

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор института  
фундаментальных наук  
Институт  
фундаментальных  
наук  
  
Газенаур Е.Г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**  
в магистратуру по направлению подготовки  
**03.04.02 Физика**  
Профиль (направленность) подготовки  
**Компьютерное моделирование материалов и процессов**  
в 2025 году

**КЕМЕРОВО 2024**

Форма проведения вступительных испытаний: *тест.*

Результаты оцениваются по 100-балльной шкале.

В испытаниях варианты тестовых заданий по 50 вопросов (заданий) в каждом варианте.

Нижний порог прохождения – 30 баллов.

В программе представлены:

- образцы тестов;
- содержание блоков тем, на основе которых составлены тесты;
- основная и дополнительная литература.

Апелляции по вступительным испытаниям принимаются на следующий день после опубликования результатов.

Общая продолжительность вступительного испытания – 90 минут.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ПО ДИСЦИПЛИНАМ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ПРОГРАММУ ЭКЗАМЕНА НА СООТВЕТСТВИЕ УРОВНЮ БАКАЛАВРА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ФИЗИКА»

## 1.1. ОБЩАЯ ФИЗИКА

**Механика.** Единицы измерения физических величин. Система СИ. Способы описания движения материальной точки. Прямая и обратная задачи кинематики материальной точки. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Законы Ньютона. Уравнение движения. Силы инерции. Уравнения движения в неинерциальных системах отсчета. Степени свободы твердого тела. Вращательное движение. Внешние и внутренние силы. Сила, действующая на систему материальных точек. Импульс, момент импульса и момент силы для материальной точки и системы материальных точек. Уравнение движения системы. Уравнение моментов для системы материальных точек. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Система уравнений движения твердого тела. Момент инерции тела относительно оси. Момент импульса тела. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Изолированная система материальных точек. Закон сохранения импульса и момента для изолированной системы. Механическая работа сил. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальное поле сил. Работа сил потенциального поля. Потенциальная энергия и ее нормировка. Связь сил потенциального поля с потенциальной энергией. Закон сохранения энергии в механике

**Молекулярная физика.** Распределение молекул газа по скоростям (Максвелла). Средняя кинетическая энергия молекул. Столкновения молекул в газе. Длина свободного пробега. Частота соударений. Основное уравнение кинетической теории идеальных газов. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева). Закон Дальтона. Закон Авогадро. Распределение Больцмана. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Число степеней свободы молекул идеального газа. Процессы переноса в газах: диффузия, внутреннее трение, теплопроводность. Квазистатические процессы. Обратимые и необратимые процессы. Внутренняя энергия. Теплота и работа. Первое начало термодинамики. Теплоемкость идеального газа. Связь теплоемкости газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера. Процессы в идеальных газах. Энтропия идеального газа. Циклические процессы. Работа цикла. Цикл Карно. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления. Теплоемкость твердого тела. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Скрытая теплота перехода. Диаграммы состояний.

**Электричество и магнетизм.** Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции.

Электростатическая теорема Гаусса. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Потенциал поля зарядов. Электрическое поле диполя. Электрическое поле при наличии проводников. Конденсаторы, конденсаторные цепи. Электрическое поле при наличии диэлектриков. Полярные и неполярные диэлектрики. Сегнетоэлектрики. Энергия электростатического поля. Электрическое поле при наличии постоянного тока. Сила и плотность тока. Сторонние электродвижущие силы (ЭДС). Уравнение непрерывности и условие стационарности электрического тока. Закон Ома. Работа и мощность, совершаемая при прохождении электрического тока. Правила Кирхгофа. Классическая теория электропроводности металлов. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Лоренца. Сила Ампера. Магнитный момент тока. Закон полного тока. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитных полей. Диамагнетики в однородном магнитном поле. Парамагнитные вещества в однородном магнитном поле. Закон Кюри. Магнитное поле в магнетиках. Магнитная индукция. Напряженность магнитного поля. Закон полного тока для магнетиков. Ферромагнетики. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Явление самоиндукции. Квазистационарные переменные токи. Основное уравнение для квазистационарного тока. Работа и мощность гармонического переменного тока. Обобщенный закон Ома. Система уравнений Максвелла и их физический смысл. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Плотность потока электромагнитной энергии. Вектор Умова-Пойтинга. Излучение электромагнитных волн.

**Атомная физика.** Корпускулярно-волновой дуализм в природе микрообъекта: фотоэффект, эффект Комптона, волны де-Бройля; модель Бора для атома водорода. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Операторы динамических переменных. Уравнение Шредингера, волновая функция, стационарные состояния. Орбитальный механический и магнитный момент электрона. Спиновый механический и магнитный момент электрона. Результирующий механический и магнитный момент электрона, внутреннее квантовое число  $j$ . Правила сложения моментов.  $j-j$  связь, связь Рассела – Саундерса. Индексация состояний электронной оболочки, атомные термы. Магнитный момент атомного ядра. Принципы построения электронных оболочек многоэлектронных атомов, основное состояние электронной оболочки, атомные термы в конфигурациях с эквивалентными электронами. Спин-орбитальное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие, сверхтонкая структура термов атомов. Оптические квантовые переходы, правила отбора. Тонкая и сверхтонкая структура спектральных линий водородоподобных систем. Атом во внешнем магнитном поле: эффект Зеемана, опыт Штерна и Герлаха.

## 1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

**Теоретическая механика.** Механическое движение. Кинематика точки в декартовой системе координат. Законы Ньютона. Инерциальные системы отсчета, принцип относительности Галилея. Прямая и обратная задача механики. Законы изменения и сохранения импульса, момента импульса и энергии. Силы. Потенциал. Одномерное движение. Метод эффективного потенциала. Классификация траекторий. Падение на центр. Задача Кеплера. Уравнение движения по полярному углу и сохранение секториальной скорости. Уравнение движения системы материальных точек. Сохранение импульса. Центр масс. Сохранение момента импульса, сохранение энергии. Задача двух тел. Приведенная масса. Столкновение частиц. Формула Резерфорда. Классификация связей. Реакции связей. Обобщенные координаты и число степеней свободы. Принцип виртуальных перемещений. Уравнение Лагранжа 1-го рода. Принцип Даламбера. Уравнения Лагранжа 2-го рода. Обобщенная сила. Функция Лагранжа и обобщенный импульс. Обобщенно диссипативные силы. Полная энергия и обобщенная энергия. Канонические уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона. Скобки Пуассона. Действие. Уравнения Гамильтона – Якоби. Тензор инерции. Уравнение движения твердого тела. Уравнения Эйлера.

**Электродинамика.** Принцип относительности Эйнштейна. Интервал. Преобразование Лоренца для координат и времени. Инвариантность физических законов относительно преобразований Лоренца. Четырехмерные векторы, тензоры. Релятивистская кинематика, принцип наименьшего действия. Четырехмерный потенциал поля. Функции Лагранжа и Гамильтона для заряда в электромагнитном поле. Тензор электромагнитного поля и его свойства. Законы преобразования напряженностей и потенциалов поля. Инварианты поля. Действие для электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Уравнение Пуассона, общее решение. Электростатическая энергия системы зарядов. Поле равномерно движущегося заряда. Мультипольное разложение. Закон Био и Савара. Магнитный момент токов. Волновое уравнение. Плоские волны. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Дипольное, квадрупольное и магнитно-дипольное излучение. Рассеяние свободными зарядами. Сечение рассеяния. Формула Томпсона. Усреднение микроскопических уравнений Максвелла. Поляризация среды в электрическом поле. Средняя плотность тока и средняя плотность заряда в среде. Уравнения для напряженностей и индукций электромагнитного поля в веществе. Электростатическое поле в проводниках. Постоянный ток в проводящей среде. Уравнения квазистационарного электромагнитного поля. Коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции. Закон индукции в движущихся проводниках и средах. Материальные уравнения для движущихся сред.

**Квантовая теория.** Основные положения классической физики: описание состояния и закон движения, измеримость. Операторы физических величин. Правила фон Неймана построения операторов физических величин. Квантовые скобки Пуассона. Перестановочные соотношения. Уравнения квантования. Координатное представление. Операторы координат, импульса, момента импульса, кинетической и полной энергии. Процесс измерения и роль средних значений результатов измерений. Среднее значение физической величины. Чистые и смешанные состояния, проектор, нормированный кет-вектор и волновая функция. Эволюция чистого состояния, оператор эволюции и его свойства, гамильтониан. Уравнение Шредингера. Эволюция смешанных состояний, уравнение фон Неймана. Теоремы Эренфеста. Стационарные состояния. Соотношение неопределенности энергия-время. Свободная частица, волновые пакеты. Движение в однородном поле. Гармонический осциллятор. Общая теория движения в центральном поле. Момент и его квантование. Кулоновское поле, полное решение задачи о движении водородоподобного атома. Вариационный метод. Теория возмущений. Общая теория упругого рассеяния. Принцип неразличимости тождественных частиц, симметричные и антисимметричные волновые функции и их связь со спином, принцип Паули.

**Механика сплошных сред.** Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли. Поток энергии. Поток импульса, тензор плотности потока импульса. Циркуляция скорости, теорема Томсона. Потенциальное движение. Несжимаемая жидкость, функция тока. Уравнение движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Кинематическая, динамическая вязкость. Ламинарное течение несжимаемой жидкости. Число Рейнольдса. Турбулентное течение вязкой жидкости. Уравнение Рейнольдса. Пограничный слой. Основные свойства пограничного слоя при ламинарном течении жидкости. Гравитационные волны, плоские звуковые волны, сферические волны. Энергия и импульс звуковой волны. Закон Гука. Тензор деформаций, вектор смещения, тензор поворота, тензор напряжений, условие равновесия при однородном напряжении. Уравнения движения и условия равновесия, термодинамика деформирования, обобщенный закон Гука при изотермическом процессе, уравнение Ламэ, упругие волны в изотропной среде.

**Термодинамика.** Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Работа и теплота. Термические и калорическое уравнения состояния. Второе начало термодинамики. Энтропия. Уравнение второго начала. Круговые процессы. Цикл Карно и теоремы Карно. Тепловые машины. Третье начало термодинамики. Принцип Нернста. Метод круговых процессов. Метод термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Правило фаз Гиббса. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Равновесие

фаз. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.

**Статистическая физика.** Метод нахождения вероятности события, функции распределения величины. Среднее значение, дисперсия и флуктуация случайных величин. Фазовое пространство. Микроскопическое описание состояния квантовой системы. Теорема Лиувилля. Классические функции распределения. Микроканоническое и каноническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая температура. Распределение Максвелла по импульсам, скоростям, энергиям. Распределение Максвелла – Больцмана. Дискретное распределение Больцмана. Идеальный одноатомный квантовый газ. Распределение Ферми-Дирака. Распределение Бозе-Эйнштейна.

## 2. ПРИМЕР ВСТУПИТЕЛЬНОГО ТЕСТА

### 1. Задание

Какую кинетическую энергию имел электрон на входе в поле с задерживающим потенциалом, если в результате совершенной силами поля работы  $-3$  Дж скорость электрона уменьшилась в 2 раза по сравнению с первоначальной. Действием магнитного поля пренебречь.

- 1) 2 Дж
- 2) 4 Дж
- 3) 9 Дж

### 2. Задание

Какова полная механическая работа силы  $F = 4i$ , если под действием этой силы частица переместилась по дуге параболы из положения (1), заданного радиус-вектором  $r = 2i - j + k$  в положение (2)  $r = j$ .

- 1) 3.5 Дж
- 2) 10 Дж
- 3) -8 Дж

### 3. Задание

Какие величины сохраняются при упругом столкновении двух шаров на горизонтальной поверхности, рассматриваемых как система тел? (выберите все правильные ответы)

- импульс системы
- импульсы каждого из шаров
- ускорение каждого шара
- скорости до и после соударения
- механическая энергия системы

### 4. Задание

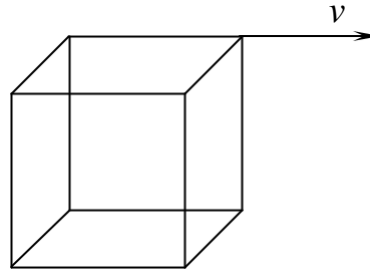
Чему равен угол между вектором силы, действующей на систему в момент времени  $t = 1$  с и осью  $z$  декартовой системы координат, если зависимость импульса системы от времени имеет вид  $p = t^2i - 3t^3j - k$ .

1) 0 градусов			
2) 90 градусов			
3) 180 градусов			



### 5. Задание

Сколько % составит объем куба (см. рис.), движущегося со скоростью  $v = \frac{c\sqrt{2}}{2}$  ( $c$  – скорость света в вакууме), от объема этого же куба в системе отсчета, где он покоится?



- 1) 11 %
- 2) 51 %
- 3) 71 %

### 6. Задание

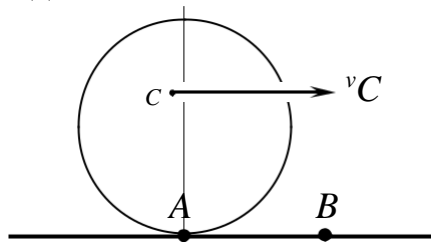
Какова работа равнодействующей всех сил сопротивления, действующих на снаряд массы 50 кг за время его движения, если при выстреле под углом к горизонту снаряду сообщена скорость 200 м/с?

- 1) 12 МДж
- 2) -1 МДж
- 3) 2 МДж

### 7. Задание

Выберите правильный ответ из приведенного списка

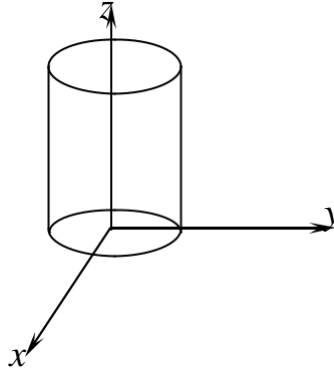
Диск катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания (см. рис.), так что скорость центра диска (точка С) остается постоянной. Мгновенная ось вращения диска ...



- проходит через точки А и С
- проходит через точки А и В
- перпендикулярна плоскости диска и проходит через точку С
- проходит через точку С параллельно прямой АВ
- проходит через точку А перпендикулярно плоскости диска

### 8. Задание

Чему равен импульс однородного цилиндра (см. рис.) массы 5 кг и радиуса 0,2 м, если цилиндр вращается с угловой скоростью 0,01 рад/с относительно оси Z, совпадающей с осью симметрии цилиндра.



- 1) 0 кг·м/с
- 2) 5 кг·м/с
- 3) 2 кг·м/с

### 9. Задание

Установите последовательность вычисления пройденного частицей пути, если известен закон движения в векторной форме:

- 1: Найти скорость частицы  $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$
- 2: Ввести систему координат и найти проекции вектора  $v_x, v_y, v_z$
- 3: Найти модуль скорости  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
- 4: Составить и решить дифференциальное уравнение  $\mathbf{v} = ds/dt$

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

### 10. Задание

На сколько компонент расщепится спектральная линия, отвечающая переходу  ${}^2P_{3/2} - {}^2S_{1/2}$ , в слабом внешнем магнитном поле?

- 1) 8
- 2) 1
- 3) 6

### 11. Задание

На сколько компонент расщепится пучок атомов в опыте Штерна и Герлаха, если основное состояние атома  $^3P_1$  (внешнее магнитное поле считать слабым)?

- 1) 8
- 2) 3
- 3) 10

### 12. Задание

На сколько компонент расщепится пучок атомов в опыте Штерна и Герлаха, если основное состояние атома  $^2P_{1/2}$  (внешнее магнитное поле считать сильным)?

- 1) 5
- 2) 7
- 3) 2

### 13. Задание

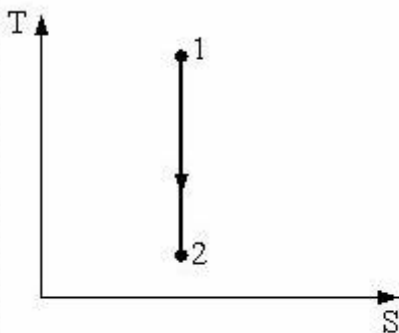
Внесите в строку число

Азот массой 1 кг находится при температуре 280 К. Найти внутреннюю энергию газа.

- 1) 108 кДж
- 2) 208 кДж
- 3) 308 кДж

### 14. Задание

Процесс, изображенный в координатах (T, S), где S - энтропия является ...



- 1) изохорным охлаждением
- 2) изотермическим сжатием
- 3) адиабатным расширением

### 15. Задание

Доля частиц, скорости которых лежат в заданном интервале описывается

- 1) барометрической формулой
- 2) распределением Максвелла

3) уравнением Гаусса

**16. Задание**

Укажите число компонентов тонкой структуры атомного терма  $^4P$ ?

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

**17. Задание**

Компонент атомного терма  $^2D_{5/2}$  имеет число подуровней сверхтонкой структуры (ядерное спиновое квантовое число  $I = 7/2$ ):

- 1) 2
- 2) 6
- 3) 4

**18. Задание**

В слабом внешнем магнитном поле компонент терма  $^4P_{3/2}$  расщепится на число компонент:

- 1) 4
- 2) 12
- 3) 5

**19. Задание**

На какой высоте плотность воздуха в два раза меньше, чем на уровне моря? Считать, что температура воздуха везде одинакова и равна 273 К.

- 1) -6 км
- 2) -7 км
- 3) -8 км

**20. Задание**

Температура реального газа при адиабатическом расширении в пустоту:

- 1) не меняется
- 2) понижается
- 3) зависит от плотности газа

**21. Задание**

Молярная теплоемкость свинца при  $T = 10$  К по классической теории теплоемкости (в Дж/(моль К)):

- 1) 25
- 2) 5
- 3) 2,52

## 22. Задание

Внесите в строку слово

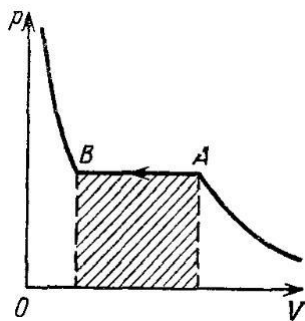
В цилиндре под поршнем находится жидкость и над нею ее насыщенный пар. Система термодинамически равновесна. Давление в системе определяется только ее ...

- 1) температурой
- 2) массой
- 3) объемом

## 23. Задание

Выберите несколько правильных ответов из списка

При переводе вещества из состояния А в состояние В (см. рисунок)



- 1) заштрихованная площадь равна работе, которую надо совершить над паром, чтобы путем изотермического сжатия при температуре ниже критической превратить его в жидкость
- 2) внутренняя энергия системы убывает
- 3) внутренняя энергия системы не изменяется

## 24. Задание

Выберите все правильные ответы

За один цикл рабочее тело некоторой тепловой машины потребляет теплоту  $Q_1$ , производит работу  $A$  и отдает холодильнику за цикл количество теплоты  $Q_2$ . КПД этой тепловой машины равен:

- 1)  $1 - A / Q_1$
- 2)  $1 - Q_2 / Q_1$
- 3)  $A / Q_1$

## 25. Задание

Сколько компонентов тонкой структуры имеет спектральная линия, обусловленная спонтанными электро-дипольными переходами между термами ( $^4S-^4P$ ):

- 1) 4
- 2) 3
- 3) 8

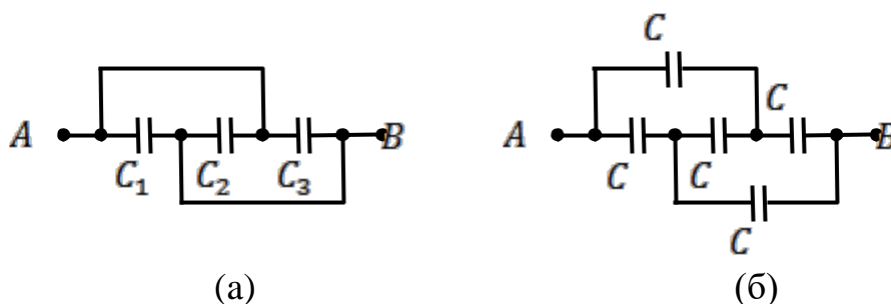
### Задача 1.

Зависимость модуля скорости от пройденного пути  $s$  определяется формулой  $v(s) = v_0 - bs$ , где  $v_0, b - \text{Const} > 0$ .

Найти  $s = s(t)$  - зависимость пути от времени.

### Задача 2.

Найти емкость системы конденсаторов между точками А и В, которая показана на рисунках



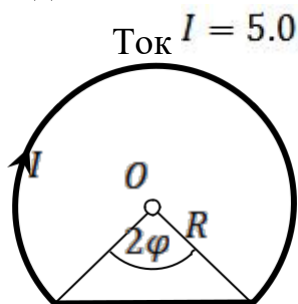
### Задача 3.

Идеальный газ с молярной массой  $M$  находится в очень высоком вертикальном цилиндрическом сосуде в однородном поле тяжести, для которого ускорение свободного падения равно  $g$ . Считая температуру газа всюду одинаковой и равной  $T$ , найти высоту, на которой находится центр тяжести газа.

### Задача 4.

Два моля идеального газа сначала изохорически охладили, а затем изобарически расширили так, что его температура стала равна первоначальной. Найти приращение энтропии газа, если давление изменилось в  $n=3$  раза.

### Задача 5.



Ток  $I = 5.0 \text{ A}$  течет по тонкому замкнутому проводнику. Радиус изогнутой части проводника  $R = 120 \text{ мм}$ , угол  $2\varphi = 90^\circ$ .

Найти магнитную индукцию в точке  $O$

### 3. Список литературы

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: ООО «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2003. – 432 с.
2. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А.. Механика. М.: АCADEMIA. 2004. - 480 с.
3. Хайкин С.Э.. Физические основы механики. СПб.: «Лань», 2008. - 768 с.
4. А.Н. Матвеев Молекулярная физика: учеб. пособие / А.Н. Мат-веев. - Изд. 4-е, стер. - СПб. : Лань, 2010. - 364 с.
5. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.1- III: Учеб. пособие.- М: Физматлит, 2004.-656 с.
6. И. Е. Иродов Задачи по общей физике. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
7. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм: учеб. пособие для студентов вузов.- М: ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2005. – 464 стр.
8. Матвеев А.Н. Атомная физика. М.: Высшая школа, 2005.
9. Шпольский Э.В. Атомная физика, Том 1. - М.: Наука, 2010.
10. Шпольский Э.В. Атомная физика, Том 2. - М.: Наука, 2010.
11. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. М. Едиториал УРСС, 2002.
12. Мухин К.Н Экспериментальная ядерная физика. Том 1; Том 2; Т 3 Изд. «Лань» 2008.
13. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 574 с.
14. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 1. Механика - Москва : Наука : Физматлит, 2007. - 224 с.
15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 2. Теория поля. - М. : Физматлит, 2001. - 533 с.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред. - М. : Физматлит, 2001. - 651 с.
17. Давыдов А.С. Квантовая механика. - М.: Наука : Физматлит, 1973. - 704 с.
18. Соколов А.А., Жуковский В.Ч., Тернов И.М. Квантовая механика. - Москва : Наука. Физ.-мат.лит., 1979. - 528 с.
19. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 6. Гидродинамика. - М. : Наука. Физматлит, 1986. - 736 с.
20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 7. Теория упругости . - М. : Физматлит, 2001. - 259 с.
21. Черняк В.Г., Суетин П.Е. Механика сплошных сред. - М.: Физматлит, 2006. - 352 с.
22. Базаров И.П. Термодинамика. - СПб. : Лань, 2010. - 376 с.
23. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. - СПб. : Лань, 2007. - 426 с.