

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II»**



ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ГРАНИТ НАУКИ»

ФИЗИКА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
К ОТБОРОЧНОМУ ТУРУ ОЛИМПИАДЫ
2024/2025 ГОДА**

Ф И З И К А

Отборочный тур олимпиады школьников «Гранит науки» по профилю «Естественные науки» (предмет олимпиады – физика) проходит с использованием интернет-технологий (заочно).

Каждый вариант олимпиадной работы отборочного тура включает в себя задания, предполагающие подготовленность участников олимпиады в соответствии с Кодификатором элементов содержания по физике 2020 года, помещенному на сайте ФГБ НУ «Федеральный институт педагогических измерений» <http://www.fipi.ru>.

В олимпиадные задания отборочного тура включены элементы содержания из следующих разделов (тем) курса физики.

- **Механика.** (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны).
- **Молекулярная физика. Термодинамика. Гидростатика.** (молекулярно-кинетическая теория, законы идеального газа, законы термодинамики, гидростатика).
- **Электростатика.** (электростатическое поле, проводники и диэлектрики, постоянный ток, энергия системы зарядов и электрического поля).
- **Электромагнетизм. Оптика и Квантовая физика** (магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, основы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра).

Для конструирования вариантов олимпиадной работы отборочного тура использованы различные способы представления информации в текстах заданий (графики, таблицы, схемы и схематические рисунки). Содержательные элементы представлены в каждом варианте заданиями, различающимися по уровню сложности и форме выполнения.

Первый блок содержит тестовые задания с выбором правильного ответа из четырех представленных. Второй блок содержит тестовые задания с открытым ответом в виде числового значения и единиц искомой физической величины.

Для выполнения этих заданий участникам олимпиады необходим повышенный уровень подготовки, умение использовать в рамках задачи более двух физических законов, относящихся к одной или нескольким темам, комбинировать известные алгоритмы действий.

Третий блок содержит расчётные задания высокого уровня сложности, позволяющие оценить способность участников олимпиады применять свои знания и умения в сложных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности мышления, творческих способностей, более глубоких знаний и смекалки.

На задания из третьего блока необходим краткий ответ в виде числового значения и единиц искомой физической величины.

Участник олимпиады получает индивидуальный вариант олимпиадной работы отборочного этапа, состоящий из 25 заданий: десять задач из первого блока заданий, десять задач из второго блока заданий; пять задач из третьего блока заданий.

Каждое задание оценивается в зависимости от уровня его сложности и правильности полученного результата. Баллы, полученные участником олимпиады за выполненные задания, суммируются.

РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ТЕМЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ЗАДАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ОТБОРОЧНОГО ТУРА 2024

Раздел 1. Механика

1.1. КИНЕМАТИКА

1.1.1. Механическое движение и его виды. Относительность механического движения. Система отсчета.

1.1.2. Материальная точка и ее радиус-вектор. Траектория, перемещение, путь. Сложение перемещений.

- 1.1.3. Скорость материальной точки. Сложение скоростей.
- 1.1.4. Ускорение материальной точки.
- 1.1.5. Равномерное прямолинейное движение.
- 1.1.6. Равноускоренное прямолинейное движение.
- 1.1.7. Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом α к горизонту.
- 1.1.8. Движение точки по окружности. Линейная и угловая скорость точки соответственно. Центростремительное ускорение.
- 1.1.9. Твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердого тела.

1.2 ДИНАМИКА

- 1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.
- 1.2.2. Масса тела. Плотность вещества.
- 1.2.3. Сила. Принцип суперпозиции сил.
- 1.2.4. Второй и третий законы Ньютона.
- 1.2.5. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты над поверхностью планеты. Вес тела. Невесомость.
- 1.2.6. Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость. Вторая космическая скорость.
- 1.2.7. Сила упругости. Закон Гука.
- 1.2.8. Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения. Сила трения покоя. Коэффициент трения.
- 1.2.9. Давление.

1.3. СТАТИКА

- 1.3.1. Момент силы относительно оси вращения.
- 1.3.2. Условия равновесия твердого тела.

4. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

- 1.4.1. Импульс материальной точки. Импульс системы тел.
- 1.4.2. Закон изменения и сохранения импульса.
- 1.4.3. Работа силы. Мощность силы.
- 1.4.4. Кинетическая энергия материальной точки. Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек.
- 1.4.5. Потенциальная энергия для потенциальных сил. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.
- 1.4.6. Закон изменения и сохранения механической энергии.
- 1.4.9. Закон сохранения механической энергии.

1.5. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- 1.5.1. Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний. Кинематическое, динамическое и энергетическое (закон сохранения механической энергии) описание. Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения.
- 1.5.2. Период и частота колебаний.
- 1.5.3. Период малых свободных колебаний математического и пружинного маятника.
- 1.5.4. Вынужденные колебания. Резонанс.
- 1.5.5. Поперечные и продольные волны. Скорость, распространения и длина волны.

Раздел 2. Молекулярная физика. Термодинамика

2.1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

- 2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел.
- 2.1.2. Тепловое движение атомов и молекул вещества.
- 2.1.3. Взаимодействие частиц вещества. Диффузия. Броуновское движение.

2.1.4. Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом.

2.1.5. Абсолютная температура. Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц.

2.1.6. Модель идеального газа в термодинамике.

2.1.7. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа.

2.1.8. Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов.

2.1.9. Изопроцессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный процессы.

2.1.10. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, плавление и кристаллизация, кипение жидкости. Преобразование энергии в фазовых переходах.

2.2. ТЕРМОДИНАМИКА

2.2.1. Тепловое равновесие и температура.

2.2.2. Внутренняя энергия.

2.2.3. Теплопередача.

2.2.4. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Удельная теплота парообразования. Удельная теплота плавления. Удельная теплота сгорания топлива.

2.2.5. Элементарная работа в термодинамике. Вычисление работы по графику процесса на pV -диаграмме.

2.2.6. Первый закон термодинамики.

2.2.7. Второй закон термодинамики.

2.2.8. Принципы действия и КПД тепловой машины. Цикл Карно.

2.2.9. Уравнение теплового баланса.

2.3. ГИДРОСТАТИКА

2.3.1. Закон Паскаля. Сообщающиеся сосуды.

2.3.2. Давление в жидкости, покоящейся в ИСО. Гидравлический пресс.

2.3.3. Закон Архимеда. Условия плавания тел.

Раздел 3. Электростатика

3.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

3.1.1. Электризация тел. Электрический заряд. Два вида заряда. Закон сохранения электрического заряда.

3.1.2. Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона.

3.1.3. Электрическое поле. Его действие на электрические заряды.

3.1.4. Напряженность электрического поля. Поле точечного заряда. Однородное поле. Картины линий поля.

3.1.5. Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов и напряжение. Связь напряженности поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля.

3.1.6. Принцип суперпозиции электрических полей.

3.1.7. Проводники в электростатическом поле.

3.1.8. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества.

3.1.9. Конденсатор. Емкость конденсатора. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.

3.1.10. Энергия заряженного конденсатора.

3.2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

3.2.1. Постоянный электрический ток. Сила тока.

3.2.2. Напряжение и электродвижущая сила (ЭДС).

3.2.3. Закон Ома для участка цепи.

3.2.4. Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление вещества.

3.2.5. Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

3.2.6. Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи.

3.2.7. Параллельное и последовательное соединение проводников.

- 3.2.8. Работа электрического тока. Закон Джоуля – Ленца.
- 3.2.9. Мощность электрического тока. Тепловая мощность, выделяемая на резисторе. Мощность источника тока.
- 3.2.10. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах.

Раздел 4. Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика

4.1. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- 4.1.1. Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей. Линии магнитного поля.
- 4.1.2. Магнитное поле проводника с током.
- 4.1.3. Сила Ампера.
- 4.1.4. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.

4.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

- 4.2.1. Поток вектора магнитной индукции.
- 4.2.2. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея.
- 4.2.3. Правило Ленца.
- 4.2.4. Индуктивность.
- 4.2.5. Самоиндукция. ЭДС самоиндукции.
- 4.2.6. Энергия магнитного поля катушки с током.

4.3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- 4.3.1. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания. Формула Томсона. Закон сохранения энергии в колебательном контуре.
- 4.3.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс.
- 4.3.3. Гармонические электромагнитные колебания.
- 4.3.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии.
- 4.3.5. Электромагнитное поле. Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме. Шкала электромагнитных волн.

4.4. ОПТИКА

- 4.4.1. Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света.
- 4.4.2. Закон отражения света.
- 4.4.3. Построение изображений в плоском зеркале.
- 4.4.4. Закон преломления света. Абсолютный показатель преломления. Относительный показатель преломления. Ход лучей в призме. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред.
- 4.4.5. Полное внутреннее отражение.
- 4.4.6. Собирающие и рассеивающие линзы. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы.
- 4.4.7. Формула тонкой линзы. Увеличение, даваемое линзой. Построение изображений в линзах.
- 4.4.8. Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система.
- 4.4.9. Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников.
- 4.4.10. Дифракция света. Дифракционная решетка. Условия наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света.
- 4.4.11. Дисперсия света.

4.5. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

- 4.5.1. Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка.
- 4.5.2. Фотоны. Энергия, импульс и масса фотона.
- 4.5.3. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

4.6. ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

- 4.6.1. Планетарная модель атома.
- 4.6.2. Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой.
- 4.6.3. Линейчатые спектры.
- 4.6.4. Нуклонная модель ядра. Заряд.
ядра. Массовое число ядра. Изотопы. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы.
Дефект массы ядра.
- 4.6.5. Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Электронный β -распад. Позитронный β -распад. Гамма-излучение. Закон радиоактивного распада.

СТРУКТУРА ВАРИАНТА ЗАДАНИЙ ОЛИМПИАДНОЙ РАБОТЫ ОТБОРОЧНОГО ТУРА

Общая база включает три блока заданий из всех, указанных выше, разделов курса физики.
Каждый блок заданий состоит из четырех частей

Часть 1. Кинематика. Динамика. Статика. Законы сохранения в механике. Механические колебания и волны.

Часть 2. Молекулярно-кинетическая теория. Законы идеального газа. Законы термодинамики. Гидростатика.

Часть 3. Электростатическое поле, проводники и диэлектрики, постоянный ток, энергия системы зарядов и электрического поля.

Часть 4. Магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны. Оптика. Фотоны. Физика атома. Физика атомного ядра.

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ И ИХ РЕШЕНИЯ ИЗ ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЙ ПРОШЛЫХ ЛЕТ.

Пример 1

Уравнения движения двух материальных точек имеют вид: $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$ - для первой точки и $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ - для второй. Определите в какой момент времени скорости точек сравниваются, если $A_1 = 5\text{ м}$, $B_1 = 2\text{ м/с}$, $C_1 = 3\text{ м/с}^2$, $A_2 = 1\text{ м}$, $B_2 = -0,5\text{ м/с}$, $C_2 = 0,5\text{ м/с}^2$. Найти ускорения точек через 5 секунд после начала движения.

Дано:

$$x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$$

$$x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$$

$$A_1 = 5\text{ м},$$

$$B_1 = 2\text{ м/с}, C_1 = 3\text{ м/с}^2,$$

$$A_2 = 1\text{ м},$$

$$B_2 = -0,5\text{ м/с}, C_2 = 0,5\text{ м/с}^2$$

Найти: $t = ?$ (при $v_1 = v_2$)

$$a_1 = ? a_2 = ?$$

Решение:

Для определения скорости и ускорения в определенный момент времени необходимо определить мгновенные их мгновенные значения.

Первая производная координаты по времени и есть проекция мгновенной скорости. Для v_1 и v_2 получим выражения:

$$\vec{v} = \frac{dx_1}{dt} = B_1 + 2C_1t, \quad (1)$$

$$\vec{v} = \frac{dx_2}{dt} = B_2 + 2C_2t \quad (2)$$

Для того чтобы найти нужный момент времени t (при $v_1 = v_2$) приравняем правые части уравнений (1) и (2).

$$B_1 + 2C_1t = B_2 + 2C_2t$$

Откуда получим

$$t = \frac{B_1 - B_2}{2(C_1 - C_2)} = \frac{2 - (-0,5)}{2(3 - 0,5)} = 0,5\text{ с} \quad (3)$$

Мгновенные ускорения найдем как первую производную по скорости от времени:

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt} = 2C_1 \text{ и } a_2 = \frac{dv_2}{dt} = 2C_2 \quad (4) \text{ и } (5)$$

По уравнениям (4) и (5) видно, что ускорения не зависят от времени. Подставим значения в эти уравнения

$$a_1 = 2C_1 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = 2C_2 = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $t = 0,5 \text{ с}$, $a_1 = 6 \text{ м/с}^2$, $a_2 = 1 \text{ м/с}^2$

Пример 2

Строители поднимают груз на крышу с помощью стальной проволоки некоторого диаметра, которая выдерживает силу натяжения до 3,5 кН. С каким наибольшим ускорением можно поднимать груз массой 0,3 тонны, чтобы проволока не разорвалась.

Дано:

$$T = 3,5 \text{ кН} = 3500 \text{ Н}$$

$$m = 0,3 \text{ т} = 300 \text{ кг}$$

Найти:

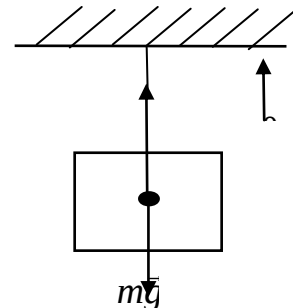
$$a = ?$$

Решение:

Запишем второй

закон Ньютона в векторной форме

(согласно силам расставленным на чертеже):



$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Проецируем данные силы на вертикальную ось, принимая за «положительное» направление ускорения:

$$T - mg = ma$$

(1)

Из уравнения (1) выражаем и считаем ускорение:

$$a = \frac{T - mg}{m} = \frac{3500 - 300 \cdot 9,8}{300} = 1,87 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 1,87 \text{ м/с}^2$

Пример 3

Какова будет масса воздуха в помещении при атмосферном давлении и температуре $T = 290 \text{ К}$? Высота потолков в помещении составляет 5 м, а площадь 200 м^2 . Молярная масса воздуха $\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$.

Дано:

$$T = 290 \text{ К}$$

$$p = 10^5 \text{ Па}$$

$$h = 5 \text{ м}$$

$$S = 200 \text{ м}^2$$

$$\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$$

Решение:

Запишем уравнение Клайперона-Менделеева:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

(1)

Объем комнаты можно посчитать:

$$V = hS$$

Найти:

(2)

$$m = ?$$

Подставляем (2) в (1) и выражаем массу

воздуха:

$$m = \frac{phS\mu}{RT} = \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 200 \cdot 0,029}{8,31 \cdot 290} = 1203 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 1203 \text{ кг}$

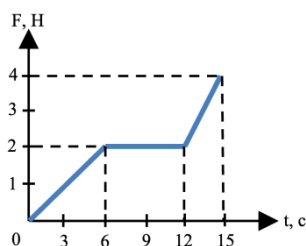
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Материальная точка совершает вращательное движение по окружности. Через время равное полутора периодам перемещение точки оказалось равным 6 метрам. Чему равен путь, пройденный телом?

1. 3π м. 2. 6π м. 3. 9π м. 4. 12π м.

Ответ: 3

2. Сила некоторого тела выражается функцией $F=f(t)$, график зависимости которой показан на графике. Чему будет равно изменение импульса на участке, где сила постоянна?



1. 18 кг·м/с. 2. 6 кг·м/с. 3. 12 кг·м/с. 4. 24 кг·м/с.

Ответ: 3

3. Вращая ручку регулировки тока на источнике питания, студент повысил силу тока с двух до восьми ампер. Он медленно поворачивал её в течение трех секунд. Какое количество заряда прошло через проводник за это время?

1. 9 Кл 2. 15 Кл 3. 18 Кл 4. 30 Кл

Ответ: 2

4. В цепи, состоящей из источника тока и резистора, сила тока равна 0,25 А. Определите падение потенциала внутри источника тока, если сопротивление резистора 7,5 Ом. В режиме холостого хода вольтметр показывает на источнике 2 В.

1. 0,125 В 2. 0,150 В 3. 0,180 В 4. 0,250 В

Ответ: 1

5. Звуковая волна распространяется в упругой среде со скоростью 300 м/с. Чему равно наименьшее расстояние между точками среды, совершающими колебания в противоположных фазах, если частота колебаний равна 3000 мин⁻¹.

1. 0,1 м 2. 1 м 3. 3 м 4. 6 м

Ответ: 3

6. Камень для керлинга массой 20 кг, находится на льду в центре мишени. Камень команды соперников попадает по камню центральным абсолютно упругим ударом и передает ему импульс равный 12 кг·м/с. На какое расстояние откатится камень, если коэффициент трения камня о лед равен 0,015. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1,2 м.

7. Амплитуда незатухающих колебаний небольшого грузика пружинного маятника в вертикальной оси составляет 3 мм. Частота его колебаний 5 Гц. Какой путь пройдет груз за 45 с? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2,7 м

8. Колебательный LC-контур состоит из катушки индуктивности, конденсатора ёмкостью 20 мкФ и ключа. Заряд, содержащийся на конденсаторе, при разомкнутой цепи составляет 5 мКл. Чему равна индуктивность катушки, если после замыкания ключа максимальный ток в контуре равен 2 А? Ответ дать с точностью до десятых мГн.

Ответ: 312,5 мГн

9. В прямом оптическом волокне длиной 126 м луч света, движущийся прямолинейно в течение всего пути, преодолевает его за 840 нс. Какой путь пройдет свет, если всегда будет падать на границу раздела волокно-воздух под углом полного внутреннего отражения?

Ответ: 252 м.

10. Красная граница фотоэффекта наблюдается для некоторого материала при длине волны падающего свет 234 нм. Какое понадобится время фотоэлектрону чтобы долететь от фотокатода к аноду, если расстояние между ними 7 мм, а падающей свет будет иметь длину волны 100 нм? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Ответ дайте в виде числа, умноженного на 10^6 , округленного до десятых.

Ответ: 1,6.

Составители

доц. кафедры Общей и технической физики,

к.ф.-м.н., *А.С. Иванов,*

доц. кафедры Общей и технической физики,

к.ф.-м.н., *М.Ю. Кожокаръ*