

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по образовательной деятельности  
Таюрский Д.А.  
« 16 » сентября 2015 г.



**Программа дисциплины**

**Б1.В.ОД.6 Современная физика**

Направление подготовки: 12.03.04 – Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки: —

Квалификация выпускника: бакалавр

Казань 2015

## **1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ**

Целями освоения дисциплины Б1.В.ОД.6 "Современная физика" являются знакомство с физическими явлениями, обусловленными атомарно-корпускулярным строением вещества, формирование у обучающихся представлений о понятиях, законах и методах современной физики, навыков простейших практических расчетов, изучение физических основ и математического аппарата квантовой теории нерелятивистского и квазирелятивистского движения частицы во внешнем поле, теории квантовых переходов, основ теории атома и химической связи, основ квантовой электродинамики, а также экспериментальной работы в лаборатории.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Данная дисциплина является обязательной для изучения дисциплиной вариативной части программы. Осваивается на 2 курсе (4 семестр). Для успешного усвоения данной дисциплины необходимо изучение в качестве предыдущих таких дисциплин, как Б1.Б.6 «Физика», Б1.Б.5 «Математика».

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать:

- физические основы явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- основные классические и современные экспериментальные результаты в области тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов;
- принципы работы и устройство современной экспериментальной аппаратуры для исследования тепловых явлений, явлений переноса, фазовых переходов;
- основы квантово-механического описания состояний физических систем;
- основы математического аппарата квантовой теории.

уметь:

- применять статистические и термодинамические методы к описанию явлений, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества;
- использовать методы физических исследований для изучения термодинамических процессов;
- устанавливать взаимосвязь молекулярных явлений с другими разделами физики, и особо, в пограничных областях - физической химии и химической физики;
- использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний;

владеть:

- навыками расчетов в рамках термодинамического и статистического методов описания;
- навыками работы с простейшей измерительной аппаратурой;
- навыками работы с учебной и научной литературой;
- навыками вычисления вероятностей их переходов в другие состояния под влиянием возмущений

демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с атомарно-корпускулярным строением вещества
- эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
- работать с современными образовательными и информационными технологиями;
- к дальнейшему обучению, применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен в 4 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Межмолекулярное взаимодействие	4	2	4	2	6
2.	Реальные газы и жидкости	4	2	4	3	6
3.	Фазовые переходы	4	2	4	2	6
4.	Твердые тела	4	2	0	2	6
5.	Процессы переноса	4	2	4	3	6
6.	Современные материалы.	4	2	0	0	6
7.	Вариационный метод	4	1	4	2	6
8.	Квазиклассическое приближение	4	1	4	2	6
9.	Многочастичные системы	4	1	2	1	6
10.	Многэлектронные атомы и молекулы	4	1	2	1	6
11.	Основы квантовой электродинамики	4	1	2	1	6
12.	Основы релятивистской механики.	4	1	2	1	6
.	Итоговая форма контроля	4	0	0	0	36
	Итого		18	32	20	108

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Межмолекулярное взаимодействие

Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса. Химическая связь. Описание структуры и свойств вещества.

Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термодинамика газа Ван-дер-Ваальса.

*лабораторное занятие*

Определение вязкости жидкости методом Стокса;  
Исследование зависимости вязкости жидкости от температуры и концентрации;  
Измерение зависимости вязкости раствора сахара от концентрации;

## **Тема 2. Реальные газы и жидкости**

Эффект Джоуля-Томсона. Расчет дифференциального и интегрального эффектов Джоуля-Томсона. Методы сжижения газов. Получение сверхнизких температур. Метод адиабатического размагничивания

Основные свойства и характеристики жидкостей. Жидкие растворы (растворимость, теплоты растворения). Закон Рауля и закон Генри для идеальных растворов. Свойства бинарных смесей. Осмос.

Структура жидкостей. Функции распределения. Уравнения состояния. Модель жидкости Френкеля.

Поверхностное натяжение. Критическое состояние.

### ***лабораторное занятие***

Определение удельной теплоты парообразования воды;

Определение удельной теплоты плавления льда;

Наблюдение фазового перехода жидкость-газ в критической точке;

## **Тема 3. Фазовые переходы**

Определение фазы. Равновесие фаз. Классификация Эренфеста фазовых переходов.

Правило Гиббса. Тройная точка. Полиморфизм и полиморфные превращения. Теория

Ландау фазовых переходов второго рода. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

Уравнение Клайперона Клаузиуса.

### ***лабораторное занятие***

Повышение точки кипения воды;

Понижение точки замерзания воды;

Исследование зависимости давления насыщенного пара воды от температуры;

## **Тема 4. Твердые тела**

Признаки кристаллического состояния (анизотропия физических свойств, дальний порядок, фазовые переходы). Симметрия и элементы симметрии. Кристаллическая решетка и ее симметрия. Классификация кристаллов. Кристаллические классы и физические типы кристаллов.

Тепловые свойства твердых тел. Теплоемкость, модель Эйнштейна, Эйнштейна-Дебая.

Теорема Дебая. Тепловое расширение. Фазовые переходы I-го рода: кристаллизация, плавление, сублимация

### ***лабораторное занятие***

Определение удельной теплоемкости твердых тел.

## **Тема 5. Процессы переноса**

Кинематические характеристики молекулярного движения (эффективное сечение рассеяния, длина свободного пробега). Общее определение и виды процессов переноса. Эмпирические законы для газов (закон Фика для диффузии, Ньютона для внутреннего трения, закон Фурье для теплопроводности). Процессы переноса в жидкостях и твердом теле.

Процессы переноса в разреженных газах. Вакуум. Получение и измерение вакуума.

Решение задач на процессы переноса

### ***лабораторное занятие***

Определение теплопроводности строительных материалов методом единичной пластины;

Определение теплопроводности строительных материалов с помощью эталона с известной теплопроводностью;

## **Тема 6. Современные материалы.**

Жидкие кристаллы. Общая характеристика жидких кристаллов. Межмолекулярное взаимодействие и тепловые свойства жидких кристаллов. Использование жидких



кристаллов в электронике. Полимеры. Общая характеристика и классификация. Новые материалы электроники.

#### **Тема 7. Вариационный метод**

Стационарное уравнение Шредингера как следствие вариационного принципа.

Метод Ритца.

##### *лабораторное занятие*

Фундаментальные эксперименты атомной физики.

#### **Тема 8. Квазиклассическое приближение**

Предельный переход от квантовой механики к классической. Квазиклассическая волновая функция, граничные условия. Квантование Бора-Зоммерфельда.

Квазиклассическое движение в центрально-симметричном поле

##### *лабораторное занятие*

Фундаментальные эксперименты ядерной физики

#### **Тема 9. Многочастичные системы**

Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Вторичное квантование.

Свойства операторов рождения и уничтожения.

##### *лабораторное занятие*

Альфа-спектроскопия.

#### **Тема 10. Многоэлектронные атомы и молекулы**

Метод самосогласованного поля Хартри и Хартри-Фока. Метод Томаса-Ферми. Атом гелия. Спектральные термы. Таблица Менделеева. Адиабатическое приближение. Молекула водорода

Атом в электрическом поле.

##### *лабораторное занятие*

Бета-спектроскопия.

#### **Тема 11. Основы квантовой электродинамики**

Решения уравнений Максвелла, нормальные координаты, гамильтониан. Квантование. Взаимодействие электронов и фотонов. Поглощение и излучение фотонов атомами, соотношения Эйнштейна.

Электрическое дипольное излучение.

##### *лабораторное занятие*

Гамма-спектроскопия

#### **Тема 12. Основы релятивистской механики.**

Уравнение Клейна-Фока-Гордона. Свободное движение бозона. Уравнение Дирака. Свободное движение электрона. Спин, полный момент количества движения. Нейтрино. Уравнение Паули, магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие.

Тонкая структура уровней атома водорода.

##### *лабораторное занятие*

Ослабление альфа-, бета- и гамма-излучения веществом.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия сопровождаются демонстрационными опытами, что позволяет обучающимся пронаблюдать и проанализировать изучаемые явления. Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, также позволяющего наглядно

получать обучающимся всю необходимую информацию. Материалы курса лекций, список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Института Физики.

На практических занятиях широко используется обсуждение реальных явлений с точки зрения изучаемого материала.

Во время проведения лабораторных занятий обучающиеся работают в современных физических лабораториях. Разбор результатов реальных экспериментов. Использование в профессиональной деятельности современных IT-технологий включая компьютерные симуляции, интернет ресурсы.

Консультации проводятся в обозначенное в расписании время и в режиме "online".

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### Тема 1. Межмолекулярное взаимодействие

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Разбор задач из учебника Иродов, примерные задачи:

**6.22.** Какому давлению необходимо подвергнуть углекислый газ при  $T = 300$  К, чтобы его плотность оказалась равной  $\rho = 500$  г/л? Расчет провести как для идеального газа, так и для ван-дер-ваальсовского.

**6.23.** Один моль азота находится в объеме  $V = 1,00$  л. Найти:

а) температуру азота, при которой погрешность в давлении, определяемом уравнением состояния идеального газа, составляет  $\eta = 10\%$  (по сравнению с давлением ван-дер-ваальсовского газа);

б) давление газа при этой температуре.

**6.24.** Один моль некоторого газа находится в сосуде объемом  $V = 0,250$  л. При  $T_1 = 300$  К давление газа  $p_1 = 90$  атм, а при  $T_2 = 350$  К давление  $p_2 = 110$  атм. Найти постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.

**6.57.** Найти работу, совершаемую одним молем ван-дер-ваальсовского газа при изотермическом расширении его от объема  $V_1$  до  $V_2$  при температуре  $T$ .

**6.58.** Один моль кислорода расширили от объема  $V_1 = 1,00$  л до  $V_2 = 5,0$  л при постоянной температуре  $T = 280$  К. Вычислить количество поглощенного газом тепла. Газ считать ван-дер-ваальсовским.

**6.63.** Прохождение газа через пористую перегородку в теплоизолированной трубе сопровождается расширением и изменением температуры газа (эффект Джоуля–Томсона). Если до расширения газ считать ван-дер-ваальсовским, а после расширения — идеальным, то соответствующее приращение температуры газа

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{C_p} \left( \frac{RT_1 b}{V_1 - b} - \frac{2a}{V_1} \right).$$

Получить эту формулу, применив первое начало термодинамики к молу газа, проходящему через перегородку. Процесс считать адиабатическим.

## Тема 2. Реальные газы и жидкости

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Разбор задач из учебника Иродов, примерные задачи:

**6.304.** Вертикальный капилляр с внутренним диаметром 0,50 мм погрузили в воду так, что длина выступающей над поверхностью воды части капилляра  $h = 25$  мм. Найти радиус кривизны мениска.

**6.315.** Два стеклянных диска радиуса  $R = 5,0$  см смочили водой и сложили вместе так, что толщина слоя воды между дисками  $h = 1,9$  мкм. Считая смачивание полным, найти силу, которую нужно приложить перпендикулярно плоскости дисков, чтобы оторвать их друг от друга.

**6.320.** Вертикальный капилляр привели в соприкосновение с поверхностью воды. Какое количество тепла выделится при поднятии воды по капилляру? Смачивание считать полным, поверхностное натяжение равно  $\alpha$ .

**6.308.** Две вертикальные пластинки, погруженные частично в смачивающую жидкость, образуют клин с очень малым углом  $\delta\varphi$ . Ребро клина вертикально. Плотность жидкости  $\rho$ , ее поверхностное натяжение  $\alpha$ , краевой угол  $\vartheta$ . Найти высоту  $h$  поднятия жидкости как функцию расстояния  $x$  от ребра клина.

## Тема 3. Фазовые переходы

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Разбор задач из учебника Иродов, примерные задачи:

**6.346.** Показать, что положение прямой 1–3–5, соответствующей изотермически-изобарическому фазовому переходу, таково, что площади I и II, ограниченные этой прямой и изотермой Ван-дер-Ваальса, равны друг другу (рис. 6.10).

**6.347.** Какая часть воды, переохлажденной при нормальном давлении до  $t = -20$  °С, превратится в лед при переходе системы в равновесное состояние? При какой температуре переохлажденной воды она целиком превратится в лед?

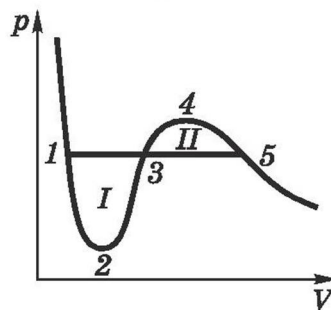


Рис. 6.10

## Тема 4. Твердые тела

Кристаллическая структура. Основные понятия, методы описания и следования.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

## Тема 5. Процессы переноса

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Разбор задач из учебника Иродов, примерные задачи:

**6.203.** Идеальный газ совершает политропический процесс с показателем политропы  $n$ . Найти среднюю длину свободного пробега и число столкновений каждой молекулы ежесекундно как функцию:

- а) объема  $V$ ; б) давления  $p$ ; в) температуры  $T$ .

**6.218.** Один конец стержня, заключенного в теплоизолирующую оболочку, поддерживается при температуре  $T_1$ , а другой конец — при температуре  $T_2$ . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых  $l_1$  и  $l_2$  и теплопроводности  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$ . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня.

**6.221.** Два куска металла, теплоемкости которых  $C_1$  и  $C_2$ , соединены между собой стержнем длины  $l$  с площадью поперечного сечения  $S$  и достаточно малой теплопроводностью  $\kappa$ . Вся система теплоизолирована от окружающего пространства. В момент  $t = 0$  разность температур между двумя кусками металла равна  $(\Delta T)_0$ . Пренебрегая теплоемкостью стержня, найти разность температур между кусками металла как функцию времени.

### Тема 6. Современные материалы.

1. Жидкие кристаллы.
2. Метаматериалы.
3. Наноматериалы.

Подготовка к контрольной работе №1.

### Тема 7. Вариационный метод

Метод линейных комбинаций.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Примерные задачи:

**2.28.** Показать, что групповая скорость волнового пакета, соответствующего свободно движущейся частице, равна скорости самой частицы. Рассмотреть нерелятивистский и релятивистский случаи.

**2.19.** Пучок электронов с кинетической энергией  $K = 180$  эВ падает нормально на поверхность монокристалла никеля. В направлении, составляющем угол  $\alpha = 55^\circ$  с нормалью к поверхности, наблюдается максимум отражения 4-го порядка. Найти межплоскостное расстояние, соответствующее этому отражению.

### Тема 8. Квазиклассическое приближение

Квазиклассическое прохождение через потенциальный барьер

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Примерные задачи:

**2.38.** В некоторый момент область локализации свободного электрона  $\Delta x_0 = 0,10$  нм. Оценить ширину области локализации этого электрона спустя промежуток времени  $t = 1,0$  с.

**2.39.** Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $l = 0,10$  нм.

**2.40.** Электрон с кинетической энергией  $K = 10$  эВ локализован в области размером  $l = 1,0$  мкм. Оценить относительную неопределенность скорости электрона.

### Тема 9. Многочастичные системы

Операторы физических величин в представлении вторичного квантования.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.



Примерные задачи:

**2.65.** Частица массы  $m$  находится в основном состоянии в двумерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Координаты  $x, y$  частицы лежат в пределах  $0 < x < a, 0 < y < b$ , где  $a$  и  $b$  — стороны ямы. Найти собственные значения энергии и нормированные собственные функции частицы.

**2.66.** Определить в условиях предыдущей задачи вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области  $0 < x < a/3, 0 < y < b/3$ .

## Тема 10. Многоэлектронные атомы и молекулы

Водородоподобные уровни энергии.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Примерные задачи:

**5.6.** Вычислить с учетом кратности вырождения  $g$  вращательных уровней ( $g = 2J + 1$ ) отношение количеств молекул водорода, находящихся в чисто вращательных состояниях с  $J = 1$  и  $J = 2$  при  $T = 300$  К.

**5.10.** Найти энергию, необходимую для возбуждения молекулы водорода из основного состояния на первый колебательный уровень ( $v = 1$ ). Во сколько раз эта энергия больше энергии возбуждения данной молекулы на первый вращательный уровень ( $J = 1$ )?

## Тема 11. Основы квантовой электродинамики

Калибровочная инвариантность.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

Примерные задачи:

10. Найти пороговую энергию нейтрино, вызывающих реакции (масса  $D^+$ -мезона равна 1,87 ГэВ, а  $\Lambda_c^+$ -гиперона – 2,28 ГэВ):

- $\nu_\mu + n \rightarrow \mu^- + \Lambda_c^+$ ;
- $\nu_\mu + n \rightarrow \mu^- + \Lambda_c^+ + K^0$ ;
- $\nu_\mu + n \rightarrow \mu^- + D^+ + n$ .

19. В процессе  $e^+e^-$ -аннигиляции рождается пара тяжелых мезонов  $B$  с массами  $M$ , один из которых распадается на два пиона с массами  $m$ . Начальная энергия  $e^+$  и  $e^-$  в ц-системе реакции равна  $E$ . Найти, в каких пределах меняется энергия одного из образованных пионов. При расчете считать  $E \gg m_e$ .

## Тема 12. Основы релятивистской механики.

Алгебра матриц Дирака.

Подготовка к контрольной работе №2.

Оформление лабораторной работы, подготовка к защите.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 7.1. Регламент дисциплины

Суммарно по дисциплине можно получить максимум 100 баллов, из них текущий контроль в течение семестра оценивается в 50 баллов, экзамен - в 50 баллов.

Баллы за работу в течение семестра распределяются следующим образом:

**15 баллов** - контрольная работа №1

**15 баллов** - контрольная работа №2

**20 баллов** – выполнение, оформление и защита лабораторных работ

**Итого:**

**15+15+20=50 баллов.**

## 7.2. Оценочные средства текущего контроля

### Контрольная работа № 1.

Вариант 1.

1. Термодинамическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Теорема Клаузиуса. Метод термодинамических потенциалов, преобразование Лежандра.

2. Доказать, что у газа Ван дер Ваальса теплоемкость при постоянном объеме зависит только от температуры, и найти выражение для внутренней энергии и энтропии.

Вариант 2.

1. Статистическое определение энтропии. Энтропия как мера беспорядка. Теорема Нернста. Связь между статистическим и термодинамическим определениями энтропии. Термодинамическая устойчивость. Принцип Ле-Шателье-Брауна.

2. Чтобы получить абсолютную температуру, нужно прокалибровать эмпирическую температуру  $\theta$ , измеренную с помощью газового термометра при постоянном давлении. Для этого необходимо при фиксированном давлении определить зависимость от  $\theta$  плотности газа  $\rho$ , теплоемкости и коэффициента Джоуля-Томсона. Вывести основную формулу для такой калибровки.

Вариант 3.

1. Силы межмолекулярного взаимодействия. Газ Ван дер Ваальса: вывод уравнения состояния. Вирialsное уравнение состояния.

2. Теплота плавления льда при 1 атм и  $0^\circ\text{C}$  равна  $q=1436.6$  кал/моль, а теплота испарения воды при 1 атм и  $100^\circ\text{C}$  равна  $q=9717.1$  кал/моль. Считая, что средняя теплоемкость воды при 1 атм между  $0^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  равна  $18.046$  кал/град $\cdot$ моль, вычислить разность между энтропией 1 моль льда при 1 атм и  $0^\circ\text{C}$  и энтропией 1 моль пара при 1 атм и  $100^\circ\text{C}$ .

Вариант 4.

1. Теоретические и экспериментальные изотермы газа Ван дер Ваальса. Правило рычага, метастабильные состояния.

2. Вывести уравнение адиабатического процесса для газа Ван дер Ваальса в предположении что теплоемкость газа при постоянном объеме ? величина постоянная. Найти изменение температуры этого газа при его свободном расширении в вакуум.

Вариант 5.

1. Свойства вещества в критическом состоянии. Вычисление параметров критического состояния для газа Ван дер Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван дер Ваальса.

2. Гей-Люссак произвел измерения температуры газа, испытывающего свободное расширение в вакуум. Записать уравнение, определяющее изменение температуры  $dT$  при свободном расширении газа от объема  $V$  до  $V+dV$ .

Вариант 6.

1. Дифференциальный и интегральный эффект Джоуля-Томсона. Расчет для модели газа Ван дер Ваальса.

2. Вычислить изменение энтропии свободной энергии и термодинамического потенциала Гиббса при сжатии 1 моль идеального газа от 1 до 100 атм при  $20^\circ\text{C}$ .

Вариант 7.

1. Адиабатическое расширение газа. Методы получения низких температур.

2. Рассмотреть все возможные процессы, с помощью которых тело с теплоемкостью  $C$  может охладиться путем отдачи тепла от температуры  $T_1$  до температуры  $T_0$  ( $T_0 < T_1$ ) теплового резервуара. Как добиться того, чтобы работа, совершаемая при этом процессе, была максимальной? Какова эта максимальная величина? Для простоты считать  $C$  константой.

### Контрольная работа № 2.

1. Найти распределение вероятностей для компонент импульса линейного гармонического осциллятора с массой  $m$  и частотой  $\omega$  в первом возбужденном состоянии.

2. Найти энергию состояний с нулевым моментом импульса для частицы с массой  $m$ , если потенциальная энергия частицы равна нулю внутри сферы с радиусом  $a$  и бесконечно большая вне этой сферы.

3. Найти вероятность пребывания электрона в классически запрещенной области (т.е. в области, в которой его полная энергия меньше потенциальной энергии) в основном состоянии атома водорода.

4. Найти уровни энергии и волновые функции частицы с моментом импульса  $l=1$ , если гамильтониан частицы равен  $H = b \cdot l_z^2 + b \cdot (l_x^2 - l_y^2)$ ,

где  $a$  и  $b$  - постоянные.

5. Найти среднее значение потенциальной энергии электрона в атоме водорода в основном состоянии.

6. Найти коэффициент отражения частицы с массой  $m$  от потенциальной ямы (потенциальная энергия частицы при движении вдоль оси  $x$  равна нулю везде, кроме области  $0 < x < a$ , где она равна  $-U$ ,  $U > 0$ ).

7. Волновая функция частицы с массой  $M$  равна  $C \exp(-r/\rho)$ . Найти среднее значение кинетической энергии частицы.

8. Потенциальная энергия частицы с массой  $m$  равна  $V(x) = a|x|$ . Оценить энергию основного состояния, используя соотношение неопределенности.

9. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле с потенциалами  $A(r,t)$ ,  $\phi(r,t)$  равен  $H = (p - eA/c)^2/2m + e\phi$ . Найти оператор ускорения частицы.

### 7.3. Вопросы к экзамену

1. Термодинамическая устойчивость. Принцип Ле Шателье-Брауна.

2. Процессы переноса в жидкостях и твердом теле.

3. Броуновское движение. Случайные блуждания.

4. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда-Джонса.

5. Определение фазы. Равновесие фаз. Классификация Эренфеста фазовых переходов. Правило Гиббса.

6. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния.

7. Полиморфизм и полиморфные превращения. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

8. Теоретические изотермы Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Метастабильные состояния.

9. Классификация кристаллов. Кристаллические классы и физические типы кристаллов.

10. Эффект Джоуля-Томсона. Методы сжижения газов. Получение сверхнизких температур. Метод адиабатического размагничивания

11. Поверхностные явления.
12. Отрицательные температуры.
13. Жидкие растворы. Осмос.
14. Термодинамическая устойчивость.
15. Микро- и макроскопические состояния системы. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза.
16. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния.
17. Тепловые свойства твёрдых тел. Теплоёмкость, модель Эйнштейна, Эйнштейна-Дебая
18. Дискретный энергетический спектр атома водорода  
Уравнение Дирака
19. Вторичное квантование. Бозоны  
Матричное представление операторов компонент момента импульса
20. Волновые функции системы тождественных частиц  
Квантовые переходы в непрерывном спектре
21. Теория самосогласованного поля в атомах  
Операторы скоростей изменения физических величин
22. Фазовая теория рассеяния  
Туннелирование
23. Операторы скоростей изменения физических величин  
Вариационный метод в квантовой механике
24. Теория стационарных возмущений. Невырожденный уровень энергии  
Сложение моментов.
25. Теория стационарных возмущений. Вырожденный уровень энергии  
Обменное взаимодействие

#### 7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	– владение навыками в проведении физических исследований по заданной тематике; – системный научный анализ проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;	Вопросы к экзамену №18-25. Решение задач на контрольной работе №2.
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную	Знание основных терминов дисциплины.	Контрольная работа №1. Вопросы к экзамену №1-



	сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Умение решать основные задачи	17. Выполнение лабораторных работ №1-11, их оформление и защита.
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;	Вопросы к экзамену №1-25. Решение задач контрольной работы №2.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины.

Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

- Понять и запомнить все новые определения.
- Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.
- Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).
- Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.
- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.

Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.

Подготовка домашнего задания. В домашней работе обучающихся можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, обучающийся должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к

тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, обучающемуся следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.

Подготовка к контрольным работам. То, как обучающийся научился самостоятельно решать задачи, преподаватель проверяет посредством проведения контрольных работ, на которых от обучающегося требуется решить несколько задач из числа тех, которые решались в аудитории, и тех, которые были заданы в качестве домашней работы. Таким образом, для успешной подготовки к контрольным работам необходимо научиться самостоятельно воспроизводить решения разобранных на занятиях задач и задач домашних заданий в соответствии с рекомендациями для подготовки домашнего задания, приведенными выше.

Подготовка к устному опросу. Устный опрос проводится с целью проверить, как на данном этапе обучения усвоен лекционный материал и/или материал, отведённый на самостоятельное изучение. Рекомендации по изучению соответствующих материалов приведены выше. При подготовке следует иметь в виду, что во время устного опроса:

- нужно уметь сформулировать определения изученных величин, понятий и т.д.;
- нужно уметь сформулировать изученные законы, теоремы, утверждения, постулаты и т.д.,
- по каждой теме или подтеме нужно уметь вкратце словами раскрыть суть того, что в ней излагается;
- нужно уметь сформулировать словами, на чем основаны доказательства изученных утверждений и формул, указать сделанные при этом приближения и принятые допущения.

При выполнении работ в лаборатории важно строго следовать методическим рекомендациям и правилам техники безопасности.

При подготовке к защите важно:

- освежить в памяти основные определения и формулировки законов. Для этого рекомендуется пользоваться исключительно рекомендованной лектором литературой.
- познакомиться с материалами соответствующих лекций и параграфов учебников.
- составить письменный (лучше в электронном виде) отчёт согласно рекомендациям преподавателя.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Основная литература**

1. Молекулярная физика учебное пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин .? Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008 .? 480 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=185](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=185)

2. Молекулярная физика = Molecular physics : учебное пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин .? Издание 4-е, стереотипное .? Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008 .? 480 с..

3. Волошин А.В., Еремина Р.М., Захаров Ю.А., Ирисов Д.С., Лысогорский Ю.В., Нагулин К.Ю., Новеньков А.Н., Скворцов А.И., Сомов А.Р., Тагиров М.С. Лабораторные работы общего физического практикума раздел "Молекулярная физика и термодинамика". Казань: УМУ КГУ, 2008. 137 с.

4. Задачи по общей физике / Иродов И.Е., Лань, 2009, 420 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=4875](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4875)

5. Соловьев О.В. Задачи по квантовой механике: волновые функции и операторы (уч.-метод. пособие). - 2013. - Казань. - КПФУ.

[http://kpfu.ru/docs/F1064181181/Zadachipokkvantovoi\\_mehanike.Volnovie\\_funkcii\\_i\\_operatori.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1064181181/Zadachipokkvantovoi_mehanike.Volnovie_funkcii_i_operatori.pdf)

6. Давыдов А.С. Квантовая механика: учебное пособие. - СПб: БХВ Петербург, 2011. – 704 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=351130>.

### **9.2. Дополнительная литература**

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : в 10 томах : учебное пособие для студентов физических специальностей университетов / Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц ; под ред. Л.П. Питаевского .- Изд. 8-е, стер. - Москва :Физматлит, Т. 2: Теория поля .- 2006 .- 533 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=2236](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=2236)

2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Механика. Молекулярная физика. - 11-е изд.- СПб: Лань, 2011. – 432 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=2038](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=2038)

### **9.3. Интернет-ресурсы:**

сетевой ресурс Coursera - <https://www.coursera.org/course/electricity>

Сетевые ресурсы библиотеки КФУ - [http://portal.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8224](http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224)

Электронная библиотечная система - <http://znanium.com>

электронная библиотечная система Издательства - <http://e.lanbook.com>

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Освоение дисциплины "Современная физика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Принтер и ксерокс для создания раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко

управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии.

Автор(ы): Недопекин О.В.

Рецензент(ы): Никитин С.И.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института физики  
« 16 »                      сентября              2015 г.