

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет**  
**им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ**

**КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

**СОГЛАСОВАНО**

**Руководитель образовательной  
программы**

\_\_\_\_\_ **М.Х. Хоконов**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор Института физики и  
математики**

\_\_\_\_\_ **Б.И. Кунижев**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«АТОМНАЯ ФИЗИКА»**

Направление подготовки (специальность)

**03.03.02 – Физика**

(наименование направления подготовки)

Профиль подготовки:

**«Медицинская физика»**

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

**Нальчик 2022**

Рабочая программа дисциплины « Атомная физика » / составители А.Х. Хоконов, М.Б. Масаев – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2022. – 45 с.

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль «Медицинская физика»), 5-го семестра 3-го курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта ФГОС 3++ высшего образования по направлению 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 7 августа 2020 г. № 891, который зарегистрирован в Минюсте РФ 24 августа 2020 г., регистрационный № 59412.

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения дисциплины	4
2.	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	4
3.	Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
4.	Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
5.	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	11
6.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	31
7.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	32
7.1.	<i>Нормативно-законодательные акты</i>	32
7.2.	<i>Основная литература</i>	33
7.3.	<i>Дополнительная литература</i>	33
7.4.	<i>Периодические издания (газета, вестник, бюллетень, журнал)</i>	33
7.5.	<i>Интернет-ресурсы</i>	33
7.6.	<i>Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы</i>	34
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	36
9.	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)	38
10	Приложения	39

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Целью** освоения учебной дисциплины «Атомная физика» (АФ) является:

- приобретение знаний и формирование представлений по атомной физике, как о теории, являющейся результатом обобщения наблюдений, практического опыта и эксперимента;
- ознакомление студентов с основными законами и методами физики атома и атомных явлений;
- научить навыкам работы с современным атомно-физическим оборудованием, что предполагает знакомство с основами атомной спектроскопии.

**Задачами** дисциплины «Атомная физика» являются:

- овладеть системой знаний по атомной физике и правильно соотносить содержание экспериментальных задач с законами физики атома;
- эффективно применять общие законы для решения задач в области атомной физики на границах с другими разделами курса общей физики,
- строить математические модели физических явлений, используя доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики,
- использовать при работе справочную и учебную литературу, находить другие необходимые источники информации.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Б1.Б.14.05. «Атомная физика» входит в блок Б.1 Государственного образовательного стандарта (ФГОС) для студентов очной формы обучения по направлению специальности 03.03.02–"Физика" (бакалавриат) и реализуется в рамках профиля «Медицинская физика». К исходным требованиям, необходимым для изучения данной дисциплины относятся знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин курса общей физики, а именно разделов Механика, Электричество, Оптика с соответствующими лабораторными практикумами. Необходимо также владение методами математического анализа и навыками работы на ЭВМ на одном из базовых языков программирования Бейсик, Паскаль или Си.

Дисциплина АФ является основой для изучения специальных дисциплин по субатомной физике, астрофизике, геофизике и физики конденсированного состояния вещества.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОСЗ++ ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата):

*Общепрофессиональные компетенции*

ОПК-2.1 Составляет отчеты по научно-исследовательской деятельности, включая анализ и обработку экспериментальных результатов.

ОПК-2.2 Способен представлять результаты исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций.

ПКС-3.1 Способен преподавать физику в средней школе и специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения.

### **В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать** физические и математические модели процессов и явлений, а также оборудование, технологии и программные комплексы, используемые при проведении исследований, направленных на решение задачи, поставленной перед студентом в рамках атомной физики;

**Уметь** формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно планировать и проводить исследования, анализировать полученные результаты и делать соответствующие выводы, оформлять научно-техническую документацию;

**Владеть** навыками научной коммуникации и исследовательской деятельности в условиях функционирования научно-исследовательских и производственных коллективов.

**Приобрести опыт:**

- работы с приборами и оборудованием современной лаборатории по атомной физике;
- использования различных методик физических измерений по атомной спектроскопии и обработки экспериментальных данных;
- проведения физического и математического моделирования с применением методов физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем в рамках атомной физики.

**4. Содержание и структура дисциплины****4.1 Содержание разделов дисциплины**

**Таблица 1. Содержание дисциплины (модуля) «Атомная физика», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций**

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
	Введение	Предмет атомной физики. Микромир. Масштабы. Физика микромира - квантовая физика.	ОПК-2	ДЗ, К
1	Равновесное тепловое излучение в полости.	Законы Релея-Джинса и Вина. Гипотеза Планка. Кванты излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.	ОПК-2	ДЗ, К
2	Фотоэффект	Опыты Герца и Столетова. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Рассеяние электромагнитного излучения на свободном (покоящемся) электроне	ОПК-2	РК, ДЗ
3	Квантовая теория света.	Фотоны. Энергия и импульс фотона. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона-Джермера, Томсона и Тартаковского, Сушкина, Бибермана и Фабриканта. Волны де-Бройля. Фазовая и групповая скорость волн де-Бройля. Принцип неопределенностей.	ОПК-2	СР, ДЗ, К
4	Атом водорода по Бору.	Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. Сериальные спектры излучения закономерности в спектре атома водорода.	ОПК-2	ДЗ, СР
5	Дискретная структура атомных уровней	Опыты Франка и Герца. Потенциалы возбуждения и ионизации. Изотопический	ОПК-2	ДЗ, К, СР, Т, О

		сдвиг атомных уровней. Водородоподобные ионы.		
6	Основы квантовой теории.	Квантовая система. Волновая функция, ее свойства. Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Гамильтониан. Энергетические уровни системы состояния электрона в атоме.	ОПК-2	РК, ДЗ, СР Т,О
7	Одномерные задачи	Одномерные задачи: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма; гармонический осциллятор. Туннельный эффект.	ОПК-2	КР, ДЗ, Т,О
8	Одноэлектронный атом.	Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом. Разделение переменных. Плоский и пространственный ротаторы. Операторы $L^2$ , $L_z$ , их собственные значения. Момент импульса электрона и его проекции. Угловая волновая функция. Уровни энергии. Квантовые числа $l$ и $m_l$ .	ОПК-2	К, ДЗ, Т,О
9	Атом водорода в квантовой теории.	Радиальное уравнение и радиальная волновая функция. Волновые функции стационарных состояний, их свойства. Водородоподобные атомы, атомы щелочных металлов. Уровни энергии и квантовые числа $n$ и $\ell$ .	ОПК-2	РК, ДЗ
10	Орбитальные механический и магнитный моменты электрона.	Магнетон Бора. Экспериментальное определение магнитных моментов. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Собственный магнитный момент электрона. Орбитальное и спиновое гиромагнитные отношения	ОПК-2	ДЗ, К
11	Понятие о правилах сложения взаимодействующих моментов количества движения.	Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака).	ОПК-2	ДЗ, СР

12	Векторная модель атома.	Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS и jj-связей. Терм. Тонкая структура терма. Правило интервалов Ланде.	ОПК-2	ДЗ, Т,О
13	Атомы щелочных металлов.	Энергетические уровни. Вероятность перехода. Понятие о правилах отбора. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные серии (атомы водорода, гелия, щелочных металлов).	ОПК-2	Р, КР
14	Атом гелия симметричные и антисимметричные волновые функции.	Синглетные и триплетные состояния. Обменное взаимодействие.	ОПК-2	ДЗ, К
15	Атом во внешних полях – электрическое и магнитное.	Атом в магнитном поле. Слабое и сильное поле. Фактор Ланде. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка	ОПК-2	ДЗ, СР
16	Многоэлектронные атомы.	Общие принципы описания многоэлектронного атома. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип тождественности частиц. Принцип запрета Паули.	ОПК-2	ДЗ, РК
17	Заполнение атомных состояний электронами.	Электронные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов.	ОПК-2	ДЗ, СР, Р
18	Рентгеновские спектры.	Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.	ОПК-2	ДЗ, СР
19	Молекула. Адиабатическое приближение.	Молекула водорода. Теория Гайтлера-Лондона. Химическая связь. Ковалентная и ионная связи. Валентность.	ОПК-2	ДЗ, СР
20	Колебательное и вращательное движение ядер в молекулах	Спектры двухатомных молекул. Колебательные и вращательные спектры. Правила отбора для переходов в двухатомных молекулах. Оптические квантовые генераторы. Мазеры и Лазеры.	ОПК-2	РК, Т,О

В графе 4 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), домашнего задания (ДЗ), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т), опрос (О) и т.д.

#### 4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Атомная физика» составляет 4 зачётные единицы, всего 144 часа, 51 час лекции, 51 часа практические занятия, 15 часов самостоятельная работа, 27 часов контрольные занятия.

**Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа)**

Вид работы	Трудоемкость, час.	
	5 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость в зач. ед. (час.)</b>	<b>4(144)</b>	<b>4(144)</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
Лекции (Л)	51	51
Практические занятия (ПЗ)	51	51
Лабораторные работы (ЛР)		
Семинарские занятия (СЗ)	–	–
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Курсовая работа (КР)		
Реферат (Р)		
Контрольная работа (К)		
Самостоятельное изучение разделов	15	15
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

#### 4.3. Содержание дисциплины (лекционные занятия)

**Таблица 3. Лекционные занятия**

№ раздела	Тема
1	2
1	Введение. Предмет атомной физики. Микромир. Масштабы. Физика микромира - квантовая физика. Краткая история зарождения и развития атомизма. Экспериментальные открытия конца 19 и начала 20 века, которые не укладываются в рамки классической физики. – 1 час
2	Равновесное электромагнитное излучение в полости. Законы Релея-Джинса и Вина. Гипотеза Планка. – 1 час
3	Кванты излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. – 1 час
4	Квантовая теория света. Фотоны. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона-Джермера. – 1 час
5	Опыты Томсона и Тартаковского, Сушеина, Бибермана и Фабриканта. Волны де-Бройля. Принцип неопределенности. – 1 час
6	Атом водорода по Бору. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. – 1 час
7	Сериальные закономерности в спектре атома водорода. Комбинационный принцип – 1 час
8	Теория Бора. Квантование момента импульса. Постулаты Бора. Принцип соответствия – 1 час



№ раздела	Тема
1	2
9	Рентгеновское излучение. Формула Брега-Вульфа. Методы наблюдения дифракции волн на кристаллах. Эффект Комптона. Рассеяние электромагнитного излучения на свободном (покоящемся) электроны. – 1 час
10	Дискретная структура атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Потенциалы возбуждения и ионизации. Изотопический сдвиг атомных уровней. – 1 час
11	Водородоподобные ионы. Энергетические спектры. Ионы $He^+$ , $Li^{++}$ . – 1 час
12	Основы квантовой механики. Квантовая система, ее состояние, измеряемые параметры. Волновая функция, ее свойства – 1 час
13	Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности и плотность потока вероятности – 1 час
14	Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Среднее значение физической величины. Гамильтониан. – 2 часа
15	Одномерные задачи: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма. – 2 часа
16	Гармонический осциллятор – 2 часа
17	Одноэлектронный атом. Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом. Плоский ротатор – 1 час
18	Пространственный ротатор. Момент импульса электрона и его проекции. Угловая волновая функция. Квантовые числа $\ell$ и $m_\ell$ – 2 часа
19	Операторы $L^2$ , $L_z$ , их собственные значения – 1 час
20	Атом водорода в квантовой теории. Радиальное уравнение и радиальная волновая функция атома водорода – 2 часа
21	Уровни энергии и главное квантовое число $n$ . Вырождение уровней по орбитальному моменту. Спектральные серии излучения атома водорода. – 1 час
22	Орбитальные механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Экспериментальное определение магнитных моментов. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. – 1 час
23	Собственный магнитный момент электрона. Орбитальное и спиновое гиромагнитные отношения. Полный момент электрона, внутреннее квантовое число – 2 часа
24	Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения – 2 часа
25	Векторная модель атома. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака). Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS и jj-связей. Терм – 2 часа
26	Атомы щелочных металлов. Энергетические уровни. Вероятность перехода. Понятие о правилах отбора. Разрешенные и запрещенные переходы – 1 час
27	Спектральные серии атомов водорода и щелочных металлов. – 1 час
28	Атом гелия. Синглетные и триплетные состояния. Обменное вырождение. Обменное взаимодействие. – 1 час
29	Атом в поле внешних сил. Атом в магнитном поле. Слабое и сильное поле. Фактор Ланде. Нормальный эффект Зеемана – 1 час
30	Слабое поле. Сложный (аномальный) эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака – 1 час
31	Многоэлектронные атомы. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисиммет-

№ раздела	Тема
1	2
	ричные волновые функции. Принцип запрета Паули– 2 часа
32	Заполнение атомных состояний электронами. Электронные оболочки и под-оболочки. Электронная конфигурация. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов. Трансурановые элементы. 2 ч, 4 ч с.р– 2 часа
33	Рентгеновские спектры. Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже– 1 час
34	Молекула. Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Теория Гайтлера-Лондона. Спаривание электронов. – 2 часа
35	Термы двухатомной молекулы. Химическая связь. Ковалентная и ионная связи. Валентность. – 1 час
36	Колебательное и вращательное движение ядер в молекулах. Спектры двухатомных молекул. Вращательные и колебательные спектры молекул– 1 час
37	Электронно-колебательный-вращательный переход. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Принцип Франка-Кондона– 2 часа
38	Оптические квантовые генераторы. Мазеры и лазеры– 2 часа

Всего 51 час

#### 4.4. Содержание дисциплины (лабораторные занятия)

По лабораторным занятиям составлена отдельная рабочая программа «Общий физический практикум по атомной физике»

#### 4.5. Содержание дисциплины (практические занятия)

**Таблица 5. Практические занятия**

№ занятия	№ раздела	Тема
1	2	3
1	1, 3	Модели атомов Томсона и Резерфорда. Равновесное тепловое излучение. - 2 часа
2	2	Эффект Комптона. Фотоэффект- 2 часа
3	3	Волны де-Бройля. Соотношения неопределенностей-2 час
4	4	Модель атома Бора- - 2 часа
5		Контрольная работа №1- 2 часа
6	5,6	Основные понятия квантовой механики. Операторы физических величин. Средние значения и дисперсия- 2 часа
7	7, 8	Одномерные задачи. Пространственный ротатор. Частица в потенциальной яме- 2 часа
8	9	Квантовая теория атома водорода- 2 часа
9	13	Атомы щелочных металлов- 2 часа
10		Контрольная работа №2- 2 часа
11	13, 15	Электромагнитные переходы. Правила отбора и спектральные серии- 3 часа

№ занятия	№ раздела	Тема
12	16	Многоэлектронные атомы. Оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Приближение LS и jj-связей. Терм. Состояние- 3 часа
13	16,17	Периодическая таблица элементов. Основные термы атомов. Тонкая структура атомных спектров- 2 часа
14	15	Эффекты Зеемана. Опыт Штерна и Герлаха- 2 часа
15		Контрольная работа № 3. - 2 часа

Всего 32 часа

#### 4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

**Таблица 4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины**

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	2
1	Экспериментальные открытия конца 19 и начала 20 века, которые не укладываются в рамки классической физики
2	Фотоэффект. Опыты Герца и Столетова. Уравнение Эйнштейна
3	Опыты Томсона и Тартаковского, Сушкина, Бибермана и Фабриканта. Волны де-Бройля. Принцип неопределенности.
4	Сериальные закономерности в спектре атома водорода. Комбинационный принцип.
5	Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Среднее значение физической величины. Гамильтониан.
6	Орбитальные механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Экспериментальное определение магнитных моментов. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона
7	Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS и jj-связей. Термы.
8	Спектральные серии атомов водорода и щелочных металлов
9	Принцип запрета Паули. Симметричные и антисимметричные волновые функции.
10	Заполнение атомных состояний электронами. Электронные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов. Трансурановые элементы.
11	Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.
12	Молекула водорода. Теория Гайтлера-Лондона. Спаривание электронов
13	Колебательные спектры молекул
14	Оптические квантовые генераторы. Мазеры и лазеры.

#### 5. Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости в промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным

компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются **текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация (смотри распределение баллов в Приложении № 2).**

**Оценочные материалы для текущего контроля.** Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине

**Текущий контроль** успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Атомная физика» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок, написание докладов, рефератов, эссе, дискуссии.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Атомная физика». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

#### **5.1.1. Вопросы по темам дисциплины для устного опроса (контролируемая компетенция ОПК-2):**

Тема 1:

1. Введение. Предмет атомной физики.
2. Микромир. Масштабы. Физика микромира - квантовая физика.
3. Краткая история зарождения и развития атомизма.
4. Экспериментальные открытия конца 19 и начала 20 века, которые не укладываются в рамки классической физики.

Тема 2:

1. Равновесное электромагнитное излучение в полости.
2. Законы Релея-Джинса и Вина.
3. Гипотеза Планка.
1. Кванты излучения.
2. Формула Планка.
3. Закон Стефана-Больцмана
4. Закон смещения Вина.

Тема 4:

1. Квантовая теория света.
2. Фотоны.
3. Гипотеза де-Бройля.
4. Волновые свойства частиц.
5. Опыты Девиссона-Джермера.

Тема 5:

1. Опыты Томсона и Тартаковского
2. Опыты Сушеина, Бибермана и Фабриканта.
3. Волны де-Бройля.
4. Принцип неопределенности.

Тема 6:

1. Атом водорода по Бору.
2. Модель атома Томсона.
3. Опыты Резерфорда.
4. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов.

Тема 7:

1. Сериальные закономерности в спектре атома водорода.
2. Комбинационный принцип

Тема 8:

1. Теория Бора.
2. Квантование момента импульса.
3. Постулаты Бора.
4. Принцип соответствия

Тема 9:

1. Рентгеновское излучение.
2. Формула Брега-Вульфа.
3. Методы наблюдения дифракции волн на кристаллах.
4. Эффект Комптона.
5. Рассеяние электромагнитного излучения на свободном (покоящемся) электроны.

Тема 10:

1. Дискретная структура атомных уровней.
2. Опыты Франка и Герца.
3. Потенциалы возбуждения и ионизации.
4. Изотопический сдвиг атомных уровней.

Тема 11:

1. Водородоподобные ионы.
2. Энергетические спектры.
3. Ионы  $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{++}$ .

Тема 12:

1. Основы квантовой механики.
2. Квантовая система, ее состояние, измеряемые параметры.
3. Волновая функция, ее свойства

Тема 13:

1. Уравнение Шредингера.
2. Стационарные и нестационарные состояния.
3. Плотность вероятности и плотность потока вероятности

Тема 14:

1. Операторы физических величин.
2. Собственные значения и собственные функции операторов.
3. Среднее значение физической величины. Гамильтониан.

Тема 15:

1. Одномерные задачи: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма.

Тема 16:

1. Гармонический осциллятор

Тема 17:

1. Одноэлектронный атом.
2. Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом.
3. Плоский ротатор

Тема 18:

1. Пространственный ротатор.
2. Момент импульса электрона и его проекции.
3. Угловая волновая функция.
4. Квантовые числа  $\ell$  и  $m_\ell$  – 2 часа

Тема 19:

1. Операторы  $L^2$ ,  $L_z$ , их собственные значения

Тема 20:

1. Атом водорода в квантовой теории.
  2. Радиальное уравнение и радиальная волновая функция атома водорода
- Тема 21:
1. Уровни энергии и главное квантовое число  $n$ .
  2. Вырождение уровней по орбитальному моменту.
  3. Спектральные серии излучения атома водорода.
- Тема 22:
1. Орбитальные механический и магнитный моменты электрона.
  2. Магнетон Бора.
  3. Экспериментальное определение магнитных моментов.
  4. Опыт Штерна и Герлаха.
  5. Спин электрона.
- Тема 23:
1. Собственный магнитный момент электрона.
  2. Орбитальное и спиновое гиромагнитные отношения.
  3. Полный момент электрона, внутреннее квантовое число
- Тема 24:
1. Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения
- Тема 25:
1. Векторная модель атома.
  2. Спин-орбитальное взаимодействие.
  3. Тонкая структура спектра атома водорода.
  4. Формула тонкой структуры (Дирака).
  5. Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме.
  6. Приближение LS и  $jj$ -связей. Терм
- Тема 26:
1. Атомы щелочных металлов.
  2. Энергетические уровни.
  3. Вероятность перехода.
  4. Понятие о правилах отбора.
  5. Разрешенные и запрещенные переходы
- Тема 27:
1. Спектральные серии атомов водорода и щелочных металлов.
- Тема 28:
1. Атом гелия.
  2. Синглетные и триплетные состояния.
  3. Обменное вырождение.
  4. Обменное взаимодействие.
- Тема 29:
1. Атом в поле внешних сил.
  2. Атом в магнитном поле.
  3. Слабое и сильное поле.
  4. Фактор Ланде.
  5. Нормальный эффект Зеемана
- Тема 30:
1. Слабое поле.
  2. Сложный (аномальный) эффект Зеемана.
  3. Эффект Пашена-Бака
- Тема 31:
1. Многоэлектронные атомы.
  2. Общие принципы описания многоэлектронного атома.
  3. Принцип тождественности частиц.

4. Симметричные и антисимметричные волновые функции.
5. Принцип запрета Паули

Тема 32:

1. Заполнение атомных состояний электронами.
2. Электронные оболочки и подоболочки.
3. Электронная конфигурация.
4. Периодическая система элементов.
5. Правило Хунда. Основные термы атомов.
6. Трансурановые элементы. 2 ч, 4 ч с.р

Тема 33:

1. Рентгеновские спектры.
2. Переходы внутренних электронов в атомах.
3. Характеристическое рентгеновское излучение.
4. Закон Мозли.
5. Эффект Оже

Тема 34:

1. Молекула.
2. Адиабатическое приближение.
3. Молекулярный ион водорода.
4. Молекула водорода.
5. Теория Гайтлера-Лондона.
6. Спаривание электронов.

Тема 35:

1. Термы двухатомной молекулы.
2. Химическая связь.
3. Ковалентная и ионная связи.
4. Валентность.

Тема 36:

1. Колебательное и вращательное движение ядер в молекулах.
2. Спектры двухатомных молекул.
3. Вращательные и колебательные спектры молекул

Тема 37:

1. Электронно-колебательный-вращательный переход.
2. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах.
3. Принцип Франка-Кондона

Тема 38:

1. Оптические квантовые генераторы.
2. Мазеры и лазеры

***В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:***

***3балла***, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определение физических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

***2балла***, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «3», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

**1 балл**, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

**0 баллов**, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

**5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля.** Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится **три таких контрольных мероприятия по графику**.

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

#### **5.2.1. Контрольные работы для каждого этапа рейтинга (контролируемая компетенция ОПК-2):**

##### *Контрольная работа № 1*

###### **Билет № 1**

1. Ограниченность законов классической физики в микромире. Примеры (спектры излучения атома водорода, дискретность энергии атома). Микромир и квантовая физика.
2. Теория Н.Бора для атома водорода. Энергия атома водорода.

###### **Билет № 2**

1. Тепловое излучение. Законы Релея-Джинса и Вина.
2. Успехи и недостатки Теории Бора.

###### **Билет № 3**

1. Кванты излучения. Формула Планка.
2. Волновая функция и её статистическая интерпретация. Плотность вероятности локализации частиц.

###### **Билет № 4**

1. Фотоэффект. Опыты Столетова.
2. Принцип неопределенности для координаты  $X$  и импульса  $P_x$ , энергии  $E$  и времени  $t$ .

###### **Билет № 5**

1. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
2. Гипотеза Луи де Бройля. Формула де Бройля. Дуализм корпускулярных и волновых свойств микрочастиц.

###### **Билет № 6**

1. Фотоны. Энергия и импульс фотона.
2. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Оператор Гамильтона.



Билет № 7

1. Квантовая теория света. Фотоны и её характеристики.
2. Частица в центральном поле. Жесткий плоский ротатор. Азимутальная волновая функция.

Билет № 8

1. Гипотеза Луи де Бройля. Формула де Бройля. Дуализм корпускулярных и волновых свойств микрочастиц.
2. Частица в центральном поле. Пространственный ротатор. Угловая волновая функция.

Билет № 9

1. Принцип неопределенности для координаты  $X$  и импульса  $P_x$ , энергии  $E$  и времени  $t$ .
2. Квантовые числа для состояния электронов в атоме:  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$ ,  $m_s$  и их взаимосвязи. Величины, определяемые ими.

Билет № 10

1. Спектр атома водорода. Формула Бальмера.
2. Момент импульса электрона в атоме. Орбитальное квантовое число  $l$ .

*Контрольная работа № 2*

Билет № 1

1. Спектральные серии атома водорода. Формула Ридберга.
2. Волновая функция частицы в центральном поле в сферических координатах. Радиальная волновая функция в сферических координатах.

Билет № 2

1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома.
2. Проекция момента импульса. Магнитное квантовое число  $m_l$ .

Билет № 3

1. Планетарная модель атома. Устойчивость атома. Постулаты Н.Бора.
2. Орбитальное квантовое число  $l$  и соответствующие квантовые состояния.

Билет № 4

1. Теория Н.Бора для атома водорода. Энергия атома водорода.
2. Число электронов соответствующих главному  $n$ , орбитальному  $l$  и спиновому  $m_s$  квантовым числам.

Билет № 5

1. Успехи и недостатки Теории Бора.
2. Угловая волновая функция электронов в атоме водорода. Угловая плотность вероятности электронов в атоме водорода.

Билет № 6

1. Волновая функция и её статистическая интерпретация. Плотность вероятности локализации частиц.
2. Условия заполнения квантовых состояний атома электронами. Принципы минимума энергии и Паули. Заполнение орбитальных ячеек. Принцип максимума спина.

Билет № 7

1. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Оператор Гамильтона.
2. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Квантовое число  $m_s$ .

Билет № 8

1. Частица в центральном поле. Жесткий плоский ротатор. Азимутальная волновая функция.
2. Гипотеза Луи де Бройля. Формула де Бройля. Дуализм корпускулярных и волновых свойств микрочастиц.

Билет № 9

1. Символы квантовых состояний  $1s; 2s, 2p; 3s, 3p, 3d; 4s, \dots$  Число электронов, заполняющих квантовые состояния  $s, p, d \dots$
2. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.

Билет № 10

1. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева.
2. Тепловое излучение. Законы Релея-Джинса и Вина.

*Контрольная работа № 3*

Билет № 1

1. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Квантовое число  $m_s$ .
2. Кванты излучения. Формула Планка.

Билет № 2

1. Ограниченность законов классической физики в микромире. Примеры (спектры излучения атома водорода, дискретность энергии атома). Микромир и квантовая физика.
2. Спектр атома водорода. Формула Бальмера.

Билет № 3

1. Тепловое излучение. Законы Релея-Джинса и Вина.
2. Планетарная модель атома. Устойчивость атома. Постулаты Н.Бора.

Билет № 4

1. Фотоэффект. Опыты Столетова.
2. Волновая функция и её статистическая интерпретация. Плотность вероятности локализации частиц.

Билет № 5

1. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
2. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева.

Билет № 6

1. Символы квантовых состояний  $1s; 2s, 2p; 3s, 3p, 3d; 4s, \dots$  Число электронов, заполняющих квантовые состояния  $s, p, d \dots$
2. Спектральные серии атома водорода. Формула Ридберга.

Билет № 7

1. Теория Н.Бора для атома водорода. Энергия атома водорода.
2. Число электронов соответствующих главному  $n$ , орбитальному  $l$  и спиновому  $m_s$  квантовым числам.

Билет № 8

1. Орбитальное квантовое число  $l$  и соответствующие квантовые состояния.

2. Квантовая теория света. Фотоны и её характеристики.

Билет № 9

1. Фотоны. Энергия и импульс фотона.
2. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома.

Билет № 10

1. Успехи и недостатки Теории Бора.
2. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Оператор Гамильтона.

**5.2.2. Оценочные материалы: типовые задачи для каждого этапа рейтинга  
(контролируемая компетенция ОПК-2):**

№1

Энергия связи электрона в атоме He равна 25,6 эВ. Найти энергию, необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.  $E_1 = -13,6$  эВ для атома водорода.

№2

Определить длину волны  $\lambda$  фотона, импульс которого равен импульсу атома водорода при температуре 300 К. Масса атома водорода  $m_H = 1,2 \cdot 10^{-27}$  кг

№3

Определить энергию электрона атома водорода, если радиальная волновая функция имеет вид

$$R(r) = Ae^{-\frac{r}{2a_0}}, a_0 - \text{радиус боровской орбиты.}$$

№4

Квантовые числа S и L равны соответственно 2 и 3. Сколько и каких квантовых чисел  $I$  может иметь атом.

№5

Квантовые числа S и L атома равны соответственно 1 и 3. Сколько и каких квантовых чисел  $I$  может иметь атом.

№6

Определить энергию атома водорода, если радиальная волновая функция имеет вид

$$R(r) = Ae^{-\frac{r}{2a_0}} \left( 1 - \frac{r}{2a} \right), a_0 - \text{радиус 1-ой боровской орбиты.}$$

№7

Построить энергетические уровни атома лития в сильном магнитном поле для состояний  $3p_{3/2}$  и  $3d_{3/2}$

№8

Определить полный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $2s^2 2p^1$

№9

Определить полный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $1s^2 2p^1 3d^1$

№10

Построить энергетические уровни атома лития в сильном магнитном поле для состояний  $2s_{1/2}$ ,  $2p_{1/2}$  и  $2p_{3/2}$

№11

Определить полный механический момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=5$

№12

Определить полный механический момент атома калия с валентным электроном в состоянии  $n=4$ .

№13

В спектральной серии атома водорода известны длины волн трех линий: 97,26; 102, 58; 121,57 нм. Определить длины волн других линий спектра.

№14

Определить полный механический момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=3$

№15

Определить энергетические уровни атома лития в сильном магнитном поле для состояний  $2s_{1/2}$ ,  $2p_{1/2}$  и  $2p_{3/2}$

№16

Определить полный механический момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=4$

№17

Определить, какие из перечисленных переходов запрещены правилами перехода  $^2D_{5/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$ ,  $^3P_2 \rightarrow ^2S_{1/2}$  и  $^2F_3 \rightarrow ^2P_2$

№18

Определить, какие из перечисленных переходов запрещены правилом перехода  $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$ ,  $^3P_1 \rightarrow ^2S_{1/2}$  и  $^3F_3 \rightarrow ^3P_2$

№19

Работа выхода электрона лития 2,46 эВ, а красная граница фотоэффекта цезия 6,39 нм. Определить красную границу фотоэффекта лития, если работу выхода цезия 1,62 эВ.

№20

Найти наиболее вероятное распределение электрона от ядра атома водорода, если радиальная волновая функция  $R(r) = Ae^{-\frac{r}{4a_0}} r^3$

№21

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома натрия с учетом тонкой структуры для перехода из состояния  $3s$  в  $3p$

№22

Вычислить разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана для атома водорода  $R=1,2 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

№23

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома лития с учетом тонкой структуры для состояний  $3s3p$ .

№24

Сколько спектральных линий будет испускать водород, который возбужден до энергетического уровня  $n=4$ ?

№25

Квантовые числа  $S$  и  $L$  равны соответственно 2 и 4. Сколько и каких квантовых чисел  $I$  может иметь атом?

№26

Определить максимальный механический момент натрия с валентным электроном в состоянии  $n=4$ .

№27

Определить энергетические уровни атома натрия в сильном магнитном поле для состояний  $3S_{1/2}, 3P_{1/2}, 3S_{3/2}$

№28

Определить полный механический момент натрия с валентным электроном в состоянии  $n=5$

№29

Какому элементу принадлежит водородоподобный спектр, длины волн линий которого в 4 раза короче, чем у атома водорода?

№30

Определить полный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $2s^1 2p^3 3d^1$

№31

Найти наиболее вероятное расстояние электрона от ядра атома водорода, если

$$\psi(r) = A e^{-\frac{r}{5a_0}} r^4, a_0 - \text{радиус первой боровской орбиты, } A - \text{постоянная}$$

№32

Найти наиболее вероятное расстояние электрона от ядра атома водорода, если

$$\psi(r) = A e^{-\frac{r}{3a_0}} r^2, a_0 - \text{радиус первой боровской орбиты, } A - \text{постоянная}$$

**Критерии формирования оценок по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задания):**

«отлично» (5 баллов) - обучающийся показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, избегая простого повторения информации из текста, информация представлена в переработанном виде. Свободно использует необходимые формулы при решении задач;

«хорошо» (3 балла) - обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;

«удовлетворительно» (1-2 баллов) - обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности при решении задач;

«неудовлетворительно» (0 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

**5.2.3. Оценочные материалы: Типовые тестовые задания по дисциплине (контролируемая компетенция ОПК-2). Полный перечень тестовых заданий представлен в ЭОИС –**

**<http://open.kbsu.ru/moodle/course/view.php?id=1249>**

Тест – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений студента.

Имеется банк тестов, прошедший экспертизу. Банк содержит более 300 тестов. Тестирование студентов проводится 3 раза в семестр по расписанию. Коллоквиум проводится 3 раза в семестр.

**1.  $KT=1$**

Связь между квантовыми числами  $n$  и  $\ell$  :

☐  $\ell = 1, 2, \dots, n$                       ☐  $\ell = 0, \pm 1, \dots, \pm n$

☐  $\ell = 0, 1, \dots, n-1$                       ☐  $\ell = 1, 2, \dots, n-1$

**2.  $KT=1$**

Квантовое число проекции спина электрона  $m_s$  принимает значения:

☐  $0, 1, 2, 3, \dots$                       ☐  $1/2, 3/2, 5/2, \dots$

☐ -1, -2, -3,...

☐ -1/2, 1/2

### 3. $KT=1$

Для  $n=3$  возможны следующие значения  $\ell$  и  $m_\ell$ :

☐  $\ell = 1, 2, 3, \quad m_\ell = \pm 1, \pm 2, \pm 3$

☐  $\ell = 0, 1, 2, \quad m_\ell = 0, \pm 1, \pm 2$

☐  $\ell = 0, 1, 3, \quad m_\ell = 0, \pm 1, \pm 3$

☐  $\ell = 1, 2, \quad m_\ell = \pm 1, \pm 2$

### 4. $KT=1$

Если внутреннее квантовое число в атоме водорода  $j=3/2$ , то соответствующий полный момент импульса равен:

☐  $\frac{\sqrt{11}}{2}\hbar$

☐  $\frac{\sqrt{15}}{2}\hbar$

☐  $\frac{\sqrt{17}}{2}\hbar$

☐  $\frac{\sqrt{19}}{2}\hbar$

### 5. $KT=1$

Нормальный эффект Зеемана имеет место, когда атомарный газ находится под действием:

☐ очень сильного магнитного поля

☐ очень слабого магнитного поля

☐ переменного магнитного поля

☐ сильного электрического поля

### 6. $KT=1$

В квантовом состоянии 3P может находиться максимальное число электронов:

☐ 2

☐ 4

☒ 6

☐ 8

☐ 18

### 7. $KT=1$

У замкнутой оболочки полный орбитальный, полный спиновый и полный механический моменты равны:

☐  $L_L=0, L_S=0, L_J=0$

☐  $L_L=1, L_S=0, L_J=1$

☐  $L_L=0, L_S=1, L_J=1$

☐  $L_L=0, L_S=0, L_J=1$

### 8. $KT=2$

Энергия отрыва электрона от иона  $He^+$  (энергия ионизации  $He^+$ ), находящегося во втором возбужденном состоянии (в эВ) ( $|E_1|=13,6 \text{ eV}$ ):

☐ 10,24

☐ 8,14

☐ 6,04

☐ 4,12

### 9. $KT=2$

Максимальное число электронов в состоянии с главным квантовым числом  $n=3$ :

☐ 18

☐ 16

☐ 20

☐ 12

### 10. $KT=1$

Энергия ионизации атома водорода  $E_{\text{ион}}$  в первом возбужденном состоянии ( $n=2$ ) (в эВ):

☐ 6,4

☐ 10,2

☐ 3,4

☐ 18

### 11. $KT=1$

Внутреннее квантовое число  $j$  связано с орбитальным ( $\ell$ ) и спиновым ( $\ell_s = 1/2$ ) квантовыми числами:

- ☐  $\ell + \ell_s$       ☐  $\ell \pm \ell_s$       ☒  $|\ell \pm \ell_s|$       ☐  $|\ell - \ell_s|$

**12.  $KT=1$**

Пространственное квантование полного момента импульса электронной оболочки атома  $\vec{J}$  состоит в:

- ☐ дискретном изменении по величине  
☐ непрерывном изменении по величине  
☐ дискретном изменении ориентации  $\vec{J}$  в пространстве  
☐ непрерывном изменении по направлению

**13.  $KT=1$**

Полному моменту импульса электрона  $\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$  соответствует минимальное внутреннее квантовое число  $j$ :

- ☐  $1/2$       ☐  $5/2$       ☐  $3/2$       ☐  $7/2$

**14.  $KT=1$**

В опытах Штерна и Герлаха по определению магнитного момента атома были использованы:

- ☐ Постоянное магнитное поле      ☐ Постоянное электрическое поле  
☐ Сильно неоднородное магнитное поле      ☐ Сильно неоднородное электрическое поле

**15.  $KT=1$**

Согласно принципу запрета Паули в одном квантовом состоянии могут находиться:

- ☐ два электрона      ☐ один электрон      ☐ три электрона      ☐ четыре электрона

**16.  $KT=1$**

Согласно принципу запрета Паули в состоянии с полным набором квантовых чисел  $\{n, \ell, m_\ell, m_s\}$  могут находиться:

- ☐ 1 электрон      ☐ 2 электрона  
☐ 3 электрона      ☐ 6 электронов

**17.  $KT=2$**

Полная энергия электрона в основном состоянии водородоподобного иона  $He^+$  (в эВ) ( $|E_1| = 13,6 \text{ eV}$ ):

- ☐ -27,2      ☐ -44,6      ☐ -60,4      ☐ -54,4

**18.  $KT=2$**

Радиус орбиты электрона возбужденного атома водорода с  $n=100$  составляет (в см) ( $r_1=0,053 \text{ нм}$ ):

$\square 0,53 \cdot 10^{-4}$      $\square 0,53 \cdot 10^{-3}$      $\square 0,53 \cdot 10^{-6}$      $\square 0,53 \cdot 10^{-5}$

***Критерии формирования оценок по тестовым заданиям:***

- (5 баллов) – получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы. Выполнено 90 - 100 % предложенных тестовых заданий;
- (4 балла) – получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 70-89 % от общего объема заданных тестовых заданий;
- (3 балла) – получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 50 –69% от общего объема заданных тестовых заданий;
- (2 балла) – получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – менее 30-49 % от общего объема заданных тестовых заданий.
- (1 балл) – получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – менее 10-29 % от общего объема заданных тестовых заданий.

**5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации**  
**(контролируемая компетенция ОПК-2)**

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине в виде проведения зачета.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

**5.3.1. Вопросы к экзамену по дисциплине**  
**контролируемая компетенция ОПК-2**

1. Физика микромира. Ограниченность законов классической физики. Микромир и квантовая физика.
2. Тепловое излучение. Законы Релея-Джинса и Вина. Кванты излучения. Формула Планка.
3. Фотоэффект. опыты Столетова. Уравнение Эйнштейна.
4. Эффект Комптона. Рассеяние электромагнитного излучения на покоящемся электроны. Комптоновский сдвиг длины волны.
5. Фотоны. Энергия и импульс фотона.
6. Гипотеза Луи де Бройля. Формула де Бройля.
7. опыты Девиссона-Джермера, Томсона и Тартаковского, Сушина, Бибермана и Фабриканта.
8. Принцип неопределенности для координат и импульса ( $X$  и  $P_x$ ), энергии и времени ( $E$  и  $t$ ) и др.
9. Атом водорода. Спектральные серии атома водорода.
10. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома. Устойчивость атома.
11. Постулаты Н.Бора. Квантование момента импульса электрона.
12. Теория Н.Бора для атома водорода и водородоподобных атомов. Успехи и недостатки теории Бора.
13. опыты Франка и Герца. Потенциал возбуждения и ионизации атома.
14. Интерпретация волновой функции.
15. Операторы физических величин. Операторы импульса и Гамильтона.
16. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Энергия и волновая функция.
17. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.
18. Прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект.



19. Гармонический осциллятор по теории Шредингера.
20. Жесткий плоский ротатор. Пространственный ротатор. Угловая волновая функция.
21. Момент импульса электрона. Пространственное квантование. Квантовые числа  $l$  и  $m_l$ .
22. Атом водорода по теории Шредингера. Уровни энергии и главное квантовое число  $n$ .
23. Радиальная волновая функция, распределение плотности вероятности электронов в атоме водорода.
24. Спектры атома водорода и водородоподобных ионов.
25. Механический и магнитный моменты атома.
26. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Спиновое квантовое число  $m_s$ .
27. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектра атома водорода.
28. Водородоподобные атомы. Атом щелочных металлов. Энергетические уровни. Квантовые числа  $n, l, m_l$ . Поправки Ридберга (квантовые дефекты).
29. Спектры атомов щелочных металлов. Правило отбора.
30. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Множитель Ланде.
31. Многоэлектронные атомы. Квантовые состояния через  $n, l, m_l$  и  $m_s$ .
32. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.
33. Физические основы периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Принцип минимума энергии и принцип Паули. Электронные слои и оболочки атома, их заполнение. Принцип Хунда.
34. Периодическая система элементов. Периоды и группы. Переходные элементы.
35. Рентгеновские лучи. Тормозное излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
36. Характеристические излучения. Спектральные серии.
37. Уровни энергии атома гелия. Синглетные и триплетные термы. Спиновые волновые функции.
38. Молекулы. Типы связи. Молекулярная связь. Ионная связь.
39. Молекула водорода. Ковалентная связь.
40. Вращательные спектры молекул.
41. Колебательные спектры молекул.
42. Оптические квантовые генераторы. Принцип работы лазеров.
43. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм.

### **5.3.2. Задачи к экзамену по дисциплине контролируемая компетенция ОПК-2**

#### **№1**

Энергия связи электрона в атоме He равна 25,6 эВ. Найти энергию, необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.  $E_1 = -13,6$  эВ для атома водорода.

#### **№2**

Определить энергию связи  $2s^1$  электрона Li, если квантовый дефект  $\sigma(0) = 0,41$ .

#### **№3**

Определить энергию электрона атома водорода, если радиальная волновая функция имеет вид

$$R_n(r) = A e^{-\frac{r}{2a_0}}, a_0 - \text{радиус боровской орбиты.}$$

#### **№4**

Определить энергию связи  $3s^1$  электрона Na, если квантовый дефект  $\sigma(0) = 1,37$ .

#### **№5**

Определить полный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^1 2p^2$ .

#### **№6**

Определить полный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $1s^2 2p^3 3s^1$ .

#### **№7**

Построить энергетические уровни атома лития для состояний  $n=4$  и  $l=0,1,2,3$ .

**№8**

Определить энергию и полный механический момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=5$ .

**№9**

Определить энергию и полный механический момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=4$ .

**№10**

Определить, какие из перечисленных переходов запрещены правилом перехода  $4d \rightarrow 3f$ ,  $4d \rightarrow 3d$ ,  $4d \rightarrow 2p$ ,  $4d \rightarrow 3s$

**№11**

Работа выхода электрона цезия 1,62 эВ, а красная граница фотоэффекта лития 426 нм. Определить красную границу фотоэффекта цезия, если работу выхода лития 2,46 эВ.

**№12**

Найти наиболее вероятное распределение электрона от ядра атома водорода, если радиальная волновая функция  $R_n(r) = Ae^{-\frac{r}{4a_0}} r^3$

**№13**

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома натрия без учета тонкой структуры для состояния  $3s3p3d$ .

**№14**

Вычислить разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана для атома водорода. Постоянная Ридберга  $R=1,2 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

**№15**

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома натрия без учета тонкой структуры для состояний  $n=3$  и  $l=0, 1, 2$ .

**№16**

Сколько спектральных линий будет испускать водород, который возбужден до энергетического уровня  $n=4$ . Построить чертеж.

**№17**

Определить максимальный механический момент натрия с валентным электроном в состоянии  $n=3$  и возможные его проекции.

**№18**

Определить энергетические уровни атома натрия в сильном магнитном поле для состояний  $3s3p3d4s$ .

**№19**

Определить максимальный механический момент натрия с валентным электроном в состоянии  $n=5$ .

**№20**

Определить максимальный момент импульса атома с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^3 3s^1$ .

**№21**

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома натрия без учета тонкой структуры для состояний  $n=3$  и  $l=0, 1, 2$ .

**№22**

Сколько спектральных линий будет испускать атом натрия, валентный электрон которого возбужден до энергетического уровня  $n=4$  ( $l=0,1,2$ ).

**№23**

Определить длину волны  $\lambda$  фотона, импульс которого равен импульсу электрона с энергией 2 кэВ. Масса электрона  $m_e=9\cdot 10^{-31}$  кг,  $1\text{ эВ} = 1,6\cdot 10^{-19}$  Дж.

**№24**

Определить, какие из перечисленных переходов запрещены правилом перехода  $4d\rightarrow 3f$ ,  $4d\rightarrow 3d$ ,  $4d\rightarrow 2p$ ,  $4d\rightarrow 3s$ .

**№25**

Определить полный максимальный момент атома натрия с валентным электроном в состоянии  $n=5$ .

**№26**

Энергия связи одного из электронов в атоме He равна 25,6 эВ. Найти энергию, необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.

$E_1=-13,6$  эВ для атома водорода.

**№27**

Сколько спектральных линий будет испускать атом водорода, который возбужден до энергетического уровня  $n=4$ ?

**№28**

Определить энергию электрона атома водорода, если радиальная волновая функция имеет вид

$$R_n(r) = A e^{-\frac{r}{3a_0}} r^2, a_0 - \text{радиус боровской орбиты.}$$

**№30**

Построить энергетические уровни и электронные линии атома натрия в сильном магнитном поле для состояний  $3s3p3d$ .

**№31**

Определить орбитальный момент электрона атома водорода, если радиальная волновая

функция  $R_n(r) = A e^{-\frac{r}{4a_0}} r^3$ .

**№32**

Построить энергетические уровни и спектральные линии атома лития без учета тонкой структуры для состояния  $2s2p3s3p$ .

**№33**

Работа выхода электрона натрия 2,01 эВ, а красная граница фотоэффекта цезия 640 нм. Определить красную границу фотоэффекта натрия, если работа выхода цезия 1,62 эВ.

**5.3.3. Билеты к экзамену, контролируемая компетенция ОПК-2**

**Билет № 1**

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Идеи и формулы де-Бройля.
2. Пространственный ротатор. Свойства момента количества движения. Угловая волновая функция. Проекция момента количества движения и квадрат проекции.
3. Задача.

**Билет № 2**

1. Атомы щелочных металлов. Энергетические уровни.
2. Опыты Девиссона-Джермера, Томсона и Тартаковского.
3. Задача.

**Билет № 3**

1. Частица в центральном поле. Плоский ротатор.
2. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.

**3. Задача.**

**Билет № 4**

1. Уравнение Шредингера для атома водорода. Радиальная волновая функция.
2. Магнитный момент атома. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
3. Задача.

**Билет № 5**

1. Квантовые состояния и волновая функция атома водорода. Квантовые числа  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  и их физический смысл.
2. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Устойчивость атома.
3. Задача.

**Билет № 6**

1. Уравнение Шредингера для центрально – симметричного поля. Лапласиан в сферических координатах.
2. Основы квантовой теории. Волновая функция. Интерпретация волновой функции.
3. Задача.

**Билет № 7**

1. Опыты Резерфорда. Формула Резерфорда для сечения рассеяния заряженных частиц на ядре. Анализ опытов Резерфорда.
2. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Оператор импульса, оператор энергии – гамильтониан.
3. Задача.

**Билет № 8**

1. Типы связей атомов в молекулах. Вращательный спектр молекулы.
2. Застройка электронных оболочек атомов в соответствии с принципами Паули и минимума энергии.
3. Задача.

**Билет № 9**

1. Спектры атома водорода. Серии Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри.
2. Эффект Зеемана.
3. Задача.

**Билет № 10**

1. Опыты Франка и Герца. Потенциалы возбуждения и ионизации.
2. Физические основы построения периодической системы элементов Д.И. Менделеева.
3. Задача.

**Билет № 11**

1. Фотоэффект и его закономерности. Уравнение Эйнштейна.
2. Орбитальные и спиновые магнитные моменты электрона в атоме. Векторная модель атома.
3. Задача.

**Билет № 12**

1. Общее решение уравнения Шредингера для атома водорода. Радиальная волновая функция. Энергия атома водорода.
2. Заполнение электронами квантовых состояний. Электронная структура атома с  $Z=31$ .
3. Задача.

### **Билет № 13**

1. Частица в прямоугольной бесконечно высокой потенциальной яме. Энергетические уровни и волновая функция.
2. Оптические квантовые генераторы. Принцип работы лазеров.
3. Задача.

### **Билет № 14**

1. Классическая и квантовая интерпретация диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма.
2. Застройка электронных оболочек атомов в соответствии с принципами Паули, минимума энергии и правила Хунда.
3. Задача.

### **Билет № 15**

1. Фотоэффект. Опыты Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
2. Спектральные серии атомов щелочных металлов. Спектры атома лития.
3. Задача.

### **Билет № 16**

1. Получение рентгеновских лучей. Спектры рентгеновского излучения. Закон Мозли.
2. Спектры атомов щелочных металлов. Правила отбора.
3. Задача.

### **Билет № 17**

1. Уравнение Шредингера в сферической системе координат. Пространственный ротатор.
2. Периодическая система элементов Менделеева. Порядок заполнения ячеек электронами в атоме.
3. Задача.

### **Билет № 18**

1. Понятие о квантовой теории системы одинаковых частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции.
2. Эффект Зеемана.
3. Задача.

### **Билет № 19**

1. Частица в двумерном центральном поле. Плоский ротатор.
2. Магнитный момент атома. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
3. Задача.

### **Билет № 20**

1. Решение уравнения Шредингера для радиальной волновой функции электрона в атоме водорода. Плотность вероятности.
2. Механический и магнитный моменты атома.
3. Задача.

### **Билет № 21**

1. Энергетические уровни атома водорода. Сериальная структура спектра атома водорода.
2. Понятие о квантовой механике многих частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.
3. Задача.

### Билет № 22

1. Магнитные свойства атомов. Орбитальный и спиновый магнитные моменты. Гиромагнитное отношение.
2. Операторы физических величин. Оператор Гамильтона в сферической системе координат.
3. Задача.

### Билет № 23

1. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.
2. Многоэлектронные атомы. Характеристика отдельных квантовых состояний в атоме. Электронная структура атома.
3. Задача.

### Билет № 24

1. Излучение абсолютно черного тела. Квантовая теория теплового излучения. Формула Вина и закон смещения Вина. Формула Планка для спектральной плотности излучения.
2. Опыты Бибермана, Сушкина и Фабриканта по дифракции электронов.
3. Задача.

### Билет № 25

1. Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм применительно к электромагнитному излучению. Энергия и импульс фотона.
2. Постулаты Н.Бора. Квантование момента импульса электрона.
3. Задача.

### Билет № 26

1. Рентгеновские лучи. Тормозное и характеристические излучения.
2. Квантовая теория теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана. Формула Вина и закон смещения Вина. Формула Планка для спектральной плотности излучения.
3. Задача.

### Билет № 27

1. Молекула водорода. Ковалентная связь. Вращательные спектры молекулы.
2. Эффект Комптона. Рассеяние электромагнитного излучения на покоящемся электроне. Комптоновский сдвиг длины волн.
3. Задача.

#### ***Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:***

**«отличный (высокий) уровень компетенции»** (25-30 баллов) – получают обучающиеся, которые свободно ориентируются в материале и отвечают без затруднений. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации. Работа выполнена полностью без ошибок, решено 100% задач;

**«хороший (нормальный) уровень компетенции»** (20-24 балла) – получают обучающиеся, которые относительно полно ориентируются в материале, отвечают без затруднений, допускают незначительное количество ошибок. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий. Работа выполнена полностью, но имеются не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Допускаются незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

**«удовлетворительный (минимальный пороговый) уровень компетенции»** (15-19 баллов) – получают обучающиеся, у которых недостаточно высок уровень владения материалом. В процессе ответа на экзамене допускаются ошибки и затруднения при изложении материала. Обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не

более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

**«неудовлетворительный (ниже порогового) уровень компетенции»** (менее 15 баллов) – получают обучающиеся, которые допускают значительные ошибки. Обучающийся имеет лишь начальную степень ориентации в материале. В работе число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50% задач

## **6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

*первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

*вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 –баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Атомная физика » в 5-м семестре является экзамен.

Общий балл текущего и рубежного контроля складывается из следующих составляющих Приложение № 2. В течение учебного процесса студент обязан отчитаться по теоретическому материалу и практическим занятиям: опросы, индивидуальные задания.

### **Критерии оценки качества освоения дисциплины**

**Оценка «отлично»– от 91 до 100 баллов** – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

**Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов** – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

**Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов** – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала

**Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов** – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенции ОПК-2 представлены в таблице 7.

Таким образом, выполнение типовых заданий, представленных в разделе 5 «Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации» позволит критично, оценить способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-2).



Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
<b>ОПК-2.1</b> Составляет отчеты по научно-исследовательской деятельности, включая анализ и обработку экспериментальных результатов	<b>Знать:</b> теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики на уровне, достаточном для понимания атомной физики; теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики, теории колебаний и волн, методов теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для решения профессиональных задач по атомной физике. Использовать эти знания для составления отчетов по научно-исследовательской деятельности, включая анализ и обработку экспериментальных результатов	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)
	<b>Умеет:</b> – понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; – пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями атомной физики, умеет применять её законы к физике конденсированного состояния вещества и медицинской физики.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые задачи на рейтинг (раздел 5.2.2.); типовые оценочные материалы к контрольной работе (раздел 5.2.1.)
	<b>Владеет:</b> – методами составления отчетов по научно-исследовательской деятельности, включая анализ и обработку экспериментальных результатов на основе понимания физических и математических методов получения, обработки и анализа информации в области атомной физики.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)
<b>ОПК-2.2</b> Способен представлять результаты исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций	<b>Знать:</b> методы представления результатов исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций на основе знаний экспериментальных и теоретических основ атомной физики; методов тео-	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)

	ретических и экспериментальных исследований, необходимых для решения профессиональных задач по атомной физике.	
	<b>Умеет:</b> – представлять результаты исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций на основе понимания базовой общефизической информации, использования основных понятий и законов атомной физики, умеет применять её законы к физике конденсированного состояния вещества и медицинской физике.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые задачи на рейтинг (раздел 5.2.2.); типовые оценочные материалы к контрольной работе (раздел 5.2.1.)
	<b>Владеет:</b> методами представления результатов исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций на основе владения физическими и математическими методами получения, обработки и анализа информации в области атомной физики.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)

<b>ПКС-3.1</b> Способен преподавать физику в средней школе и специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения	<b>Знать:</b> методику преподавания школьного курса физики для решения задач по атомной физике на уровне, достаточном для преподавания физики в средней школе и специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)
	<b>Умеет:</b> излагать законы атомной физики на уровне школьного курса физики и обучать решать задачи школьного уровня. Умеет преподавать физику в средней школе и специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые задачи на рейтинг (раздел 5.2.2.); типовые оценочные материалы к контрольной работе (раздел 5.2.1.)

	<b>Владеет:</b> методикой преподавания курса атомной физики в средней школе и специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1.); типовые тестовые задания (раздел 5.2.3.); типовые оценочные материалы к экзамену (разделы 5.3.1.-5.3.3.)
--	--	--

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1. Нормативно-законодательные акты

1. Приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 N 937 (ред. от 20.04.2016) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.08.2014 N 33805)

### 7.2. Основная литература:

1. Браун, А.Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум: Учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. - М.: Инфра-М, 2021. - 352 с
2. Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 144 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62614.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Матышев А.А. Атомная физика. Том 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Матышев А.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014.— 531 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43939.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Матышев А.А. Атомная физика. Том 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Матышев А.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014.— 344 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43940.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Капуткин Д.Е. Физика. Оптика. Атомная и ядерная физика. Часть 3 [Электронный ресурс]: учебное пособие для практических занятий/ Капуткин Д.Е., Пташинский В.В., Рахштадт Ю.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2014.— 103 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56599.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### 7.3. Дополнительная литература:

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику. Издательство: "Лань". ISBN: 978-5-8114-1005-7. 2010. 560 с.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Издательство: "Лань". ISBN: 978-5-8114-1006-4, 2010 г. 448 с. ([www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)).
3. Милантьев В.П. Физика атома и атомных явлений: учеб. Пособие/ В.П. Милантьев.-М.: Абрис, 2012.-399 с.
4. Делоне Н.Б. Атом в сильном поле лазерного излучения. М.: ФИЗМАТЛИТ.-2011.
5. Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Рабинович М.С., Сивухин Д.В. Сб. задач по общему курсу физики. В 5 т. Кн. V. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц/Под ред. Д.В. Сивухина.-5-е изд., стер.-М.: ФИЗМАТЛИТ; Лань, 2006.-184 с.
6. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: уч. пособ. Для вузов. 8-е изд.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010.-431 с
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. Пособие: Для вузов. В 5 т. Т. IV. Оптика, 3-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002.-792
8. Леденев А.Н. Физика. В 5 кн. Кн.5. Основы квантовой физики.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.-248 с.

#### **7.4 Периодические издания**

1. Успехи физических наук.
2. Поверхность. Рентгеновские и синхротронные излучения.
3. Физика твердого тела.
4. Кристаллография.
5. Успехи химии.
6. Электронные издания учебных пособий.

#### **7.5. Интернет-ресурсы**

1. <http://elibrary.ru>
2. [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
3. <http://www.mathnet.ru>
4. <http://www.iprbookshop.ru>
5. [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
6. <http://lib.kbsu.ru>
7. <http://www.scopus.com>
8. <http://www.isiknowledge.com/>

*общие информационные, справочные и поисковые:*

1. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>.
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>

## Электронные ресурсы

**Перечень актуальных электронных информационных баз данных,  
к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2021-2022 уч.г.)**

№п /п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	<b>«Web of Science» (WOS)</b>	Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около <b>12,5 тыс.</b> журналов	<a href="http://www.isiknowledge.com/">http://www.isiknowledge.com/</a>	Компания <b>Thomson Reuters</b> <b>Сублицензионный договор</b> № WoS/592 от 05.09.2019 г. Активен до 31.12.2021г.	Доступ по IP-адресам КБГУ
2.	<b>Sciverse Scopus</b> издательства «Эльзевир. Наука и технологии»	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	Издательство «Elsevier. Наука и технологии» <b>Сублицензионный договор</b> № Scopus/592 от 05.09.2019 г. Активен до 31.12.2021г.	Доступ по IP-адресам КБГУ
3.	<b>Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)</b>	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ»	Полный доступ

4.	<b>База данных Science Index (РИНЦ)</b>	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2021 от 12.07.2021 г. Активен до 01.08.2022г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
5.	<b>ЭБС «Консультант студента»</b>	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a> <a href="http://www.medcollegelib.ru">http://www.medcollegelib.ru</a>	ООО «Политехресурс» (г. Москва) <b>Договор №310СЛ/08-2021</b> От 30.09.2021 г. Активен до 30.09.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	<b>«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)</b>	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке)»	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>	ООО «Политехресурс» (г. Москва) <b>Договор №288СЛ/04-2021</b> От 20.04.2021 г. Активен до 20.04.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
7.	<b>ЭБС «Лань»</b>	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) <b>Договор №12ЕП/223</b> от 09.02.2021 г. Активен до 28.02.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

8.	<b>Национальная электронная библиотека РГБ</b>	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	<a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/16 66-п от 10.09.2020г. Сроком на 5 лет	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
9.	<b>ЭБС «IPRbooks»</b>	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудиоизданий.	<a href="http://iprbookshop.ru/">http://iprbookshop.ru/</a>	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) <b>Договор №7821/21</b> от 02.04.2021 г. Активен до 02.04.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
10.	<b>ЭБС «Юрайт» для СПО</b>	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) <b>Договор №192/ЕП-223</b> От 29.10.2021 г. Активен до 31.10.2022 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
11.	<b>Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье</b>	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
12.	<b>Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина</b>	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	<a href="http://www.prilib.ru">http://www.prilib.ru</a>	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) <b>Соглашение от 15.11.2016г.</b> Сроком на 5	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №214)

				лет (с дальнейшей пролонгацией)	
--	--	--	--	---------------------------------	--

### Основные публикации автора по теме курса

В реферируемых журналах:

1. Beloshitski V.V., Kumakhov M.A., Khokonov A.Kh. Radiation energy loss of high energy electrons channeling in thick single crystals. Nucl. Inst. Meth. B. – 1991. – V.62. – P.207-212.
2. Белошицкий В.В., Хоконов А.Х. О поляризационных характеристиках излучения позитронов при каналировании в сложных кристаллах. Доклады академии наук СССР. 1995. Т.342. №2. С.177-179.
3. Хоконов А.Х., Бозиев А.Б. Об эволюции вектора состояния в потенциале инстантонного типа. Ядерная физика. Письма в редакцию. 1995. Т.58. С.766-767.
4. Хоконов А.Х., Масаев М.Б., Савойский Ю.В. О количественном определении концентрации радона методом гамма-спектрометрии аэрозольных фильтров. Приборы и техника эксперимента 2009. № 1 С.142-144.
5. Petkov V.B., Dzhappuev D.D., Khokonov A.Kh. , et.al. Carpet-3 - a new experiment to study the primary composition around the knee. Nuclear Phys.B (Proc. Suppl.)2009,V.196, P. 371-374 2009
6. Хоконов А.Х., Савойский Ю.В., Камарзаев А.В. Чувствительность и эффективность регистрации нейтронов  $^3\text{He}$  и  $^{10}\text{BF}_3$ -счетчиками. Ядерная физика. 2010. Том 73, №9. С. 1528-1532.
7. Хоконов А.Х., Масаев М.Б., Савойский Ю.В., Камарзаев А.В. Установка для мониторинга радона в воздухе методом аэрозольных фильтров. Приборы и техника эксперимента, 2010, № 3, с.123-126.
8. Хоконов А.Х., Кочкаров М.М., Ильгашев В.С. Первые результаты нейтронного мониторинга на пике Терскол. Известия РАН. Серия физическая, 2011, том 75, №6, с.934-935.



## 7.6 Методические указания к лекционным и практическим занятиям

Преподаватель должен проводить занятия в подготовленной для этого аудитории. Он должен быть подготовлен к занятию, иметь план или конспект лекций.

В лекционной аудитории преподаватель должен пользоваться доской для изложения материала, описания схем, рисунков, таблиц. По возможности необходимо использование наглядных пособий и аудиовизуальных средств.

Преподаватель должен быть дружелюбен к студентам. Он должен быть требовательным не только к студентам, но и к самому себе, тем самым завоевывая у студентов авторитет и уважение.

Материал должен логически последовательно излагаться и содержать элементы новизны. Речь должна быть правильной и точной. Темп чтения лекции должен быть естественным. Лектор должен помочь студентам понять логику построения конкретного учебного материала, выделять главное и обращать внимание студентов на физический смысл получаемых результатов и физических величин.

Преподаватель должен предоставить студентам источники дополнительной информации по дисциплине. Литературу целесообразно делить на основную и дополнительную.

Преподаватель должен поощрять вопросы от студентов и грамотно отвечать на эти вопросы.

Проводя семинарские и лабораторно-практические занятия, преподаватель должен работать над углублением и закреплении лекционного материала, получением студентами умений и навыков, предусмотренных учебной программой.

Перед тем, как начать решение задач на **практическом занятии** в аудитории, необходимо провести опрос по данной теме, выписать со студентами на доске необходимые формулы, разъяснить их суть, размерности величин, и только затем начинать решение задач.

На занятиях по **физпрактикуму** перед началом выполнения лабораторных работ необходимо опросить каждого студента по вопросам **допуска** к лабораторным работам, по установкам и приборам, соблюдению правил техники безопасности. К концу занятия студенты должны представить предварительные результаты, полученные согласно требованиям обработки результатов измерений.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 8.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

#### лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;

Вычислительная среда MathLab: номер лицензии 40811750.

#### свободно распространяемые программы:

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: ЭБС «АйПиЭрбукс», ЭБС «Консультант студента», СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

## *8.2 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья*

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования (ауд. 145 ГК). В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ не визуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;
  - задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;
  - письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;
3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):
  - на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);
  - зачет/экзамен проводится в письменной форме;
4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
  - по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочей программе дисциплины «Атомная физика»

по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: «Медицинская физика»)

на 20 — 20 учебный год

[illegible]

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /М.Х. Хоконов/ \_\_\_\_\_  
подпись расшифровка подписи дата

## Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1-	Посещение занятий	до 10 баллов	до 3 б.	до 3б.	до 4б.
2-	Текущий контроль:	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	Ответ на 5 вопросов	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
	Полный правильный ответ	до 15 баллов	5 б.	5 б.	5 б.
	Неполный правильный ответ	от 3 до 15 б.	от 1 до 5 б.	от 1 до 5 б.	от 1 до 5 б.
	Ответ, содержащий неточности, ошибки	0 б.	0 б.	0 б.	0 б.
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач, написание рефератов, доклад )	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
1.	Рубежный контроль	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	тестирование	от 0- до 12б.	от 0- до 4б.	от 0- до 4б.	от 0- до 4б.
	коллоквиум	от 0 до 18б.	от 0 до 6 б.	от 0 до 6 б.	от 0 до 6 б.
	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70баллов	до 23б.	до 23б	до 24б
	Первый этап (базовый)уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36б.	не менее 12 б.	не менее 12 б	не менее 12 б
	Второй этап (продвинутый)уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б	менее 23 б	менее 24б
	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б	не менее 24б

**ТЕКУЩИЙ И РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ**

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	56-70 баллов
5	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «хорошо».	Полное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита практических занятий. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «отлично».

**ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ**

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
5	<p>Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.</p> <p>Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос. При решении задач обучающийся допускает грубые ошибки, дает неверную оценку ситуации и решено менее 50 % задач.</p>	<p>Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.</p> <p>Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса.</p> <p>Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач.</p>	<p>Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.</p> <p>Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй.</p> <p>Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.</p> <p>При решении задач обучающийся показывает твердые знания материала, грамотно его излагает, но допускает незначительные неточности в процессе решения задач, решено 70% задач</p>	<p>Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. При решении задач показывает глубокие знания материала, свободно использует необходимые формулы при решении задач, решено 100% задач</p>