

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
Кафедра

Естественнонаучный
Общей и теоретической физики

Оценочные материалы по дисциплине (модулю)

дисциплина

Квантовая теория

Блок Б1, базовая часть, Б1.Б.14.03

цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

Направление

03.03.02

Физика

код

наименование направления

Программа

Медицинская физика

Форма обучения

Очная

Для поступивших на обучение в
2019 г.

Разработчик (составитель)

к.ф.-м.н., доцент

Потапов А. А.

ученая степень, должность, ФИО

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	3
2. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	7
3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	17

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Показатели и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)				Вид оценочного средства
		1	2	3	4	
		неуд.	удовл.	хорошо	отлично	
Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)	1 этап: Знания	Отсутствие знаний	Неполные представления об основных законах квантовой физики границах применимости основных закона квантовой физики, системах физических величин, размерностях физических величин, истории развития и становления квантовой физики, ее современном состоянии.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных законах квантовой физики границах применимости основных закона квантовой физики, системах физических величин, размерностях физических величин, истории развития и становления квантовой физики, ее современном состоянии.	Сформированные систематические представления об основных законах квантовой физики границах применимости основных закона квантовой физики, системах физических величин, размерностях физических величин, истории развития и становления квантовой физики, ее современном состоянии.	Коллоквиум
	2 этап: Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое применение умения - анализировать	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение умения -	Сформированное умение - анализировать информацию по	Тестирование

			<p>информацию по квантовой физике из различных источников, структурировать, оценивать, представлять в доступном для других виде;</p> <p>- приобретать новые знания, используя современные информационные и коммуникационные технологии;</p> <p>- применять законы физики для решения задач в области квантовой физики.</p>	<p>анализировать информацию по квантовой физике из различных источников, структурировать, оценивать, представлять в доступном для других виде;</p> <p>- приобретать новые знания, используя современные информационные и коммуникационные технологии;</p> <p>- применять законы физики для решения задач в области квантовой физики.</p>	<p>квантовой физике из различных источников, структурировать, оценивать, представлять в доступном для других виде;</p> <p>- приобретать новые знания, используя современные информационные и коммуникационные технологии;</p> <p>- применять законы физики для решения задач в области квантовой физики.</p>	
3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Отсутствие владений	В целом успешное, но непоследовательное владение методологией исследования в области квантовой физики, навыками решения задач по квантовой физике, навыками анализа физических закономерностей.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методологией исследования в области квантовой физики, навыками решения задач по квантовой физике, навыками анализа физических закономерностей.	Успешное и последовательное владение методологией исследования в области квантовой физики, навыками решения задач по квантовой физике, навыками анализа физических закономерностей.	Контрольная работа	

				закономерностей.		
Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	1 этап: Знания	Отсутствие знаний	Неполные представления о содержании базовых разделов квантовой физики, о том, как использовать эти знания при решении разного рода профессиональных задач, как применять математический аппарат и структурировать имеющиеся знания.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о содержании базовых разделов квантовой физики, о том, как использовать эти знания при решении разного рода профессиональных задач, как применять математический аппарат и структурировать имеющиеся знания.	Сформированные систематические представления о содержании базовых разделов квантовой физики, о том, как использовать эти знания при решении разного рода профессиональных задач, как применять математический аппарат и структурировать имеющиеся знания.	Коллоквиум
	2 этап: Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое применение умения пользоваться математическим аппаратом квантовой физики для постановки и решения задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение умения пользоваться математическим аппаратом квантовой физики для постановки и решения задач.	Сформированное умение пользоваться математическим аппаратом квантовой физики для постановки и решения задач.	Тестирование
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Отсутствие владений	В целом успешное, но непоследовательное владение Навыками применения знаний из	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками применения знаний из	Успешное и последовательное владение навыками применения знаний из соответствующих	Контрольная работа

			соответствующих разделов физики к постановке проблем, решению задач и составлению отчетов.	соответствующих разделов физики к постановке проблем, решению задач и составлению отчетов.	разделов физики к постановке проблем, решению задач и составлению отчетов.	
--	--	--	--	--	--	--

2. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Перечень вопросов к устному опросу

Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-3 на этапе «Знания»

1. Место квантовой механики в физике. Экспериментальные данные, приведшие к созданию квантовой механики. Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.
2. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Разложение волновой функции по плоским волнам де Бройля. Волновые пакеты. Групповая и фазовая скорость. Расплывание пакета.
3. Статистическая интерпретация волновой функции по Борну. Естественные условия, налагаемые на волновую функцию. Волновая функция в координатном и импульсном представлениях.
4. Описание физических величин операторами. Общие свойства операторов, алгебра операторов. Операторы координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях. Оператор момента импульса. Операторы кинетической и потенциальной энергии, гамильтониан.
5. Среднее значение физической величины в квантовой механике. Понятие оператора, эрмитово сопряженного к данному. Самосопряженные операторы. Вещественность средних значений физических величин.
6. Средние значения операторов и среднеквадратичные отклонения от них. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов и их свойства. Дискретный, непрерывный и смешанный спектры. Примеры нахождения собственных значений операторов p_x , M_z .
7. Основные свойства собственных функций дискретного и непрерывного спектров. Нормировка волновой функции непрерывного спектра на δ -функцию. Условие ортонормированности.
8. Повышающие и понижающие операторы момента. Нахождение спектра собственных функций и собственных значений операторов M_z и M^2 из коммутационных соотношений.
9. Условие возможности одновременного точного измерения нескольких физических величин в одном состоянии системы.
10. Определение волновой функции (состояния) микрообъекта полным набором независимых физических величин, характеризующих внешние условия.
11. Соотношение неопределенности для физических величин. Вывод соотношения неопределенности из аппарата квантовой механики.
12. Уравнение Шредингера. Оператор Гамильтона. Стационарное уравнение Шредингера. Сохранение нормировки волновой функции.
13. Плотность тока вероятности. Уравнение непрерывности.
14. Частица в прямоугольной яме бесконечной глубины. Гармонический осциллятор. Нулевая энергия. Матричные элементы координаты и импульса. Повышающие и понижающие операторы. Осциллятор в энергетическом представлении.

15. Общая теория движения частицы в поле центральных сил. Сохранение момента импульса.

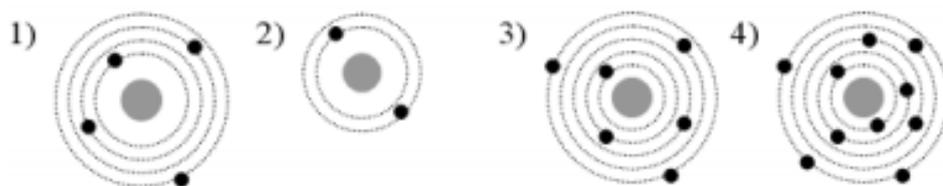
Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ПК-1 на этапе «Знания»

1. Магнитный момент в квантовой механике. Магнетон Бора.
2. Матричные элементы оператора момента M_x , M_y , M_z и квадрата момента M^2 в случае $l=1/2$.
3. Движение в кулоновском поле. Водородоподобные атомы. Дискретный спектр. Учет движения ядра. Позитроний.
4. Уравнение Шредингера в произвольном электромагнитном поле. Плотность тока вероятности во внешнем электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность в квантовой механике.
5. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Оператор производной по времени от физической величины. Операторы скорости, ускорения, силы. Теорема Эренфеста. Интегралы движения.
6. Метод теории возмущений в стационарных задачах с дискретным спектром. Теория возмущений при наличии вырождения.
7. Расщепление спектральных линий в электрическом поле. Эффект Штарка.
8. Ангармонический осциллятор.
9. Влияние конечных размеров ядра на спектр атома водорода.
10. Нестационарная теория возмущений.
11. Движение в однородном поле сил. Функция Эйри.
12. Переход от квантовой механики к классической. Квазиклассическое приближение в квантовой механике. Метод Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна.
13. Волновая функция в ВКБ приближении. Сшивание волновой функции в ВКБ приближении.
14. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Парадоксальность явления с точки зрения классической физики. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
15. Экспериментальное обоснование существования собственного момента импульса электрона. Опыты Штерна-Герлаха и Эйнштейна-де Гааза.

Перечень примерных тестовых заданий

Перечень заданий для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-3 на этапе «Умения»

1. На рисунке изображены схемы четырех атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Черными точками изображены электроны. Атому ${}^6_4\text{Be}$ соответствует схема



2. Ядро атома содержит 11 протонов и 12 нейтронов, вокруг него обращается 11 электронов. Эта система частиц —

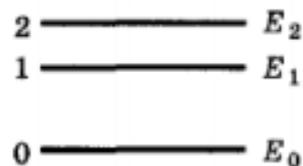
- 1) ион натрия ${}^{23}_{11}\text{Na}$ 3) ион магния ${}^{23}_{12}\text{Mg}$
 2) атом натрия ${}^{23}_{11}\text{Na}$ 4) атом магния ${}^{23}_{12}\text{Mg}$

3. В опыте Резерфорда большая часть α -частиц свободно проходит сквозь фольгу, практически не отклоняясь от прямолинейных траекторий, потому что

- 1) ядро атома имеет положительный заряд
 2) электроны имеют отрицательный заряд
 3) ядро атома имеет малые (по сравнению с атомом) размеры
 4) α -частицы имеют большую (по сравнению с ядрами атомов) массу

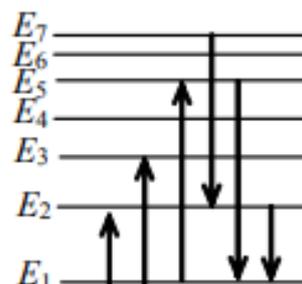
4. Сколько фотонов различной частоты могут испускать атомы водорода, находящиеся во втором возбужденном состоянии E_2 , согласно постулатам Бора?

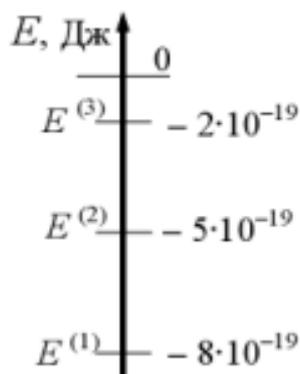
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4



5. На рисунке представлена диаграмма нескольких энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной частоты?

- 1) с уровня 1 на уровень 5
 2) с уровня 1 на уровень 2
 3) с уровня 5 на уровень 1
 4) с уровня 2 на уровень 1



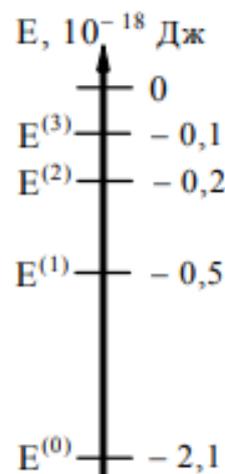


6. На рисунке изображена схема возможных значений энергии атомов разреженного атомарного газа. В начальный момент времени атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(3)}$. Возможно испускание газом фотонов с энергией

- 1) только $2 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 2) только $3 \cdot 10^{-19}$ Дж и $6 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 3) только $2 \cdot 10^{-19}$, $5 \cdot 10^{-19}$ и $8 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 4) любой от $2 \cdot 10^{-19}$ до $8 \cdot 10^{-19}$ Дж

7. На рисунке изображена схема нескольких нижних уровней энергии атома некоего газа. Атом находится в состоянии с энергией $E^{(0)}$. Может ли атом поглотить фотон с энергией $0,5 \cdot 10^{-18}$ Дж?

- 1) да, при этом атом перейдет в состояние $E^{(1)}$
- 2) да, при этом атом перейдет в состояние $E^{(2)}$
- 3) да, при этом атом ионизируется, образуя ион и электрон
- 4) нет, энергии фотона недостаточно для перехода атома в возбужденное состояние



8. Фотон с энергией E движется в вакууме. Пусть h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме. Чему равны частота и импульс фотона?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) Частота фотона

1) hc/E

Б) Импульс фотона

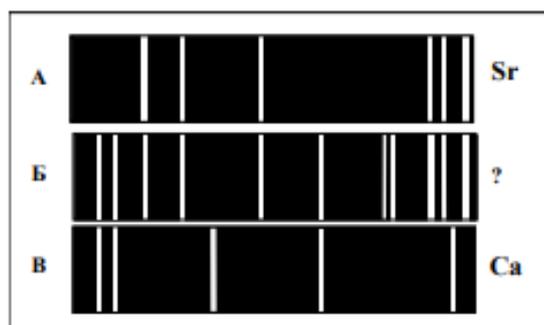
2) E/c^2

3) E/c

4) E/h

А	Б

9. На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения паров стронция, неизвестного образца и кальция. Можно утверждать, что в образце



- 1) не содержится ни стронция, ни кальция
- 2) содержится кальций, но нет стронция
- 3) содержатся и стронций, и кальций
- 4) содержится стронций, но нет кальция

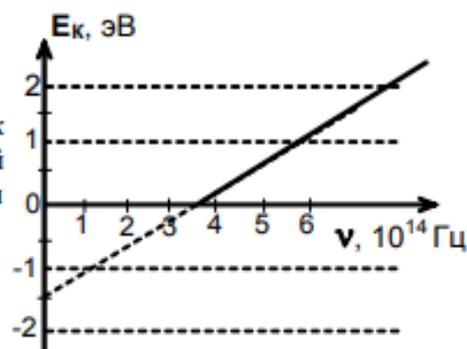
10. Из перечисленных ниже факторов выберите те, от которых зависит кинетическая энергия электронов, вылетевших с поверхности металлической пластины при ее освещении светом лампы.

- А.** Интенсивность падающего света
Б. Частота падающего света
В. Работа выхода электрона из металла
- 1) только **А**
 - 2) только **Б**
 - 3) **Б** и **В**
 - 4) **А, Б, В**

11. Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: сначала красным, потом зеленым, затем синим. В каком случае максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов была наибольшей?

- 1) при освещении красным светом
- 2) при освещении зеленым светом
- 3) при освещении синим светом
- 4) во всех случаях одинаковой

12. На рисунке представлен график зависимости максимальной кинетической энергии E_k фотоэлектронов от частоты фотонов, падающих на поверхность катода. Какова работа выхода электрона с поверхности катода?



- 1) 0,5 эВ
- 2) 1 эВ
- 3) 1,5 эВ
- 4) 2 эВ

13. Длина волны де Бройля для электрона больше, чем для α -частицы. При этом

- 1) импульс электрона больше импульса α -частицы
- 2) импульс α -частицы больше импульса электрона
- 3) импульсы частиц одинаковы
- 4) величина импульса не связана с длиной волны

Перечень заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-1 на этапе «Умения»

1. Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра ${}_{20}^{48}\text{Ca}$?

	p – число протонов	n – число нейтронов
1)	48	68
2)	28	20
3)	20	48
4)	20	28

2. γ -излучение – это поток

- 1) электронов
- 2) ядер атомов гелия
- 3) квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами
- 4) квантов электромагнитного излучения, испускаемых при торможении быстрых электронов в веществе

3. Между источником радиоактивного излучения и детектором помещен лист фанеры толщиной 25мм. Какое излучение может пройти через него?

- 1) α и β 2) только β 3) α и γ 4) только γ

4. В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений прохождение быстрой заряженной частицы вызывает появление следа из капель жидкости в газе?

- 1) счетчик Гейгера 3) пузырьковая камера
2) камера Вильсона 4) толстослойная фотоэмульсия

5. Какое уравнение **противоречит** закону сохранения массового числа в ядерных реакциях?

- 1) ${}_{6}^{11}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{10}\text{N} + {}_{-1}^{0}\text{e}$
- 2) ${}_{4}^{9}\text{Be} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{5}^{10}\text{B} + {}_{0}^{1}\text{n}$
- 3) ${}_{3}^{6}\text{Li} + {}_{1}^{1}\text{p} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{2}^{3}\text{He}$
- 4) ${}_{7}^{12}\text{N} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{+1}^{0}\text{e}$

6. Как изменится число нуклонов в ядре атома радиоактивного элемента, если ядро испустит γ -квант?

- 1) увеличивается на 2 3) не изменится
2) уменьшается на 2 4) уменьшается на 4

7. Полоний ${}^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут ${}^{210}_{83}\text{Bi}$ в результате радиоактивных распадов:

- 1) одного α и одного β 3) двух α и одного β
2) одного α и двух β 4) двух α и двух β

8. Сколько α - и β -распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ и конечном превращении его в ядро свинца ${}^{198}_{82}\text{Pb}$?

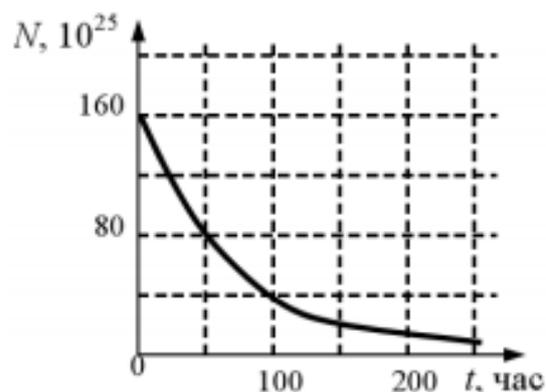
- 1) 10 α - и 10 β -распадов
2) 10 α - и 8 β -распадов
3) 8 α - и 10 β -распадов
4) 10 α - и 9 β -распадов

9. Какие заряд Z и массовое число A будет иметь ядро элемента, получившегося из ядра изотопа ${}^{238}_{92}\text{U}$ после одного α -распада и двух β -распадов?

- 1) $Z = 234$ 2) $Z = 92$ 3) $Z = 88$ 4) $Z = 234$
 $A = 92$ $A = 234$ $A = 234$ $A = 94$

10. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия ${}^{172}_{68}\text{Er}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа эрбия?

- 1) 25 часов 3) 100 часов
2) 50 часов 4) 200 часов



11. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

- 1) 3 месяца 2) 4 месяца 3) 5 месяцев 4) 6 месяцев

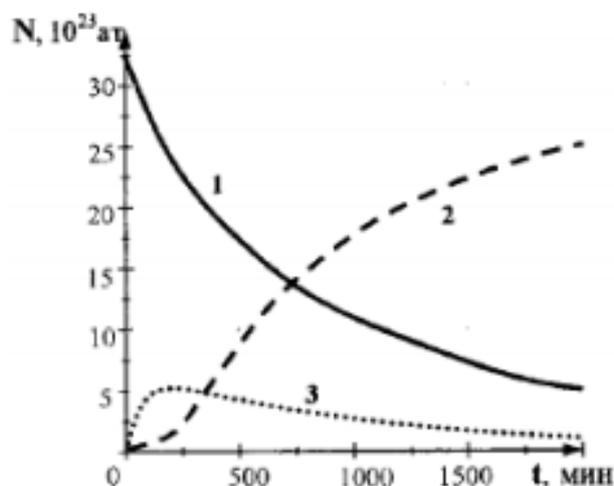
12. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадется за время, равное половине периода полураспада?

- 1) 0,71 2) 0,50 3) 0,29 4) 0,14

13. Из 20 одинаковых радиоактивных ядер за 1 мин. испытал радиоактивный распад 10 ядер. За следующую минуту испытают распад

- 1) 10 ядер 2) 5 ядер 3) от 0 до 5 ядер 4) от 0 до 10 ядер

14. Платина ${}^{200}_{78}\text{Pt}$ в результате одного β -распада переходит в радиоактивный изотоп золота ${}^{200}_{79}\text{Au}$, который затем превращается в стабильный изотоп ртути ${}^{200}_{80}\text{Hg}$. На рисунках приведены графики изменения числа атомов с течением времени. Какой из графиков может относиться к изотопу ${}^{200}_{79}\text{Au}$?



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) ни один из графиков

15. Как изменяется полная энергия двух ядер дейтерия при соединении их в ядро гелия

- 1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется
4) увеличивается или уменьшается в зависимости от начального расстояния между ядрами гелия

16. Установите соответствие между научными открытиями и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОТКРЫТИЕ ИМЕНА УЧЕНЫХ

- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| А) электрона | 1) А. Беккерель |
| Б) атомного ядра | 2) Э. Резерфорд |
| В) естественной радиоактивности урана | 3) Дж. Дж. Томсон |
| | 4) Дж. Чедвик |
| | 5) М. Склодовская-Кюри |

В	А	Б

17. Как изменятся заряд и массовое число радиоактивного ядра в результате его β -распада? Установите соответствие между физическими величинами и характером их изменения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЯ
А) заряд	1) увеличивается
Б) массовое число	2) уменьшается
	3) не изменяется

18. Ядро атома претерпевает спонтанный α -распад. Как изменяются перечисленные ниже характеристики атомного ядра при таком распаде?

ВЕЛИЧИНЫ	ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ
А) заряд ядра	1) увеличивается
Б) масса ядра	2) уменьшается
В) число протонов в ядре	3) не изменяется

В	А	Б

Перечень примерных заданий для контрольной работы

*Перечень заданий для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-3** на этапе «Владения»*

1. При облучении алюминиевой пластины фотоэффект начинается при наименьшей частоте 1,03 ПГц. Найти работу выхода электронов из алюминия (в эВ).
2. Найти красную границу фотоэффекта для калия.
3. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 ПГц?
4. Каков импульс фотона ультрафиолетового излучения с длиной волны 100 нм?
5. Стекланный баллон лампы дневного света покрывают с внутренней стороны люминофором – веществом, которое при облучении фиолетовым или ультрафиолетовым светом дает спектр, близкий к солнечному. Объяснить причину явления.

*Перечень заданий для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-1** на этапе «Владения»*

1. Длинноволновая (красная) граница фотоэффекта для меди 282 нм. Найти работу выхода электронов из меди (в эВ).
2. Возникает ли фотоэффект в цинке под действием облучения, имеющего длину волны 450 нм?
3. Какую максимальную кинетическую энергию имеют фотоэлектроны при облучении железа светом с длиной волны 200 нм? Красная граница фотоэффекта для железа 288 нм.
4. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?

5. Для обнаружения поверхностных дефектов в изделии (микроскопические трещины, царапины и т.д.) на изделие наносится тонкий слой керосино-масляного раствора специального вещества, излишки которого затем удаляются. Объяснить причину видимого свечения раствора при облучении ультрафиолетовым светом.

Перечень вопросов к экзамену

1. Границы применимости классической механики и электродинамики.
2. Операторы физических величин в квантовой механике. Основные свойства операторов.
3. Оператор Гамильтона. Дифференцирование операторов по времени.
4. Законы сохранения в квантовой механике (интегралы движения).
5. Оператор импульса.
6. Оператор момента импульса.
7. Четность состояний в квантовой механике.
8. Стационарное и нестационарное уравнение Шредингера.
9. Уравнение непрерывности.
10. Прямоугольная потенциальная яма. Стационарные состояния.
11. Прямоугольная потенциальная яма и барьер. Коэффициент прозрачности.
12. Гармонический осциллятор. Волновая функция и спектр.
13. Гармонический осциллятор в представлении операторов рождения и уничтожения.
14. Общие свойства одномерного движения.
15. Изменение квантовых состояний во времени. Функция Грина свободной частицы.
16. Атом водорода.
17. Токи в атоме. Орбитальный магнитный момент.
18. Электрон в магнитном поле.
19. Соотношение неопределенности.
20. Импульсное представление.
21. Матричная формулировка квантовой механики.
22. Представление Шредингера и Гейзенберга.
23. Стационарная теория возмущений для систем без вырождения.
24. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения.
25. Приближение почти свободных электронов.
26. Возмущение, зависящее от времени.
27. Вероятность перехода в непрерывный спектр под влиянием периодического возмущения.
28. Соотношение неопределенности для энергии и времени.
29. Квантование электромагнитного поля. Фотоны.
30. Взаимодействие поля с веществом. Понятие о спонтанном и вынужденном излучении. Правила отбора.
31. Квазиклассическое приближение. Волновые функции. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.
32. Вариационный метод в квантовой механике.
33. Спин.
34. Прецессия спина в магнитном поле. Спиновый резонанс.
35. Тождественность частиц. Волновые функции фермионов и бозонов.
36. Понятие об обменном взаимодействии. Волновая функция системы двух частиц со спином $\frac{1}{2}$.
37. Уравнение Клейна-Гордона-Фока.
38. Уравнение Дирака. Спин в теории Дирака.
39. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Позитрон.
40. Релятивистские поправки.

41. Борновское приближение в теории рассеяния.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1			0	35
Текущий контроль			0	20
1. Работа на практических занятиях	5	4	0	20
Рубежный контроль			0	15
1. Коллоквиум	1	5	0	5
2. Тестирование	1	10	0	10
Модуль 2			0	35
Текущий контроль			0	20
1. Работа на практических занятиях	5	4	0	20
Рубежный контроль			0	15
1. Тестирование	1	15	0	15
Поощрительные баллы			0	10
1. Студенческая олимпиада			0	10
Итого			0	70
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			-10	0
Итоговый контроль				
1. Экзамен			0	30

Результаты обучения по дисциплине (модулю) у обучающихся оцениваются по итогам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинг-плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80-100%; «удовлетворительно» – выполнено 40-80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0-40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

$$\text{Рейтинговый балл} = k \times \text{Максимальный балл},$$

где $k = 0,2$ при уровне освоения «неудовлетворительно», $k = 0,4$ при уровне освоения «удовлетворительно», $k = 0,8$ при уровне освоения «хорошо» и $k = 1$ при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На экзамене выставляется оценка:

- отлично - при накоплении от 80 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных

баллов),

- хорошо - при накоплении от 60 до 79 рейтинговых баллов,
- удовлетворительно - при накоплении от 45 до 59 рейтинговых баллов,
- неудовлетворительно - при накоплении менее 45 рейтинговых баллов.

При получении на экзамене оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», на зачёте оценки «зачтено» считается, что результаты обучения по дисциплине (модулю) достигнуты и компетенции на этапе изучения дисциплины (модуля) сформированы.