



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Информационные материалы  
к отборочному мероприятию по «Физике»  
в рамках отдельного конкурса для иностранных граждан

2022 год

## ВВЕДЕНИЕ

Отборочное мероприятие, проводимое НИУ ВШЭ, позволяет установить уровень освоения выпускниками программы общеобразовательной учебной дисциплины «Физика». В настоящем информационном материале перечислены основные физические понятия, соответствующие школьному курсу физики, которыми должен владеть поступающий, а также даётся список рекомендованной литературы для подготовки.

## ФОРМАТ ПРОВЕДЕНИЯ И СТРУКТУРА ОТБОРОЧНОГО МЕРОПРИЯТИЯ

Отборочное мероприятие проводится в форме письменного теста. Время выполнения теста составляет 120 минут.

Тест состоит из 20 заданий и оценивается по 100-балльной шкале.

Задания теста имеют различный оценочный коэффициент: за задания базового уровня (задачи 1-10) ставятся 3, 4 и 5 баллов (суммарно 39 баллов за блок); за задания повышенного уровня (задачи 11-15) ставятся 3, 4 и 5 баллов (суммарно 21 балл за блок) и за задания сложного уровня (задачи 16-20) ставятся 7, 8 и 9 баллов (суммарно 40 баллов за блок).

Каждый вопрос имеет 5 вариантов ответа, из которых только один вариант является правильным.

На отборочном мероприятии использование калькуляторов, справочной и специальной литературы не допускается.

## ПРОВЕРЯЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОТБОРОЧНОМ МЕРОПРИЯТИИ

### Основные понятия

#### I. КИНЕМАТИКА

1. Механическое движение. Система отсчета. Относительность движения. Радиус-вектор. Траектория. Путь. Перемещение. Средняя и мгновенная скорость. Направление скорости. Касательная к траектории. Равномерное движение. Преобразования Галилея. Закон сложения скоростей и переход в различные системы отсчета. Графическое изображение движения. Физический смысл площади и наклона.

2. Ускорение. Равноускоренное движение. Зависимость кинематических величин между собой при равноускоренном движении. Векторные и координатные формулы. Графики изменения скорости, координаты и ускорения со временем в равноускоренном движении. Движение в однородном поле тяжести.

3. Криволинейное движение. Мгновенное ускорение как сумма тангенциального и нормального. Радиус кривизны траектории. Выражение для мгновенного нормального ускорения. Движение по окружности. Угловая скорость и ускорение. Тангенциальное и нормальное ускорения при движении по окружности.

4. Движение со связями. Кинематические связи: нить, стержень, отсутствие проскальзывания, скольжение без отрыва. Кинематика вращения абсолютно твердого тела (плоскопараллельное движение). Мгновенная ось вращения. Вектор угловой скорости.

## **II. ДИНАМИКА**

1. Основные законы динамики материальной точки. Основная задача динамики. Взаимодействие. Инерциальные системы отсчета и первый закон Ньютона. Масса, сила и второй закон Ньютона. Первичность понятий массы и силы. Сила как мера взаимодействия материальных тел и третий закон Ньютона. "Реальные" силы: полевые, упругости (закон Гука), силы сопротивления (сухое трение, вязкое, гидродинамическое). Вес тела. Динамика криволинейного движения точки.

2. Импульс. Центр масс. Импульс точки и системы точек. Закон изменения импульса материальной точки. Импульс силы. Закон изменения импульса системы материальных точек. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса. Движение систем переменного состава. Уравнение Мещерского.

3. Механическая работа. Энергия. Кинетическая энергия материальной точки. Теорема о кинетической энергии. Потенциальные и консервативные системы. Потенциальная энергия точки в однородном поле и пружины. Механическая энергия и закон ее изменения. Закон сохранения механической энергии. Преобразование Галилея для кинетической энергии и работы.

4. Столкновения. Абсолютно упругое и абсолютно неупругое столкновения. Во что переходит механическая энергия сталкивающихся тел, если она не сохраняется? Система центра масс. Приведенная масса.

5. Закон Всемирного тяготения. Закон гравитационного взаимодействия точечных масс и шаров. Поле тяготения. Теорема Гаусса. Потенциальная энергия в кулоновском поле. Законы Кеплера. Космические скорости. Спутники.

6. Статика. Условия равновесия тела под действием плоской системы сил.

## **III. ТЕРМОДИНАМИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

1. Статистический и динамический способы описания систем. Микро и макропараметры. Равновесные и неравновесные состояния. Обратимость. Механическое и тепловое равновесие. Зависимость времени установления равновесия (времени релаксации) от размеров системы. Макропараметры молекулярной физики: давление, объём, температура, концентрация.

2. Эмпирические газовые законы. Законы: Шарля, Гей-Люссака, Бойля — Мариотта, Дальтона, Авогадро, их приближённый характер и область применимости. Абсолютная температура. Объединение газовых законов в уравнение Менделеева — Клапейрона. Постоянная Больцмана. Моль. Число Авогадро. Газовая постоянная. Задачи: средняя молярная масса смеси газов, нахождение химической формулы газообразного соединения, соединение сосудов, диссоциация, химическая реакция в смеси.

3. Молекулярно-кинетическая теория. Феноменологические и микроскопические теории. Основные положения МКТ и их экспериментальное обоснование. Масса и размеры молекул. Среднее расстояние между молекулами. Идеальный газ — модель реального газа. Экспериментальные и теоретические основания для этой модели и её область применимости. Роль взаимодействия молекул при установлении равновесия. Основное уравнение МКТ идеального газа. Средняя квадратичная скорость. Температура в МКТ.

Объяснение газовых законов. Длина свободного пробега. Диффузия. Теплопроводность и вязкость газа. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Распределение молекул по скоростям (Максвелла)

4. Первое начало термодинамики. Термодинамика и МКТ. Первое начало термодинамики — общий закон сохранения энергии. Внутренняя энергия. Два способа изменения внутренней энергии. Работа и количество теплоты. Функции состояния. Применение первого начала к изопроцессам. Теплоёмкость. Формула Майера.

5. Второе начало термодинамики. Необратимость. Неэквивалентность механической и внутренней энергий. Вероятностная природа необратимости. Примеры необратимых процессов. Принципы работы циклических тепловых машин. Роль холодильника. КПД. Вечные двигатели первого и второго рода. Примеры нециклических тепловых машин. Две формулировки второго начала (Томсона — Планка и Клаузиуса и их эквивалентность). Цикл Карно — "единственный" обратимый. Термодинамическая шкала температур.

6. Фазовые переходы. Кристаллические и аморфные тела. Виды фазовых переходов. Динамическое равновесие фаз. Насыщенный пар. Влажность. Точка росы. Фазовые диаграммы в— координатах  $P$ - $T$  и  $P$ - $V$ . Тройная и критическая точки. Зависимость температуры кипения жидкости от давления. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса.

7. Гидростатика. Деформации жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Условия равновесия жидкости. Закон Паскаля. Давление в жидкости, находящейся в однородном поле тяжести. Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Центр тяжести плавающего тела и центр давления. Остойчивость. Парадокс Паскаля.

8. Поверхностное натяжение. Поверхностный слой. Поверхностная энергия. Коэффициент поверхностного натяжения (два определения и их эквивалентность). Смачивание. Краевой угол. Жидкость в капилляре. Капиллярная длина. Лапласово давление. Давление насыщенного пара над искривлённой поверхностью. Внутренняя энергия пленки. Теплота образования плёнки.

9. Упругость. Закон Гука. Зависимость жёсткости от размеров. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модули всестороннего и одностороннего сжатия. Энергия упругой деформации.

#### **IV. ЭЛЕКТРОСТАТИКА**

1. Основные законы электростатики. Фундаментальные взаимодействия. Два рода электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Принцип суперпозиции. Закон Кулона. Системы единиц.

2. Электрическое поле. Дальнодействие и близкодействие. Напряженность. Пробный заряд. Силовые линии и их свойства. Расчёт полей плоскости, цилиндра и сферы методом силовых линий. Область применимости модели бесконечной плоскости. Расчет полей плоскости, нити и сферы непосредственным суммированием. Поле шара и плоского слоя. Дырки в слоях. Поле на оси отрезка и в центре полукольца. Поле в центре полусферы.

3. Теорема Гаусса. Телесный угол. Поток. Доказательство теоремы Гаусса. Связь потока с силой, действующей на равномерно заряженную плоскость. Соображения симметрии. Невозможность устойчивого равновесия системы точечных зарядов.

4. Потенциал. Консервативность поля точечного заряда. Консервативность произвольного электростатического поля. Потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности и их ориентация относительно силовых линий. Связь напряженности и

потенциала. Потенциал изученных полей. Энергия системы точечных зарядов. Энергия взаимодействия и полная энергия. Граничные условия для  $E$ .

5. Проводники. Свойства проводников в электростатическом поле. Теорема единственности. Экранирование. Земля. Проводник во внешнем неэлектрическом поле. Метод электрических изображений. Сфера в однородном поле.

6. Давление и энергия поля. Плотность энергии электрического поля, как общая формула для произвольных полей. Давление поля.

7. Диполь. Поле диполя. Дипольный момент. Дипольное приближение. Примеры квадрупольей. Энергия диполя во внешнем поле.

8. Ёмкость. Конденсаторы. Ёмкость уединенного проводника. Энергия поля уединенного проводника, Конденсатор. Ёмкость конденсатора. Особенности "плоского конденсатора". Соединения конденсаторов. Энергия конденсатора.

9. Диэлектрики. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризуемость. Объяснение пропорциональности  $E$  и  $P$  для полярных и неполярных диэлектриков. Вектор поляризации и его свойства. Восприимчивость и диэлектрическая проницаемость. Два подхода к задачам с диэлектриками. Энергия поля в диэлектрике. Граничные условия для  $E$ .

## **V. ПОСТОЯННЫЙ ТОК**

1. Участок цепи. Условия, необходимые для существования электрического тока. Модель вязкого трения. Закон Ома в интегральной и дифференциальной форме. Зависимость сопротивления от формы и размеров проводника. Трудности классической теории проводимости металлов. Работа сил сопротивления. Джоулево тепло. Работа и мощность тока. Распределение зарядов на поверхности прямого провода с током. Измерительные приборы. Гальванометр, амперметр и вольтметр. Расчет шунтов и добавочных сопротивлений.

2. Замкнутая цепь. Сторонние силы, их необходимость. Напряжение, разность потенциалов и ЭДС. Падение напряжения. Правила Кирхгофа.

3. Ток в средах. Прохождение тока через электролиты. Законы электролиза. Ток в вакууме. Электронные лампы. Ток в газах. Виды разрядов. Ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимость,  $p$ - $n$  переход. Биполярный транзистор.

## **VI. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**

1. Магнитостатика, магнетики. Взаимодействие движущихся зарядов. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Сила Лоренца — фундаментальная сила в природе. Сила Ампера. Правило левой руки. Движение зарядов в магнитном поле. Циклотрон и синхрофазотрон. Масс-спектрограф. Закон Био — Савара. Теорема о циркуляции — аналог теоремы Гаусса в электростатике. Система единиц. Магнитные свойства вещества. Диа-, пара- и ферромагнетики. Домены, гистерезис, точка Кюри. Магнетизм — квантовое явление. Магнитный поток. Индуктивность замкнутой цепи — аналог емкости в электростатике. Индуктивность соленоида — аналог плоского конденсатора в электростатике. Тороидальная катушка.

2. Электромагнитная индукция. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Закон электромагнитной индукции. Электромагнитный рельсовый генератор и мотор. Демонстрация сторонних сил, напряжения и разности потенциалов на источнике. Рамка в магнитном поле. Электромагнитный вольтметр и амперметр. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле — поле без зарядов-источников. Самоиндукция. Энергия магнитного

поля. Взаимоиндукция. Двигатели и генераторы постоянного тока. Относительность электрического и магнитного полей. Энергия катушки. Энергия магнитного поля. Катушка как элемент схем. ЭДС в катушке и напряжение на ней. Задачи: 1—L, R-L, L-L, C-L. Электромеханические аналогии. Взаимная индукция. Коэффициенты взаимной индукции.

## **VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ**

1. Механические колебания. Уравнение малых свободных колебаний около положения устойчивого равновесия, его решение — гармонические колебания. Амплитуда, фаза, период, частота. Начальные условия. Векторное сложение колебаний. Полная энергия. Превращение энергии. Динамический и энергетический подход к решению задач о колебаниях. Амплитуда колебаний скорости и ускорения. Параметрический резонанс. Математический маятник, груз на пружине, более сложные системы. Затухание колебаний. Добротность колебательной системы.

2. Электрические колебания. Колебательный контур. Свободные колебания в контуре. Превращение энергии в контуре. Формула Томсона. Источник ЭДС в контуре. Затухающие колебания. Добротность контура. Параметрический резонанс.

3. Вынужденные колебания. Генератор переменного тока. Активное, емкостное, индуктивное сопротивления. Закон Ома для цепи переменного тока. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение тока и напряжения. Резонанс напряжений и токов. Расчет цепей переменного тока с помощью векторных диаграмм. Трехфазный ток. Асинхронный двигатель. Включение нагрузки в трехфазную сеть. Трансформатор. Передача электроэнергии на большие расстояния.

## **VIII. ВОЛНЫ**

1. Механические волны. Начала акустики. Поперечные и продольные волны — упругость среды на сдвиг и сжатие. Кинематика волны. Описание движения сплошной среды. Гармонические волны. Длина волны. Связь длины волны со скоростью ее распространения и частотой. Волновое число. Плоские и сферические волны. Наложение волн. Стоячая волна. Динамика волны. Перенос энергии и импульса. Баланс энергий в бегущей и стоячей волне. Интенсивность. Импеданс. Отражение волн. Волновое уравнение. Скорость волн. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости. Эффект Доплера. Звуковые волны. Скорость звука в идеальном газе. Громкость и высота звука. Эхо. Акустический резонанс. Ультразвук. Инфразвук. Генерация звука.

2. Электромагнитные волны. Введение тока смещения в закон циркуляции магнитного поля. Полная система уравнений Максвелла. Электромагнитные волны — решение уравнений Максвелла. Поперечность электромагнитных волн. Скорость распространения электромагнитных волн. Независимость ее от системы отсчета — крах преобразований Галилея. Относительность одновременности — начало теории относительности. Изменение хода часов. Преобразование Лоренца. Изменение масштабов. Кинематика СТО. Плоские и сферические электромагнитные волны. Виды поляризации электромагнитных волн. Плотность и поток энергии в электромагнитной волне. Отражение и преломление электромагнитных волн. Интерференция электромагнитных волн. Векторные диаграммы для амплитуды в точке. Дисперсия среды. Рассеяние электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Принцип радиотелефонной связи. Начала радиотехники: простейшие приемник и генератор. Модуляция и демодуляция электромагнитных волн.

## **IX. ОПТИКА**

1. Физическая оптика. Распространение волн. Принцип Гюйгенса. Вывод законов преломления и отражения волн из принципа Гюйгенса. Интерференция волн. Условия максимума и минимума. Временная и пространственная когерентность. Интерференция в пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Кольца Ньютона. Принцип Гюйгенса — Френеля. Отражение и преломление волн. Дифракция. Зоны Френеля. Зонная пластинка. Линза. Дифракционная решетка. Разрешающая способность. Критерий Релея. Поляризация света. Угол Брюстера.

2. Геометрическая оптика. Фотометрия. Геометрическая оптика — предельный случай волновой оптики. Сохранение линзой фазовых соотношений. Луч. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления света. Полное отражение. Свойства плоских, параболических, эллиптических и гиперболических зеркал. Действительные и мнимые изображения и источники. Параксиальная оптика. Тонкая линза. Вывод формулы тонкой линзы из закона преломления. Ход лучей в линзе. "Идеальная линза". Существование изображения. Отличия от реальной линзы. Вывод формулы "идеальной" линзы. Формула Ньютона. Линейное и угловое увеличение. Продольное увеличение. Построение изображений. Многолинзовые системы. Оптические приборы: телескоп, микроскоп, лупа, зрительная труба. Фотометрия. Энергетические и световые единицы. Световой поток. Сила света. Освещенность.

## **X. АТОМЫ И КВАНТЫ. ФИЗИКА ЯДРА. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ**

1. Фотоэффект и его закономерности. Фотон Эйнштейна. Уравнение фотоэффекта. Эффект Комптона. Явления, подтверждающие сложность атома. Модель атома Резерфорда. Спектральный анализ и трудности теории Бора. Гипотеза де Бройля и понятие о квантовой механике. Эффект Мессбауэра.

2. Состав ядра. Изотопы. Ядерные силы. Ядерные реакции. Энергия связи ядер. Радиоактивность. Искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Реакция деления и синтеза. Современное состояние физики элементарных частиц.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Соцкий. Физика. 11 класс. Учебник. - М.: Просвещение, 2011.
2. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин. Физика. 10 класс. Учебник. - М.: Просвещение, 2011.
3. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл.: Учебник для угл.изучения физики – М.; Дрофа, 2005.
4. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика 10-11 кл.: Учебник для угл.изучения физики: 3-е изд. – М.; Дрофа, 2015.
5. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Механика. 10 кл.: Учебник для угл.изучения физики: 3-е изд. – М.; Дрофа, 2005.
6. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Колебания и волны. 11 кл.: Учебник для угл.изучения физики: 2-е изд. – М.; Дрофа, 2015.

7. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Оптика. Квантовая физика. 11 кл.: Учебник для угл.изучения физики. – М.; Дрофа, 2014.
8. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике 10 - 11 классы : 13-е изд. - М.; Дрофа, 2014.
9. Н.И. Гольдфарб. Физика. Задачник. 9 – 11 классы. – М.: Дрофа, 2015.
10. Н.А. Парфентьева, М.В. Фомина. Правильные решения задач по физике. - М.: Мир, 2006.
11. С.И Кашина, Ю.И. Сезонов. Сборник задач по физике. – М.: Высшая школа, 1996.
12. О.И. Громцева. Физика. Полный курс А.В.С. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ. - М.: Экзамен, 2013.
13. Л.В. Тарасов, А.Н. Тарасова. Готовимся к экзамену по физике. - М.: ОНИКС, Мир и Образование, 2007.
14. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цветинская Т.С. Задачник по физике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.