

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 20.12.2023 09:49:57  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Тверской государственный университет»**

Рассмотрено и рекомендовано  
на заседании Ученого совета  
физико-технического факультета  
протокол № 4 от 05.12. 2023 г.



**«УТВЕРЖДАЮ»:**  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Педько Б.Б.  
05 декабря 2023 г.

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**  
по направлению подготовки **03.03.02 Физика**

Профиль подготовки  
**Физика конденсированного состояния вещества**

Уровень высшего образования  
**БАКАЛАВРИАТ**

Тверь 2023 г.



Программа государственного экзамена (ГЭ) по направлению 03.03.02 Физика составлена на основе требований ФГОС ВО и «Положения о проведении государственной итоговой аттестации обучающихся по основным образовательным программам бакалавриата, магистратуры, специалитета в ТвГУ».

Целью государственного экзамена является определение уровня сформированности компетенций, имеющих определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников по направлению 03.03.02 Физика.

1. На государственный экзамен вынесены следующие компетенции:

- способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);
- способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);
- способностью использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-3);
- способностью использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-4);
- способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-8);
- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2).
- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);
- способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности (ОПК-8).

2. Форма проведения ГЭ – устная.

3. Государственный экзамен проводится государственной экзаменационной комиссией. Возможно проведение ГЭ с применением ЭО и ДОТ.

4. Сроки проведения ГЭ, включающие подготовку и сдачу ГЭ – в течение двух недель согласно календарному учебному графику направления 03.03.02 Физика.

ГЭ включает:

- подготовка к ответу по билету - 1 час;
- ответ обучающегося на вопросы билета;



- вопросы членов комиссии и ответы обучающегося.

5. Материалы, необходимые обучающимся для подготовки и сдачи ГЭ:  
- теоретические вопросы (см. п.6),

Перед ГЭ проводятся обзорные лекции по вопросам, включенным в программу экзамена. Расписание ГЭ и обзорных лекций утверждается проректором по учебно-воспитательной работе ТвГУ по представлению декана факультета и доводится до сведения обучающихся за месяц до сдачи экзамена.

6. Перечень вопросов, заданий и литературные источники, необходимые для подготовки и сдачи ГЭ:

### **6.1 Теоретические вопросы:**

1.1. Кинематическое описание движения материальной точки. Естественное задание движения. Скорость в цилиндрической системе координат, радиальная и трансверсальная компоненты.

1.2. Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Уравнения движения и начальные условия. Принцип относительности Галилея.

1.3. Закон сохранения импульса. Теорема о движении центра масс системы. Основы динамики тел переменной массы. Формула Циолковского.

1.4. Механическая работа. Потенциальные силы. Кинетическая энергия. Теорема Кенига. Закон изменения полной механической энергии.

1.5. Момент импульса и момент силы. Уравнение вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.

1.6. Центральное поле. Закон всемирного тяготения. Классификация траекторий комет и планет в центральном поле. Законы Кеплера. Космические скорости.

1.7. Неинерциальные системы отсчета. Преобразование скоростей. Теорема Кориолиса. Переносная и центробежная силы инерции. Кориолисова сила инерции. Маятник Фуко.

1.8. Уравнения движения твердого тела. Момент инерции. Волчки и гироскопы. Процессия и нутация. Гироскопический эффект. Правило Жуковского.

1.9. Упругие и пластические деформации. Деформация упругого растяжения и сдвига. Закон Гука. Энергия упруго деформированного тела.

1.10. Механика жидкостей и газов. Законы Паскаля и Архимеда. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкостей. Число Рейнольдса.

1.11. Основы СТО. Пространство Минковского. Интервал. Преобразования Лоренца. Понятие 4-векторов. Уравнения движения Пуанкаре. Полная энергия тела, энергия покоя, кинетическая энергия.

1.12. Термодинамические системы. Уравнение состояния. Первый закон термодинамики. Изопрцессы с идеальным газом.

1.13. Тепловые и холодильные машины. Второй закон термодинамики. Энтропия. Закон возрастания энтропии.



- 1.14. Термодинамические функции (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, термодинамический потенциал). Критерии равновесия термодинамических систем.
- 1.15. Модель идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
- 1.16. Пространство скоростей. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости.
- 1.17. Молекулы в силовом поле. Распределение Больцмана.
- 1.18. Процессы переноса в газах. Молекулярно-кинетическая оценка коэффициентов переноса в газах на примере теплопроводности.
- 1.19. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона.
- 1.20. Фазовые равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграммы состояния. Классификация фазовых переходов. Понятие о фазовых переходах второго рода.
- 1.21. Граница раздела фаз. Поверхностное натяжение. Разность давлений на искривленной межфазной границе. Капиллярные явления.
- 1.22. Электрические заряды. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность поля. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса.
- 1.23. Работа поля при перемещении заряда. Разность потенциалов. Связь потенциала и напряженности поля. Проводники в электростатическом поле. Емкость проводников и конденсаторов.
- 1.24. Поляризация диэлектриков. Электрическое поле в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрического смещения  $D$ . Граничные условия.
- 1.25. Постоянный электрический ток. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС. Правила Кирхгофа.
- 1.26. Электрический ток в металлах и полупроводниках. Собственная и примесная проводимость полупроводников, «р-п» переход.
- 1.27. Магнитное поле в вакууме. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле прямолинейного тока. Циркуляция магнитного поля.
- 1.28. Сила Лоренца и сила Ампера. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Контур с током в магнитном поле. Магнитный момент.
- 1.29. Магнитное поле в веществе. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Виды магнетиков.
- 1.30. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея и правило Ленца. ЭДС самоиндукции. Энергия контура с током, плотность энергии магнитного поля.
- 1.31. Взаимосвязь переменных электрических и магнитных полей. Ток смещения. Система уравнений Максвелла как общая система постулатов теории электромагнитного поля.
- 1.32. Основные свойства электромагнитных (э/м) волн. Уравнение плоской и сферической э/м волны для одномерной задачи. Понятие о поляризации. Энергия, переносимая э/м волной. Фазовая и групповая скорости.



- 1.33. Отражение и преломление света на границе раздела двух диэлектриков для случая нормального падения (амплитудные и фазовые соотношения). Поляризованный и естественный свет. Закон Брюстера.
- 1.34. Интерференция световых волн. Получение когерентных волн в оптике. Метод деления волнового фронта на примере классических интерференционных опытов.
- 1.35. Интерференция световых волн. Ширина интерференционной полосы. Получение когерентных волн методом деления амплитуды.
- 1.36. Длина и время когерентности. Понятие о временной и пространственной когерентности.
- 1.37. Просветление оптики и высокоотражающие интерференционные слои.
- 1.38. Дифракция Френеля. Метод зон Френеля и векторная диаграмма. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом экране.
- 1.39. Дифракция Фраунгофера на одной щели и системе щелей. Дифракционная решетка как спектральный прибор.
- 1.40. Разрешающая способность оптических инструментов (телескопы и микроскопы) и дифракционной решетки.
- 1.41. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа и Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Планка
- 1.42. Фотоэффект. Понятие о фотонах. Эффект Комптона.
- 1.43. Спектры испускания и поглощения. Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Боровская теория атома водорода. Ионизация атома. Опыты Франка и Герца.
- 1.44. Гипотеза Луи де Бройля. Дифракция электронных пучков. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Волновая функция. Особенности квантовомеханического описания микрообъекта. Соотношение неопределенностей.
- 1.45. Основы математического аппарата квантовой механики. Операторы физических величин. Стационарное и нестационарное уравнение Шредингера.
- 1.46. Задача об одномерном движении свободной частицы в потенциальном ящике. Гармонический осциллятор в квантовой механике.
- 1.47. Момент импульса в квантовой теории. Пространственное квантование. Квантовомеханическое описание атома водорода.
- 1.48. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Магнитный момент свободного электрона.
- 1.49. Системы четырех квантовых чисел. Принцип Паули и застройка оболочек атома. Периодическая система элементов.
- 1.50. Правила отбора при излучении атома. Ширина спектральных линий.
- 1.51. Генерация света, спонтанные и вынужденные переходы. Воздействие светового потока на заселенность уровней, инверсная заселенность. Принципиальная схема лазера, порог генерации. Типы лазеров и их применение. Основные характеристики вынужденного излучения.
- 1.52. Структура и свойства ядер. Ядерные силы. Энергия и дефект массы. Деление тяжелых ядер. Цепная реакция. Коэффициенты размножения. Ядерные реакторы.



- 1.53. Основной закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность радиоактивного изотопа. Виды радиоактивности. Альфа-распад. Туннельный эффект. Виды бета-распада. Нейтрино.
- 1.54. Ядерные реакции. Механизм ядерных реакций. Сечение реакции. Модель составного ядра.
- 1.55. Основные характеристики атомных ядер. Энергия связи. Свойства ядерных сил.
- 1.56. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Кварковая модель строения мезонов и барионов.
- 2.1. Классификация типов связей в кристалле. Энергия связи.
- 2.2. Симметрия кристаллов. Трансляционная симметрия кристаллической среды. Пространственная решетка.
- 2.3. Сопряженная (обратная) пространственная решетка. Зоны Бриллюэна.
- 2.4. Точечная симметрия кристаллической среды. Кристаллографические точечные группы симметрии.
- 2.5. Решетка Бравэ. Пространственные группы симметрии.
- 2.6. Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов.
- 2.7. Краевая и винтовая дислокации. Контур и вектор Бюргера.
- 2.8. Напряжения и деформации в изотропном твердом теле.
- 2.9. Упругие деформации и напряжения в кристаллах. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Модули упругости и упругие постоянные
- 2.10. Колебания решетки. Фононы. Акустические и оптические ветви колебаний.

## **6.2. Литературные источники и справочные материалы, необходимые для подготовки и сдачи ГЭ:**

### **Основная литература:**

1. Бухман Н. С. Элементы физической механики [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 160 с.— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/35>.
2. Зисман, Г.А. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/505>.
3. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/705>.
4. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач. Часть II. Электричество и магнетизм. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2014. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53682>.
5. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2017. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91880>.



6. Кикоин А.К. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/185>.
7. Телеснин В.Р. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. Пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/391>.
8. Фриш С.Э. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны [Электронный ресурс] : учеб. / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/416>.
9. Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. - 6-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82969>
10. Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х тт. Т.2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/347>.
11. Фриш, С.Э. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Оптика. Атомная физика [Электронный ресурс] : учеб. / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2008. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/419>.
12. Шпольский, Э.В. Атомная физика. Том 1, 2. Введение в атомную физику [Электронный ресурс] : учеб. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/442>.
13. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. СПб.: Лань, 2009. 384 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=277](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=277)
14. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. СПб.: Лань, 2009. 326 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=279](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=279)
15. Матухин В.Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. Пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2010. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>.
16. Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2016. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71707>.
17. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие. - М.: Техносфера, 2012. - 560 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>
18. Епифанов Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.
19. Каплунов И. А. Физическое материаловедение. Фазовые равновесия [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Тверь: Тверской государственный университет, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа:



[http://texts.lib.tversu.ru/texts/fizicheskoe\\_materialovedenie\\_fazovye\\_ravnovesiya\\_2011/e-book/index.html](http://texts.lib.tversu.ru/texts/fizicheskoe_materialovedenie_fazovye_ravnovesiya_2011/e-book/index.html)

20. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 3. Материалы энергетики и энергосбережения [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Минск :Вышэйшая школа, 2015. - 464 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48022.html>

21. Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс]: учеб. / В.И. Марголин [и др.]. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2012. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4310>.

#### **Дополнительная литература:**

1. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Курс общей физики. Механика. М., Физматлит, 2011. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/2384/>,

или

<http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69337&razdel=257>

2. Алешкевич В.А. О преподавании специальной теории относительности на основе современных экспериментальных данных //УФН 2012. Т. 182. С. 1301–1318. <http://ufn.ru/ru/articles/2012/12/c/>

3. Александров Е. Б., Александров П. А., Запасский В. С., Корчуганов В. Н., Стирин А. И. Эксперименты по прямой демонстрации независимости скорости света от скорости движения источника (демонстрация справедливости второго постулата специальной теории относительности Эйнштейна) // УФН 2011. Т. 181. С. 1345–1351. <http://ufn.ru/ru/articles/2011/12/1/>

4. Мандельштам Л И Ещё раз о силах инерции в связи со статьей А. Н. Крылова // УФН 1946. Т. 28. С. 99-102. <http://ufn.ru/ru/articles/1946/1/e/>

5. Зисман Г. А. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2007. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/151>.

6. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика : учебник / В.А. Алешкевич. - М. : Физматлит, 2010. - 336 с. - ISBN 978-5-9221-1245-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69335>

7. Сивухин Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2006. - Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. - 544 с. - ISBN 5-9221-0601-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995>

8. Капитонов И. М. Введение в физику ядра и частиц. Москва: Физматлит, 2010. - Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503>

9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. СПб.: Лань, 2009. 432 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=280](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=280)

10. Четверикова А. Г. Кристаллография: учебное пособие. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. - 104 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745>

11. Владимиров Г. Г. Физика поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71707>.



12. Савельев И. В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92652>.

13. Томилин В. И. Физическое материаловедение. В 2 частях. 1 : Пассивные диэлектрики. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. — 280 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229343>

14. Шилова О. А. Золь-гель технология микро- и нанокомполитов [Электронный ресурс] : учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12939>.

### *Критерии оценивания компетенций*

Государственный экзамен оценивается согласно уровню сформированности у выпускника проверяемых компетенций:

Оценка	Уровень сформированности компетенций	Критерий оценивания
«Отлично»	Продвинутый Высокий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Свободное владение теоретическим материалом;</li> <li>- Способность анализировать и обосновывать свои суждения;</li> <li>- Умение творчески применять теоретические знания при решении практических задач, давать физическое обоснование решения этих задач, используя современные методы исследования;</li> <li>- Ответы на поставленные вопросы логичны, последовательны, не требуют дополнительных пояснений.</li> </ul>
«Хорошо»	Достаточный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владение теоретическим материалом;</li> <li>- Умение применять теоретические знания при решении практических задач, давать физическое обоснование решения этих задач;</li> <li>- Ответы на поставленные вопросы логичны, последовательны, но имеют отдельные неточности.</li> </ul>
«Удовлетворительно»	Минимальный Пороговый	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владение теоретическим материалом, но неполное, непоследовательное его изложение;</li> <li>- Неточности в применении знаний для решения практических задач;</li> <li>- Неумение доказательно обосновать свои суждения.</li> </ul>



Оценка	Уровень сформированности компетенций	Критерий оценивания
«Неудовлетворительно»	Ниже порогового	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Теоретические знания разрозненные, бессистемные, не умение выделять главное и второстепенное, ошибки в определении понятий, искажающие их смысл, беспорядочное и неуверенное изложение материала;</li> <li>- Неумение применить знания для решения практических задач.</li> </ul>