

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине
Special physics practice
Специальный физический практикум

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки
Physics Methods and Information Technologies in Biomedicine
«Физические методы и информационные технологии в биомедицине»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.П. Демкин

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИОПК-1.1. Знает основные направления развития современной физики и современные методики преподавания физических дисциплин.

– ИОПК-1.2. Анализирует и интерпретирует данные научного исследования с точки зрения современных физических концепций и теорий, умеет организовывать различные формы занятий по физическим дисциплинам.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– лабораторные работы.

Примерные темы лабораторных работ с примерами заданий (проверяемые ИОПК-1.1, ИОПК -1.2):

1. Определение постоянной Ридберга.
2. Эксперимент Франка-Герца.
3. Тепловое излучение.
4. Парамагнитный резонанс.
5. Дифракция электронов.
6. Изучение детекторов заряженных частиц и определение типа радиоактивного элемента.
7. Изучение характеристического рентгеновского излучения.
8. Изучение стабилотографа.
9. Безмаркерный захват движения, оценка движения.
10. Применение системы виртуальной реальности к оценке взаимодействия визуального и вестибулярного анализаторов.
11. Изучение метода электроокулографии.
12. При подготовке к лабораторной работе произвести литературный поиск, воспользовавшись специализированными интернет – ресурсами (elibrary.ru, google scholar). При оформлении отчёта воспользоваться менеджером библиографии, поддерживающим поиск по специализированным интернет – ресурсам (KbibTeX, Mendeley, JabRef...)
13. При подготовке отчёта по лабораторной работе воспользоваться статистическими системами (R, Statistica...) и/или вычислительными блокнотами и библиотеками (Jupyter notebook, Pandas, Genius,...), оформить с их помощью графику презентационного качества.

Рекомендации по выполнению лабораторных работ, включая требования к оформлению отчета, подробно изложены в учебно-методическом пособии: Pleshkov M.O., Nyavro V.F. Special physics practice. Laboratory practice, 2017.

1. Лабораторная работа «Определение постоянной Ридберга»

Примеры заданий:

– Вывести обобщенную формулу Бальмера для атома водорода, основываясь на постулатах Бора.

- Схематически изобразить энергетические уровни атома водорода. Пояснить рисунок.
- Объяснить явление дифракции на решетке. Получить формулу для дифракционных максимумов.
- Используя ртутную и водородную лампы, а также дифракционную решетку, найти постоянную Ридберга при помощи формулы Бальмера.

2. Лабораторная работа «Эксперимент Франка-Герца»

Примеры заданий:

- Сформулировать постулаты Бора.
- Нарисовать экспериментальную установку в опыте Франка и Герца. Объяснить принцип ее работы.
- Объяснить различия в нижних энергетических уровнях водорода и неона.
- Используя автоматизированную вакуумную трубку, построить её вольт-амперную характеристику. По графику вольт-амперной характеристики найти 1 и 2 энергии возбуждения неона.

3. Лабораторная работа «Тепловое излучение» (Optical pyrometry)

Примеры заданий:

- Дать определение абсолютно черного тела. Дать характеристику спектра излучения абсолютно черного тела.
- Объяснить несоответствие формулы Рэлея-Джинса эксперименту для больших частот излучения и вывести формулу Планка.
- Объяснить метод оптической пирометрии.
- Определить истинную температуру нагретой вольфрамовой фольги, используя оптический пирометр.

4. Лабораторная работа «Парамагнитный резонанс»

Примеры заданий:

- Записать стационарное уравнение Шредингера для атома водорода.
- Объяснить понятие магнитного момента атома, электрона.
- Вывести формулу для энергии электрона в постоянном магнитном поле.
- Нарисовать предполагаемую кривую парамагнитного резонанса.
- Найти резонансный ток для заданной частоты электромагнитного излучения, используя осциллограф и цифровой амперметр.

5. Лабораторная работа «Дифракция электронов»

Примеры заданий:

- Привести пример корпускулярно-волнового дуализма частиц с массой отличной от нуля.
- Ввести понятие волны Де Бройля.
- Объяснить явление дифракции. Вывести формулу Брэгга.
- Используя формулу Брэгга для дифракционных колец на экране вакуумной трубки, определить длину волны электронов, ускоренных заданной разностью потенциалов.

6. Лабораторная работа «Изучение детекторов заряженных частиц и определение типа радиоактивного элемента» (Attenuation of gamma-rays)

Примеры заданий:

- Назвать основные виды детекторов заряженных частиц и электромагнитного излучения высокой энергии.
- Указать факторы ослабления гамма-излучения в веществе.

- Объяснить суть метода определения неизвестного радиоактивного элемента по его активности.
- Указать основные источники погрешности измерений газоразрядным детектором. Привести выражения для поправок измерений.

7. Лабораторная работа «Изучение характеристического рентгеновского излучения» (Study of characteristic X-ray)

Примеры заданий:

- Объяснить принцип работы рентгеновской трубки.
- Нарисовать спектр тормозного и характеристического рентгеновского излучения
- Сформулировать правила отбора для излучательных переходов в атоме.
- Определить длины волн характеристического излучения для заданного элемента (железо, медь, молибден) по графику спектра, полученному из эксперимента.

8. Лабораторная работа «Изучение стабิโลграфа»

Примеры заданий:

- Дать определения стабิโลграфа. Где он используется?
- Назвать основные методы диагностики вестибулярного аппарата человека.
- При помощи стабิโลграфа записать трек проекции центра массы испытуемого во время обучающего теста. Оценить, удовлетворяют ли полученные результаты критериям нормы.

9. Лабораторная работа «Безмаркерный захват движения, оценка движения»

Примеры заданий:

- Назвать примеры применения систем виртуальной реальности в медицине.
- Описать методику видеораспознавания маркеров.
- Записать данные о положении тела во время диагностического теста. Дать интегральную оценку движению.

10. Лабораторная работа «Применение системы виртуальной реальности к оценке взаимодействия визуального и вестибулярного анализаторов»

Примеры заданий:

- Нарисовать график чувствительности вестибулярного аппарата от частоты внешнего ускорения.
- Назвать причины появления морской болезни.
- Объяснить явление вестибуло-окулярного рефлекса.
- Провести тест вестибулярной системы человека при помощи виртуальной реальности. Дать оценку результатам.

11. Лабораторная работа «Изучение метода электронистагмографии»

Примеры заданий:

- Назвать существующие методы окулографии.
- Объяснить принцип электрической окулографии.
- Назвать основные источники погрешностей определения положения глаза в данной работе.

Характерными показателями развития самостоятельности у студента в результате освоения дисциплины являются: теоретическое осмысление изучаемого материала, накопление необходимых умений и навыков, интерес к процессу создания продукта собственной самостоятельной деятельности, умение отстаивать собственную точку зрения или предложенный вариант решения проблемы, рефлексия своей деятельности и результата.

Вопросы и задания для самостоятельной работы по темам

Тема 1. «Математика в физике»

Примеры заданий:

- Смысл понятий «вектор», «производная», «интеграл».
- Правила работы с таблицами производных/интегралов.
- Основные операции над векторами.
- Определить интеграл и производную. Указать их геометрический смысл.

Тема 2. «Квантовые представления о природе электромагнитного излучения»

Примеры заданий:

- Привести примеры квантовой природы света.
- Привести примеры волновой природы света.
- Указать основные характеристики света.
- Привести примеры различных типов взаимодействия излучения с веществом.

Тема 3. «Боровская теория атома»

Примеры заданий:

- Вычислить радиусы первых трех орбит электрона в атоме водорода, рассчитать их энергию.
- Построить график распределения количества рассеянных альфа-частиц в зависимости от угла рассеяния (эксперимент Резерфорда).

Тема 4. «Структура многоэлектронных атомов»

Примеры заданий:

- Указать 4 фундаментальных взаимодействия. Расположить их в порядке увеличения степени взаимодействия.
- Сформулировать условия, необходимые для протекания радиоактивного распада.
- Сравнить отношения электрического взаимодействия в ядре к сильному в зависимости от количества нуклонов.

Тема 5. «Элементы физики атомного ядра»

Примеры заданий:

- Описать процесс формирования и вылета альфа-частицы в процессе альфа-распада.
- Привести аргументированные методы защиты от всех типов излучения.
- Вывести формулу для длины свободного пробега альфа-частицы в веществе.

Тема 6. «Применение физических принципов в биомедицине»

Примеры заданий:

- Указать основные современные устройства, используемые для диагностики здоровья человека.
- Указать достоинства и недостатки систем виртуальной реальности.

Критерии оценивания:

Текущий контроль по дисциплине проводится путем оценки отчетов по лабораторным работам, с учетом оценки ответов в устной форме на теоретические вопросы по темам работ. Балльная оценка текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине составляет максимум **50 баллов**.

Самостоятельная работа в аудитории связана с подготовкой теоретического материала для выполнения лабораторных работ, вывод рабочих формул, обработка

результатов, полученных в результате лабораторной работы, подготовка отчетов о проделанной работе.

Результаты выполнения лабораторных работ (отчеты), частично или полностью выполняемых в неаудиторное время (самостоятельно), представляются на обсуждение перед аудиторией.

Основным критерием балльной оценки текущего контроля успеваемости является **оценка качества выполнения лабораторной работы** (содержание ответа, полнота ответа, владение профессиональным языком).

Индикаторы балльной оценки лабораторной работы:

- 0-2 балла – ответы на теоретические вопросы по теме работы не содержат ошибок/ с ошибками;
- 0/2 балла – ход работы представлен корректно, подробно, с приведением измеряемых величин/ содержит неточности, упущения;
- 0/2 балла – расчеты содержат ошибки /без ошибок.
- 0/2 балла – отчет содержит выводы/заключение / без выводов/заклучения;
- 0/2 балла – отчет оформлен по требованиям/с нарушением требований.

Максимально за проверку отчета по лабораторной работе – 10 баллов.

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Таблица 2.1

№ п/п	Вид контроля	Количество	Количество баллов за 1 ед. контроля	Сумма
1.	Выполнение лабораторных работ	5	10	50
	ИТОГО			50

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов по одной из тем дисциплины. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнили все лабораторные работы.

Первые и вторые вопросы билетов проверяют формирование ОПК-1 в соответствии с индикаторами ИОПК-1.1, ИОПК -1.2. Ответы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Понятие вектора. Операции над векторами.
2. Понятие производной.
3. Понятие интеграла.
4. Планетарная модель атома. Постулаты Бора.
5. Эксперимент Франка-Герца. Возбуждение атомов.
6. Рассеяние Резерфорда. Модель атома Томсона.
7. Записать уравнение динамики полукружного канала. Получить график чувствительности полукружного канала (график Боде).
8. Записать уравнение динамики отолитового органа. Получить график чувствительности отолитового органа (график Боде). Указать ключевые параметры, влияющие на динамику органа.

9. Фотоэффект. Коротковолновая граница непрерывного рентгеновского спектра.
10. Характеристическое рентгеновское излучение. Эффект Комптона.
11. Коэффициенты Эйнштейна.
12. Объяснение структуры периодической таблицы элементов Менделеева.
- Структура электронных оболочек атомов. Структура атомного ядра. Изотопы.
13. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение.
14. Закон Гейгера-Неттола. Статистические закономерности ядерного распада.
15. Общие принципы работы современного медицинского диагностического оборудования.
16. Физические явления, используемые в современных технологиях медицинской диагностики.
17. Магнитно-резонансная томография.
18. Компьютерная томография.
19. Позитронно-эмиссионная томография.
20. Лазерные технологии.

Оценка промежуточной успеваемости студента на экзамене формируется в соответствии с таблицей:

Оценивание ответа студента на экзамене

Количество баллов за ответ	Критерий оценивания	
	Б	Д
50		
40		
30		
20		
10		

	Полный развернутый ответ
	Неполный ответ
	Фрагментарный ответ

Здесь Б – вопросы по билету; Д – дополнительные вопросы. Неудовлетворительная оценка соответствует всем иным случаям, не указанным в таблице.

Баллы, полученные на экзамене, суммируются с баллами, полученными по итогам текущего контроля. На основе итогового количества баллов выставляется оценка.

Соответствие 100-балльной шкалы оценок 4-альтернативной шкале оценок:

- 0-70 баллов – «неудовлетворительно»,
- 71-77 баллов – «удовлетворительно»,
- 78-84 баллов – «хорошо»,
- 85-100 баллов – «отлично».

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест

Задание 1

Недостатком планетарной модели атома стало то, что электрон вращался по круговой орбите, что приводило к несоответствию с классической физикой, так как ... (ИОПК-1.1)

- a) заряд, движущийся по окружности, создает магнитное поле
- b) притяжения ядра недостаточно, чтобы удержать электрон на орбите
- c) заряд, движущийся с ускорением, излучает и теряет энергию
- d) круговые орбиты запрещены правилом Кеплера

Задание 2

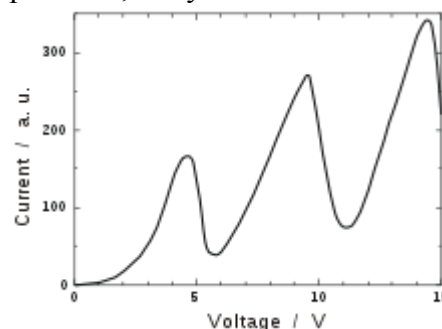
Энергия фотона, испускаемого атомом при переходе атома из состояния с энергией E_2 в состояние с энергией E_1 определяется выражением, ... (ИОПК-1.2)

- a) $E_2 - E_1$
- b) $E_2 + E_1$
- c) $(E_2 - E_1)/2$
- d) E_1

Задание 3

Чем обусловлено отклонение вольт-амперной характеристики, полученной в эксперименте Франка-Герца от линейной? (ИОПК-1.2)

- a) неточность эксперимента
- b) потери энергии в установке на излучение
- c) недостаточный уровень вакуума в установке
- d) поглощением атомами вещества энергии порциями



Задание 4

Спектральным анализом называется: (ИОПК-1.1)

- a) метод определения вида спектра
- b) метод определения химического состава вещества по его спектру
- c) метод диагностики процентного состава вещества
- d) способ возбуждения атома

Задание 5

Какая часть атома вносит основной вклад в рассеяние альфа-частиц в опытах Резерфорда? (ИОПК-1.2)

- a) атомное ядро
- b) отдельные протоны
- c) отдельные электроны
- d) электронная оболочка в целом

Задание 6

В планетарной модели атома (ИОПК-1.1)

- a) протоны и электроны находятся в ядре
- b) электроны вращаются вокруг положительно заряженного ядра
- c) протоны вращаются вокруг отрицательно заряженного ядра
- d) протоны и электроны вращаются вокруг нейтронного ядра

Задание 7

Излучение, при котором потери атомами энергии на излучение света компенсируются за счет энергии теплового движения атомов (или молекул) излучающего тела, называется: (ИОПК-1.1)

- a) электролюминесценцией
- b) тепловым излучением
- c) фотолюминесценцией
- d) катодолюминесценцией

Задание 8

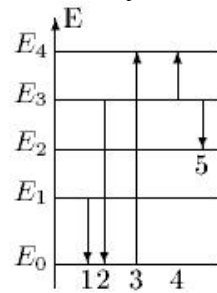
Как изменится энергетическая светимость абсолютно черного тела, если его температура увеличится в 2 раза? (ИОПК-1.2)

- a) увеличится в 16 раз
- b) увеличится в 8 раз
- c) уменьшится в 16 раз
- d) уменьшится в 8 раз

Задание 9

Как изменится температура нагретого тела, если длина волны максимума интенсивности теплового излучения стала короче? (ИОПК-1.2)

- a) увеличится
- b) останется прежней
- c) уменьшится



Задание 10

На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой стрелкой обозначен переход с излучением фотона наибольшей частоты? (ИОПК-1.2)

- a) 2
- b) 1
- c) 3
- d) 5

Задание 11

Фотоэффект состоит в (ИОПК-1.1)

- a) поглощении фотона атомом с испусканием электрона
- b) упругом рассеянии фотонов свободными электронами
- c) поглощении фотона атомным ядром
- d) поглощении фотонов свободными электронами

Задание 12

Что вызывает появление рентгеновского излучения непрерывного спектра? (ИОПК-1.1)

- a) торможение электронов в поле вещества
- b) ускорение электронов электрическим полем
- c) распад ядра
- d) ионная рекомбинация

Задание 13

Какой тип спектра имеет характеристическое рентгеновское излучение? (ИОПК-1.1)

- a) дискретный
- b) непрерывный
- c) состоящий из полос
- d) представляет собой наложение непрерывного и дискретного спектров

Задание 14

Эффект Комптона заключается в: (ИОПК-1.1)

- a) ионизации атома фотоном
- b) изменением частоты налетающего на электрон фотона
- c) поглощении фотона свободным электроном
- d) рождении пары электрон-позитрон из фотона

Задание 15

Вынужденное излучение – это (ИОПК-1.1)

- a) процесс излучения когерентного фотона налетающим резонансным фотоном
- b) спонтанное излучение фотона при переходе с верхнего на нижний уровень
- c) генерация нового фотона при переходе квантовой системы между двумя состояниями
- d) появляется в процессе аннигиляции пары электрон-позитрон

Задание 16

Количество протонов в ядре атома равно: (ИОПК-1.1)

- a) массовому числу химического элемента
- b) порядковому номеру химического элемента в таблице Менделеева
- c) разности массового числа и порядкового номера

Задание 17

"В любом квантовом состоянии может находиться только один электрон" согласно (ИОПК-1.1)

- a) Принципу Паули
- b) Правилу отбора
- c) Теореме Ферма
- d) Соотношению неопределённостей Гейзенберга

Задание 18

Массы протона и электрона (ИОПК-1.1)

- a) относятся как 1836:1
- b) приблизительно равны
- c) равны по модулю

Задание 19

Сколько нейтронов содержится в ядре атома изотопа лития ${}^7_3\text{Li}$? (ИОПК-1.1)

- a) 4
- b) 3
- c) 2
- d) 5

Задание 20

Что происходит с ядром в процессе альфа-распада? (ИОПК-1.1)

- a) массовое число ядра уменьшается на 4, атомный номер элемента уменьшается на 2
- b) массовое число не меняется, атомный номер элемента увеличивается на 1
- c) массовое число и атомный номер элемента не меняются
- d) массовое число увеличивается на 1, атомный номер элемента не меняется

Задание 21

Что такое β – частицы? (ИОПК-1.1)

- a) это коротковолновое электромагнитное излучение;
- b) это поток электронов (позитронов);
- c) это поток ионов
- d) это поток фотонов

Задание 22

Какое из излучений является наиболее вредным для человека? (ИОПК-1.2)

- a) видимый свет
- b) ультрафиолетовое излучение
- c) рентгеновское излучение
- d) γ – излучение

Задание 23

... - закон, описывающий функциональную связь между энергией альфа-частицы и периодом полураспада радиоактивного ядра. (ИОПК-1.1)

- a) закон Кирхгофа
- b) закон Био-Савара-Лапласа
- c) закон Гейгера-Неттола

Задание 24

Закон радиоактивного распада выражается формулой: (ИОПК-1.2)

- a) $N(t) = N_0 * \exp\left(\frac{-t}{T}\right)$
- b) $N(t) = 4\pi * N_0 * \left(\frac{-t}{T}\right)$
- c) $N(t) = N_0 * \left(\frac{t}{T}\right)$
- d) $N(t) = N_0^2 * \exp\left(\frac{-t}{T}\right)$

Задание 25

В основе метода магнито-резонансной томографии лежит явление: (ИОПК-1.1)

- a) эффект Зеемана
- b) эффект Штарка

- с) эффект Комптона
- д) эффект Доплера

Задание 26

... - метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения предмета, основанный на измерении и сложной компьютерной обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями (ИОПК-1.2)

Задание 27

Позитронно-эмиссионный томограф основан на принципе регистрации (ИОПК-1.1)

- а) гамма-излучения аннигиляции пары электрон-позитрон
- б) теплового излучения движения молекул
- с) ультрафиолетового излучения
- д) видимого света, рассеянного веществом

Задание 28

Каково условие когерентности световых волн? (ИОПК-1.1)

- а) равенство частот и постоянство разности фаз
- б) равенство амплитуд
- с) равенство частот и амплитуд
- д) изменение во времени плоскости колебаний электрического вектора
- е) постоянства во времени плоскости колебаний магнитного вектора
- ф) независимость амплитуды от времени

Ключ для проверки: 1 – с; 2 – а; 3 – d; 4 – b; 5 – а; 6 – b; 7 – b; 8 – а; 9 – а; 10 – а; 11 – а; 12 – а; 13 – а; 14 – b; 15 – с; 16 – b; 17 – а; 18 – а; 19 – а; 20 – а; 21 – b; 22 – d; 23 – с; 24 – а; 25 – а; 26 – [компьютерная томография]; 27 – а; 28 – а.

5. Информация о разработчиках

Куликов Глеб Эдуардович, ассистент кафедры общей и экспериментальной физики физического факультета ТГУ, ведущий инженер Института оптики атмосферы СО РАН.