

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки:

03.03.02 – Физика

Благовещенск 2021

Составитель: Стукова ЕВ.

Физика твердого тела: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 03.03.02 – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2021.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в системе высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студентов. Это обусловлено переходом на новую систему высшего образования, в которой предусматривается формирование компетенций выпускника по различным направлениям деятельности.

Профессиональная деятельность выпускника предполагает умение осваивать новые направления профессиональной деятельности и принимать решения по текущим вопросам. Это значит, что студент должен быть готов к самообразованию в современных условиях быстрого обновления знаний.

Самостоятельная работа рассматривается как высшая форма учебной деятельности, которая носит интегральный характер и является формой самообразования. Самостоятельная работа выполняется под методическим руководством и контролем преподавателя. Основными целями самостоятельной работы являются: развитие познавательных способностей личности; развитие самостоятельности, ответственности, организованности, инициативы; развитие самостоятельного мышления и исследовательских умений. В процессе работы происходит закрепление и систематизация знаний, углубление теоретических знаний, развитие умений работать с различными источниками информации и как результат – освоения основных компетенций. Для успешной самостоятельной работы от студента требуется самостоятельность и самоконтроль. Самостоятельность позволит ответственно подойти к выполнению самостоятельной работы, организовать свою работу оптимальным образом, сознательно принимать нетрадиционные решения при выполнении заданий. Самоконтроль позволит студенту правильно распределить работу над учебным материалом и выполнять задания постепенно, избегая авральных ситуаций.

1 ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

1.1 Общие рекомендации по организации работы на лекции

В высшем учебном заведении лекция является важной формой учебного процесса и представляет собой в основном устное систематическое и последовательное изложение материала по какой-либо проблеме, методу, теме вопроса и т. д. Основные функции, которые осуществляет вузовская лекция – это информативная, ориентирующая и стимулирующая, методологическая, развивающая и воспитывающая, поскольку на лекции студенты получают глубокие и разносторонние знания, развивают свои творческие способности.

Лекции могут быть вводными, обзорными, тематическими (лекции по изучению нового материала), итоговыми. Вводные лекции подготавливают студента к восприятию данной дисциплины или ее раздела. На вводной лекции излагаются цели и задачи дисциплины, ее актуальность, практическая значимость, методы научного исследования и т.д. для того, чтобы дать целостное представление о дисциплине и вызывать интерес к предмету.

Тематические лекции посвящены глубоко осмысленному и методически подготовленному систематическому изложению содержания курса (дисциплины).

Итоговая лекция содержит основные идеи и выводы по курсу физики, выводы о достижении поставленных учебных целей.

На обзорных лекциях рассматриваются наиболее сложные, проблемные вопросы курса или новейшие достижения физики в данной области, что позволит установить взаимосвязь учебного материала с производством и новейшими научными достижениями.

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. На лекции студент должен совместить два момента внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. И как бы внимательно студент не слушал лекцию, большая часть

информации вскоре после восприятия будет забыта. Поэтому при изучении дисциплины студентам рекомендуется составлять подробный конспект лекций, так как это обеспечивает полноценную систематизацию и структурирование материала, подлежащего изучению. Конспект лекций должен отражать специфику данного курса.

Очень важным является умение правильно конспектировать лекционный материал и работать с ним. Ниже приведены *рекомендации по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями*.

1. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, экзамену. Возможно ее сочетание с записями по практическим занятиям, иллюстрирующим применение теоретических законов и соотношений в решении практических задач.

2. Конспект должен легко восприниматься зрительно (чтобы максимально использовать «зрительную» память), поэтому он должен быть аккуратным. Выделяйте заголовки, отделите один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.

3. При прослушивании лекции обращайтесь внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «итак», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты. Не забывайте пометить это при конспектировании.

4. Не пытайтесь записывать каждое слово лектора, иначе потеряете основную нить изложения и начнете писать автоматически, не вникая в смысл. Ненужно просить лектора несколько раз повторять одну и ту же фразу для того, чтобы успеть записать. Лекция не должна превращаться в своеобразный урок-диктант. Техника прочтения лекций преподавателем такова, что он повторяет свою мысль два-три раза. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе: формулировки определений и законов, выводы

основных уравнений и формул, то, что старается выделить лектор, на чем акцентирует внимание студентов. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. Научитесь в процессе лекции разбивать текст на смысловые части и заменять их содержание короткими фразами и формулировками. Более подробно записывайте основную информацию и кратко – дополнительную.

5. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками. Используйте общепринятую в данном разделе физики аббревиатуру и систему сокращений. Придумайте собственную систему сокращений, аббревиатур и символов, удобную только вам (но не забудьте сделать словарь, иначе существует угроза не расшифровать текст). Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

6. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места. Полезно после каждой лекции оставлять одну страницу свободной, она потребуется при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи, графики, схемы, и т.п.

7. После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Насколько эффективно студент это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

1.2 Краткое содержание курса лекций

Зонная теория твердых тел

Типы связей атомов в твердых телах. Геометрия кристаллической решетки. Движение электрона в периодическом поле кристаллической решетки. Волновые функции Блоха и квазиимпульс. Почти свободные электроны.

Расщепление атомных энергетических уровней и образование энергетических зон. Металлы, полупроводники и диэлектрики

Динамика кристаллической решетки

Классическая теория колебаний кристаллической решетки. Квантование колебаний кристаллической решетки. Метод квазичастиц. Фононы. Дисперсия фононов и ее исследование с помощью рассеяния нейтронов.

Электронный газ в металле

Закон дисперсии квазиимпульса и метод эффективной массы. Поверхность Ферми. Теория проводимости металлов. Кинетическое уравнение для электронов в металле. Время релаксации. Температурная зависимость электрического сопротивления. Перенос энергии и тепла. Термоэлектрические явления.

Полупроводники

Собственная проводимость, полупроводимость и ее температурная зависимость. Влияние примесей. Несобственная проводимость. Эффект Холла в полупроводниках. Электронно-дырочный переход. Фотопроводимость. Термоэлектрические явления в полупроводниках.

Магнитные свойства вещества

Классическая теория диамагнетизма. Квантовая теория диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Парамагнетизм ионов, атомов и молекул. Спиновый парамагнетизм Паули. Ферромагнетизм. Обменная теория ферромагнетизма. Спиновые волны. Антиферромагнетизм.

Сверхпроводимость и сверхтекучесть

Критическая температура сверхпроводящего перехода. Эффект Мейснера. Природа явления сверхпроводимости. Квантование магнитного потока как пример макроскопического квантования. Квантовая жидкость. Сверхтекучесть жидкого гелия. Квантовые кристаллы

Квантовая радиофизика.

Индуцированное излучение. Инверсная населенность уровней и «отрицательные» температуры. Трехуровневая система и лазеры.

Применение квантовых генераторов

Плазменное состояние вещества

Основные характеристики плазмы. Электрическое поле в плазме. Плазма в магнитном поле. Дрейфовое движение. Колебания и волны в плазме.

Плазменное состояние вещества в природе. Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Общие рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия по решению задач существенно дополняют лекции по физике. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к изучаемым явлениям.

Когда студенты решают задачи по определённой теме, очень важно, чтобы в результате знакомства с конкретными задачами они усвоили принципиальный подход к познанию достаточно широкого класса явлений. решение задач можно проводить по следующему общему плану (некоторые пункты плана могут выпадать в некоторых конкретных случаях), который надо продиктовать студентам:

- 1) прочесть внимательно условие задачи;
- 2) посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);
- 3) записать в сокращённом виде условие задачи (когда введены стандартные обозначения, легче вспоминать формулы, связывающие соответствующие величины, чётче видно, какие одной системе единиц и т.д.);
- 4) сделать чертёж, если это необходимо (делая чертёж, нужно стараться представить ситуацию в наиболее общем виде);
- 5) провести анализ задачи, определить её физический смысл (нужно чётко понимать, в чем будет заключаться решение задачи);

- 6) установить, какие физические законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;
- 7) составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;
- 8) решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ в общем виде. Прежде чем переходить к численным значениям, полезно провести анализ этого решения: он поможет вскрыть такие свойства рассматриваемого явления, которые не видны в численном ответе;
- 9) перевести количественные величины в общепринятую систему единиц (СИ), найти численный результат;
- 10) проанализировать полученный ответ, сделать вывод как изменяется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является, исследовать предельные случаи.

Приведенная последовательность действий при решении задач усваивается студентами, как правило, в ходе занятий, когда они на практике убеждаются в её целесообразности. Поэтому в конце занятия полезно подвести итог, сформулировать найденный алгоритм рассуждений. Заметим, впрочем, что не всегда может быть предложен алгоритм решения задачи.

2.2 Примерные темы практических занятий

Зонная теория твердых тел

Параметры кристаллических решеток. Энергия связи. Условие электронейтральности. Дефекты Шоттки и Френкеля Центр окраски Радиационные дефекты Дислокации Краевая дислокация. Винтовая дислокация Подвижность дислокаций Контур и вектор Бюргерса Энергия дислокации Источники дислокации . Блоха. Изменение состояния электронов при сближении атомов. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Структура энергетических зон. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Волновые функции электрона в периодической решетке. Эффективная масса электрона, дырки.

Динамика кристаллической решетки

Основные параметры упругих волн. Гармоническое приближение. Соотношения дисперсии для упругих волн в одномерной кристаллической цепочке, состоящей из одинаковых атомов и из атомов 2-х видов. Акустические и оптические ветви колебаний для одномерных и трехмерных кристаллов. Акустические и оптические фононы. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна

Электронный газ в металле

Классическая теория теплоемкости. Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Вывод формулы теплоемкости, основанный на представлениях о фононах. Теплоемкость металлов. Учёт вклада свободных электронов. Тепловое расширение твёрдых тел. Теплопроводность твёрдых тел. Теплопроводность, обусловленная атомными колебаниями.

Полупроводники

Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Рекомбинации носителей заряда. Диффузия и дрейф заряда. Диффузия и дрейф заряда в магнитном поле. Поверхностные явления. Термо-ЭДС в полупроводниках. Фото-ЭДС в полупроводниках. Оптика полупроводников.

Магнитные свойства вещества

Молекулярное поле Вейсса. Роль обменного взаимодействия в возникновении ферромагнетизма. Доменная структура ферромагнитных тел. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитные спектры вещества.

Сверхпроводимость и сверхтекучесть

Сверхпроводящие материалы. Сверхпроводники первого и второго рода. Теплоемкость сверхпроводников. Поглощение электромагнитного излучения сверхпроводниками. Изотопический эффект. Основы теории БКШ: образование куперовских пар, энергетическая щель. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников. Современные твердотельные приборы

Квантовая радиофизика.

Задача о частице в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Электродипольное взаимодействие. Вероятность перехода в случае немонохроматической волны. Спонтанное излучение. Условие существования излучения в квантовой системе.

Плазменное состояние вещества

Элементарные процессы в плазме. Способы получения вакуума. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия. Системы извлечения заряженных частиц. Пушка Пирса. Конструкция и параметры источников. Элементы корпускулярной оптики. Влияние пространственного заряда пучков. Линзы и их аберрации. Плазмооптика

3 ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1 Общие рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы

В высшей школе студент должен, прежде всего, сформировать потребность в знаниях и научиться учиться, приобрести навыки самостоятельной работы, необходимые для непрерывного самосовершенствования, развития профессиональных и интеллектуальных способностей.

Самостоятельная работа – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

При организации самостоятельной работы следует взять за правило:

- учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно;
- чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 – 5 часов ежедневно;
- начиная работу, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе, и напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференциальный характер, учитывать специфику специальности, изучаемой дисциплины, индивидуальные особенности студента.

3.2 Работа с учебно-методическим и информационным обеспечением

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки по всем типам занятий является работа с литературой. Умение работать с литературой означает: научиться осмысленно пользоваться учебно-

методическим и другим информационным обеспечением дисциплины. Для изучения дисциплины вся рекомендуемая литература подразделяется на основную и дополнительную и приводится в п. 10 рабочей программы дисциплины.

К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Поскольку в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражения новые документы, события, явления, научные открытия последних лет, то рекомендуется для более углубленного изучения программного материала дополнительная литература.

Прежде чем приступить к чтению, необходимо запомнить или записать выходные данные издания: автор, название, издательство, год издания, название интересующих глав. Содержание (оглавление) дает представление о системе изложения ключевых положений всей публикации и помогает найти нужные сведения. Предисловие или введение книги поможет установить, на кого рассчитана данная публикация, какие задачи ставил перед собой автор, содержится краткая информация о содержании глав работы. Иногда полезно после этого посмотреть послесловие или заключение. Это помогает составить представление о степени достоверности или научности данной книги.

Изучение научной учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект. Такие записи удлиняют процесс проработки, изучения книги, но способствуют ее лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал. При изучении литературы особое внимание следует обращать на новые термины и понятия. Записи позволяют восстановить в памяти ранее прочитанный материал без дополнительного обращения к самой книге.

Процесс изучения дисциплины предполагает также активное использование информационных технологий при организации своей познавательной деятельности. Наличие огромного количества материалов в Сети и специализированных поисковых машин делает Интернет незаменимым средством при поиске информации в процессе обучения. Однако при использовании интернет ресурсов следует учитывать следующие рекомендации:

- необходимо критически относиться к информации;
- следует научиться обрабатывать большие объемы информации, представленные в источниках, уметь видеть сильные и слабые стороны, выделять из представленного материала наиболее существенную часть;
- необходимо избегать плагиата, поэтому, если текст источника остается
- без изменения, необходимо сделать ссылки на автора работы.