. – 76 с.

ПОЛИТИКА НАЧИСЛЕНИЯ БАЛЛОВ

Внимание! Необходимо выполнять задания своевременно! Каждый студент набирает максимально 14-15 баллов в неделю.

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 считаются обнародованными и засчитываться не будут.

Преподаватель не несет ответственности за упущенную возможность. Попытки надавить и выбить дополнительные задания будут оставлены без внимания.

В таблице указаны максимальные баллы, которые можно получить за каждое задание. В семинарах, домашних работах «стоимость» каждого задания указываются.

Лекции и дополнительный материал предоставляются еженедельно как путем выставления в УМКД, так и рассылкой каждому студенту на его электронную почту.

Если студент выполняет задание в какой-либо программе, баллы за это задание удваиваются. Если студент набирает решение в редакторе формул Word'a, к цене задачи добавляются 2 балла. Оба критерия действительны только в случае правильного решения!

Студент **ОБЯЗАН** представить задание на проверку на листе бумаги с 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. 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.

В этом курсе введены две популярные среди студентов меры!

«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, а баллы это именно

эквивалент энергии, баллы могут быть назначены одним студентом другому, но не могут «взяться с потолка», т. е. быть «подаренными» преподавателем.

АКАДЕМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА КУРСА

| Оценка по буквенной системе | Цифровой эквивалент баллов | %-ное содержание | Оценка по традиционной системе |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|--|
| A | 4,0 | 95-100 | Отлично |
| A- | 3,67 | 90-94 | |
| B+ | 3,33 | 85-89 | Хорошо |
| B | 3,0 | 80-84 | |
| B- | 2,67 | 75-79 | |
| C+ | 2,33 | 70-74 | Удовлетворительно |
| C | 2,0 | 65-69 | |
| C- | 1,67 | 60-64 | |
| D+ | 1,33 | 55-59 | |
| D- | 1,0 | 50-54 | |
| F | 0 | 0-49 | Неудовлетворительно |
| I (Incomplete) | - | - | «Дисциплина не завершена» (не учитывается при вычислении GPA) |
| P (Pass) | - | - | «Зачтено» (не учитывается при вычислении GPA) |
| NP (No Pass) | - | - | «Не зачтено» (не учитывается при вычислении GPA) |
| W (Withdrawal) | - | - | «Отказ от дисциплины» (не учитывается при вычислении GPA) |
| AW (Academic Withdrawal) | | | Снятие с дисциплины по академическим причинам (не учитывается при вычислении GPA) |
| AU (Audit) | - | - | «Дисциплина прослушана» (не учитывается при вычислении GPA) |
| Атт. | | 30-60 50-100 | Аттестован |
| Не атт. | | 0-29 0-49 | Не аттестован |
| R (Retake) | - | - | Повторное изучение дисциплины |

Рассмотрено на заседании кафедры
протокол № от 2016 г.

Заведующий КФТТиНФ, профессор

Г. Ш. Яр-Мухамедова

Старший преподаватель

А. А. Мигунова