

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Физический факультет



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
интернационализации образования

К.В. Козадаев

(подпись)

(И.О.Фамилия)

«31» января 2022 г.

Регистрационный № 187-ВМ

Программа вступительных испытаний  
для поступающих на II степень высшего образования  
(магистратура)

Специальность 1-31 80 20 Прикладная физика

Минск, 2022 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**Н.И. Горбачук** — зам. декана физического факультета, доцент кафедры физики полупроводников и наноэлектроники БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент;

**А.И. Хмельницкий** — зам. декана физического факультета, доцент кафедры биофизики БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент;

**Л.И. Буров** — доцент кафедры общей физики, канд. физ.-мат. наук, доцент;

**В.Б. Оджаев** — зав. кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники, д-р. физ.-мат. наук, профессор;

**А.И. Слободянюк** — зав. кафедрой общей физики, канд. физ.-мат. наук, доцент;

**А.Л. Толстик** — зав. кафедрой лазерной физики и спектроскопии, д-р. физ.-мат. наук, профессор.

**РАСМОТРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Методической комиссией физического факультета

Протокол от 27.12.2021 № 5

Председатель методической комиссии



(подпись)

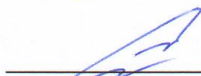
С.А.Загорская

(инициалы, фамилия)

Советом факультета

Протокол от 27.01.2022 № 6

Председатель Совета




(подпись)

М.С.Тиванов

(инициалы, фамилия)

Ответственный за редакцию



(подпись)

Н.И.Горбачук

(инициалы, фамилия)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного испытания по специальности 1-31 80 20 Прикладная физика и методические рекомендации составлены с учётом требований к вступительным испытаниям, установленных Министерством образования Республики Беларусь.

**Цель вступительного испытания** выявление компетенций специалиста, т. е. теоретических знаний, необходимых для продолжения обучения на II ступени высшего образования по специальности 1-31 80 20 Прикладная физика.

### **Задачи вступительного испытания:**

- 1) определение глубины и полноты знаний по общей физике;
- 2) выявление способности самостоятельно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях физики;
- 3) определение способности точно оперировать научной терминологией.

### **Требования к уровню подготовки поступающих**

Для обучения по образовательным программам высшего образования II ступени (магистратура) принимаются лица, имеющие высшее образование I ступени.

Программа вступительного испытания направлена на подтверждение наличия необходимых для успешного освоения образовательной программы II ступени высшего образования следующих компетенций:

#### ***академические:***

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;

#### ***социально-личностные:***

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- владеть навыками здоровьесбережения;
- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в команде;

**профессиональные:**

- применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы;
- разрабатывать новые технологии и осуществлять оценку проектных и технологических решений с учетом принципов рационального природопользования и конъюнктуры рынка;
- осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров оборудования и технологических процессов, эффективности разрабатываемых технологий;
- реализовывать методы защиты производственного персонала и населения в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и обеспечения безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности;
- определять цели инноваций и способы их достижения, применять методы анализа и организации внедрения инноваций в научно-технической, производственной и научно-педагогической деятельности;

Содержание программы носит комплексный и междисциплинарный характер и ориентировано на выявление у поступающих общепрофессиональных и специальных знаний.

Поступающий в магистратуру по специальности 1-31 80 20 Прикладная физика должен:

**знать:**

- основные понятия и законы механики; законы сохранения; основы механики сплошной среды; уравнения движения в разных формулировках;
- общие методы измерений физических величин; статистический и термодинамический подходы к описанию термодинамических систем; основные законы и методы термодинамики; свойства реальных газов и жидкостей;
- основные законы электромагнитных взаимодействий; законы постоянного и переменного тока; уравнения Максвелла для полей в вакууме и сплошных средах; свойства диэлектриков и магнетиков; потенциалы электромагнитного поля;
- основы электромагнитной теории света; явления интерференции и дифракции; принципы генерации света; физический механизм излучения электромагнитных волн;
- основы истории развития физики микроявлений (эксперимента и теории); основные положения и принципы квантовой механики; операторы физических величин; уравнение Шредингера; методы квантово-механического описания атомов; физическое обоснование периодической системы элементов.

**уметь:**

– решать задачи по кинематике, динамике, использовать законы сохранения при решении задач; рассчитывать характеристики движения частиц в силовых полях; рассчитывать параметры колебаний механических систем в гармоническом приближении;

– выполнять расчеты термодинамических процессов; использовать статистические распределения при решении задач; обосновывать законы термодинамики методами статистической механики; решать практически важные задачи термодинамики и физической кинетики;

– рассчитывать электрические и магнитные поля в вакууме и веществе; выполнять расчет цепей квазистационарных переменных токов; использовать законы электромагнетизма при решении задач; применять уравнения Максвелла для расчета электромагнитных полей;

– решать задачи геометрической и физической оптики; анализировать практически важные схемы интерференции и дифракции;

– применять теорию Бора для оценки основных параметров атомов; применять квантово-механический подход для объяснения атомно-молекулярных явлений и расчета характеристик атомов, молекул и кристаллов; связывать характеристики атомов и молекул с их оптическими и рентгеновскими спектрами.

**владеть:**

– методами экспериментальных исследований и теоретических расчетов механических явлений и процессов; методами обработки результатов экспериментальных исследований; математическими методами решения задач по механике; основными методами получения уравнений движения механических систем; общими методами решения уравнений движения;

– методами экспериментальных исследований и теоретических расчетов термодинамических систем; методами обработки результатов экспериментальных исследований; математическими методами решения задач термодинамики и статистической физики;

– методами экспериментальных исследований электрических и магнитных свойств веществ; методами экспериментального исследования и теоретических расчетов электрических цепей; математическими методами решения задач по электричеству и магнетизму; математическими методами электродинамики; методами расчёта электромагнитных полей;

– методами экспериментальных исследований оптических явлений; математическими методами решения задач по оптике;

– терминологией физики микроявлений; навыками проведения экспериментальных исследований атомно-молекулярных явлений; математическими методами решения задач атомной физики.

## **Описание формы и процедуры вступительного испытания**

Вступительное испытание является процедурой конкурсного отбора и условием приёма на обучение II ступени высшего образования.

Организация проведения конкурса и приёма лиц для получения высшего образования II ступени осуществляет приёмная комиссия в соответствии с Положением о приёмной комиссии учреждения высшего образования, утверждаемым Министерством образования и Правилами приёма лиц для получения высшего образования II ступени в БГУ.

Конкурсы на получение высшего образования II ступени в очной форме получения образования за счёт средств бюджета и на платной основе проводятся отдельно.

Вступительные испытания проводятся по утверждённому председателем приёмной комиссии БГУ расписанию.

Проведение вступительного испытания осуществляется в *устной* форме, на русском или белорусском языке.

Состав экзаменационной комиссии утверждается приказом ректора БГУ.

Время подготовки абитуриента к ответу не менее 30 минут и не должно превышать 90 минут, а продолжительность ответа не более 15 минут. Для уточнения экзаменационной оценки абитуриенту могут быть заданы дополнительные вопросы в соответствии с программой вступительного испытания.

Оценка знаний лиц, поступающих на II ступень высшего образования (магистратура), осуществляется по десятибалльной шкале, положительной считается отметка не ниже «шести».

Отметка объявляется сразу после завершения опроса абитуриента.

## **Характеристика структуры экзаменационного билета**

Экзаменационный билет по дисциплине «Общая физика» включает вопросы по разделам: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений».

Билет содержит два вопроса. Первый относится к разделам «Механика», «Молекулярная физика», второй — к разделам «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений». Вопросы билета позволяют оценить знания, полученные в процессе обучения на I ступени высшего образования.

## **Критерии оценивания ответа на вступительном испытании**

Для оценки ответа рекомендуется следующая шкала:

*10 баллов*

Систематизированные, глубокие и полные знания по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений», а также по вопросам, выходящим за их пределы;

точное использование научной терминологии физики (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета;

безупречное владение инструментарием физико-математических наук, умение его эффективно использовать в постановке и решении профессиональных задач;

выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;

полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях физики, давать им критическую оценку;

использовать научные достижения других наук.

*9 баллов*

Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам общей физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений»;

точное использование научной терминологии физики (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета;

владение инструментарием физико-математических наук, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

способность самостоятельно решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках программы по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений»;

полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений» и давать им аналитическую оценку.

*8 баллов*

Систематизированные, глубокие и полные знания по следующим разделам физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений»;

точное использование научной терминологии физики (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета;

владение инструментарием физико-математических наук, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках программы вступительного испытания;

полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений» и давать им аналитическую оценку.

*7 баллов*

Систематизированные, глубокие и полные знания по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений»;

использование научной терминологии физики (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета, умение делать обоснованные выводы и обобщения;

владение инструментарием физико-математических наук, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

свободное владение типовыми решениями в рамках программы;

усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений» и давать им аналитическую оценку.

*6 баллов*

Достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы вступительного испытания по следующим разделам физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений»;

использование необходимой научной терминологии физики, грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета, умение делать обобщения и обоснованные выводы;

владение инструментарием физико-математических наук, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания;

усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений» и давать им сравнительную оценку.

*5 баллов*

Достаточные знания в объеме программы вступительного испытания по следующим разделам физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений»;

использование научной терминологии физики, грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы билета, умение делать выводы;



владение инструментарием физико-математических наук, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания;

усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях и давать им сравнительную оценку.

*4 балла*

Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта высшего образования;

усвоение основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

использование научной терминологии физики, логическое изложение ответов на вопросы билета, умение делать выводы без существенных ошибок;

владение инструментарием физико-математических наук, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;

умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по «Механике», «Молекулярной физике», «Электричеству и магнетизму», «Оптике», «Физике атома и атомных явлений» и давать им оценку.

*3 балла*

Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта высшего образования;

знание части основной литературы, рекомендованной программой вступительного испытания;

использование научной терминологии физики, изложение ответов на вопросы билета с существенными логическими ошибками;

слабое владение инструментарием физико-математических наук;

некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;

неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях «Механики», «Молекулярной физики», «Электричества и магнетизма», «Оптики», «Физики атома и атомных явлений».

*2 балла*

Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта высшего образования;

знание отдельных литературных источников, рекомендованных программой вступительного испытания;

неумение использовать научной терминологии физики, наличие в ответе грубых логических ошибок.

*1 балл*

Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта высшего образования;

отказ от ответа;

неявка на вступительное испытание без уважительной причины.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### РАЗДЕЛ 1 МЕХАНИКА

**Тема 1.1. Кинематика материальной точки.** Способы описания движения материальной точки. Система отсчета. Траектория и длина пути. Вектор перемещения. Скорость. Ускорение.

**Тема 1.2. Основная задача динамики.** Законы Ньютона. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Сила, масса, импульс. Второй закон Ньютона. Принцип независимости действия сил. Третий закон Ньютона.

**Тема 1.3. Фундаментальные законы сохранения в классической механике.** Связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени. Определения однородности и изотропности пространства и времени. Закон сохранения энергии и его связь с однородностью времени. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства.

**Тема 1.4. Движение в центральном силовом поле.** Закон Кулона и закон всемирного тяготения. Определение центрально-симметричного поля. Свойства силы, действующей на частицу в центральном поле. Сохранение момента импульса и закон площадей. Нахождение закона движения из первых интегралов движения. Общие свойства траекторий в кулоновском поле.

**Тема 1.5. Линейные колебания механических систем.** Частота, амплитуда и фаза колебания. Вынужденные колебания при отсутствии трения. Резонанс. Собственные частоты колебаний.

**Тема 1.6. Кинематика твердого тела.** Степени свободы твердого тела. Разложение движения твердого тела на слагаемые движения. Виды движения. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Мгновенная ось вращения.

**Тема 1.7. Динамика твердого тела.** Уравнения Эйлера. Тензор инерции, главные оси и главные моменты инерции твердого тела. Кинетическая энергия и момент импульса твердого тела, имеющего неподвижную точку. Свободное вращение шарового и симметрического волчков. Прецессия.

**Тема 1.8. Основы специальной теории относительности.** Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца и их следствия.

### РАЗДЕЛ 2 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

**Тема 2.1. Первое начало термодинамики.** Работа. Теплота. Внутренняя энергия. Физическое содержание первого начала термодинамики. Функции состояния и полные дифференциалы.

**Тема 2.2. Второе начало термодинамики.** Циклические процессы. Работа цикла. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Цикл

Карно. Теоремы Карно. Формулировки Клаузиуса и Кельвина второго начала термодинамики.

**Тема 2.3. Энтропия.** Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа, ее физический смысл и расчет в процессах идеального газа. Формулировка второго начала термодинамики с помощью энтропии. Статистический характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах.

**Тема 2.4. Фазовые состояния и фазовые превращения.** Переход из газообразного состояния в жидкое. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Кристаллизация и плавление. Кристаллизация и сублимация. Фазовые диаграммы. Фазовые переходы первого и второго рода.

**Тема 2.5. Статистические распределения.** Распределение Больцмана, Максвелла, Гиббса. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

**Тема 2.6. Термодинамические потенциалы.** Преобразование производных термодинамических величин. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Термодинамические неравенства.

### РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

**Тема 3.1. Электростатическое поле в вакууме.** Электрическое поле. Напряженность и потенциал электрического поля. Основная задача электростатики. Энергия электрического поля.

**Тема 3.2. Электростатическое поле в веществе.** Поле заряженного проводника. Механизмы поляризации полярных и неполярных диэлектриков. Вектор поляризованности.

**Тема 3.3. Стационарное магнитное поле.** Закон Ампера. Теорема Био-Савара-Лапласа. Вихревой характер магнитного поля. Контур с током в магнитном поле. Энергия магнитного поля.

**Тема 3.4. Магнитные свойства вещества.** Вектор и токи намагничивания. Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма.

**Тема 3.5. Электрический ток.** Электрический ток и его поле. Характеристики тока. Уравнение непрерывности. Законы стационарного тока. Критерий квазистационарности тока.

**Тема 3.6. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла.** Явление электромагнитной индукции (закон Фарадея). Сила Лоренца. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла и их физический смысл. Электромагнитные волны.

## РАЗДЕЛ 4 ОПТИКА

**Тема 4.1. Интерференция света.** Когерентность колебаний. Интерференция волн. Способы получения интерференционной картины. Интерференция в тонких плёнках. Интерферометры.

**Тема 4.2. Дифракция света.** Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля на простейших преградах. Дифракция Фраунгофера на одной щели.

**Тема 4.3. Поляризация света.** Естественный и поляризованный свет. Поляризация излучения при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков.

**Тема 4.4. Геометрическая оптика.** Основные законы геометрической оптики, пределы их применимости. Принцип Ферма. Линзы, зеркала, центрированные оптические системы. Кардинальные элементы идеальной оптической системы.

**Тема 4.5. Дисперсия света.** Нормальная и аномальная дисперсия. Фазовая и групповая скорости света. Спектральные приборы.

**Тема 4.6. Поглощение и рассеяние света.** Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Рассеяние Рэлея. Комбинационное рассеяние.

## РАЗДЕЛ 5 ФИЗИКА АТОМА И АТОМНЫХ ЯВЛЕНИЙ

**Тема 5.1. Корпускулярно-волновой дуализм.** Фотоэффект и эффект Комптона. Фотоны. Опыты по дифракции микрочастиц. Сосуществование корпускулярных и волновых свойств у микрообъектов.

**Тема 5.2. Теория Бора и атом водорода.** Постулаты Бора и модель атома водорода согласно теории Бора. Опыты Франка и Герца. Стационарные состояния и уровни энергии атома водорода. Квантовые числа. Распределение электронной плотности.

**Тема 5.3. Волновая функция.** Вероятностная интерпретация волновой функции. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.

**Тема 5.4. Момент импульса микрочастиц.** Орбитальный и спиновый моменты микрочастиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.

**Тема 5.5. Строение многоэлектронных атомов.** Заполнение электронных слоев и оболочек атомов. Основные закономерности периодической системы элементов.

**Тема 5.6. Строение и свойства молекул.** Природа химической связи. Виды движения в молекуле. Электронные кривые, колебательные и вращательные состояния двухатомных молекул. Молекулярные спектры.

**Тема 5.6. Одновременная измеримость физических величин.** Состояния и наблюдаемые в квантовой механике. Совместные наблюдаемые. Понятие о полном наборе совместных наблюдаемых. Соотношение неопределенностей для физических величин.

**Тема 5.7. Принцип причинности в квантовой механике.** Изменение вектора состояния и наблюдаемых со временем. Время в квантовой механике. Уравнение Шрёдингера для амплитуд вероятностей. Стационарные состояния и их свойства.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. / Матвеев А.Н.—СПб.: Лань. 2009.— 366 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 1. Механика. / Сивухин Д.В.— М.: Физматлит; Изд-во МФТИ. 2005.— 560 с.
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. / Матвеев А.Н.— СПб.: Лань. 2010.— 368 с.
4. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. / Матвеев А.Н.— СПб.: Лань. 2010.— 464 с.
5. Матвеев А.Н. Атомная физика / Матвеев А.Н.— М.: Оникс: мир и образование. 2010.— 432 с.
6. Калашников С.Г. Электричество / Калашников С.Г.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.— 624 с.
7. Шпольский А.В. Атомная физика Т.1 : Введение в атомную физику / Э. В. Шпольский. - 2010. - 557 с
8. Шпольский А.В. Атомная физика Т.2 : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома / Э. В. Шпольский. - 2010. - 557 с
9. Саржевский А.М. Оптика / Саржевский А.М.— М.: УРСС, 2018.— 608 с.
10. Ландсберг Г.С. Оптика. / Ландсберг Г.С.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.— 848 с.

### Дополнительная литература:

1. Савельев, И.В. Курс физики. т.1. Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. —352 с.
2. Савельев, И.В. Курс физики. т.2. Электричество и магнетизм, волны, оптика / И.В. Савельев.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. — 496 с.
3. Ольховский, И.И. Курс теоретической механики для физиков / И.И. Ольховский.— СПб.: Лань, изд. 4-е, 2009.
4. Джексон Дж. Классическая электродинамика / Дж. Джексон.— М.: Мир, 1965.— 703 с.
5. Мессиа, А. Квантовая механика. В 2 т. / А. Мессиа.— М.: Наука, 1978.
6. Вихман Э. Квантовая физика. / Вихман Э.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986 — 392 с.
7. Тамм, И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм.— М.: Физматлит, изд. 11-е, 2003.— 616 с.
8. Базаров, И.П. Термодинамика / И.П. Базаров.— СПб.: Лань, изд. 5-е, 2010.— 384 с.