



Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки  
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических  
измерений»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
обучающимся  
по организации индивидуальной  
подготовки к ЕГЭ 2020 года**

**ФИЗИКА**

Москва, 2020

Авторы-составители: М.Ю. Демидова, В.А. Грибов

Методические рекомендации предназначены для обучающихся 11 классов, планирующих сдавать ЕГЭ 2020 года по физике. Методические рекомендации содержат советы разработчиков контрольных измерительных материалов ЕГЭ и полезную информацию для организации индивидуальной подготовки к ЕГЭ. В рекомендациях описана структура и содержание контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2020 года, приведён индивидуальный план подготовки к экзамену, указаны темы, на освоение / повторение которых целесообразно обратить особое внимание. Даны рекомендации по выполнению разных типов заданий, работе с открытым банком заданий ЕГЭ и другими дополнительными материалами, полезные ссылки на информационные материалы ФИПИ и Рособнадзора.

## Дорогие друзья!

Скоро вам предстоит сдать единый государственный экзамен (ЕГЭ) по физике. Ваша основная задача – показать хорошую подготовку и получить возможность поступить в выбранный Вами вуз. Данные рекомендации помогут Вам в подготовке к экзамену.

Вариант экзаменационной работы ЕГЭ по физике состоит из двух частей и включает в себя 32 задания. Часть 1 содержит 24 задания с кратким ответом, в том числе задания с самостоятельной записью ответа в виде числа, двух чисел или слова, а также задания на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. Часть 2 содержит восемь заданий, объединённых общим видом деятельности – решение задач. Из них два задания с кратким ответом (25 и 26) и шесть заданий (27–32), для которых необходимо привести развёрнутый ответ.

В экзаменационной работе контролируются элементы содержания из следующих разделов и тем курса физики.

- 1) *Механика* (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны).
- 2) *Молекулярная физика* (молекулярно-кинетическая теория, термодинамика).
- 3) *Электродинамика и основы СТО* (электрическое поле, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, основы СТО).
- 4) *Квантовая физика и элементы астрофизики* (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра, элементы астрофизики).

В работу включены задания трёх уровней сложности. Задания базового уровня включены в часть 1 работы. Это простые задания, проверяющие усвоение наиболее важных физических понятий, моделей, явлений и законов, а также знаний о свойствах космических объектов. Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяет оценить степень подготовленности участника экзамена к продолжению образования в вузе. Задания повышенного уровня распределены между первой и второй частями экзаменационной работы. Последние четыре задачи части 2 являются заданиями высокого уровня сложности.

Часть 1 экзаменационной работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. Первый блок содержит 21 задание, которые группируются исходя из тематической принадлежности: 7 заданий по механике, 5 заданий по МКТ и термодинамике, 6 заданий по электродинамике и 3 – по квантовой физике.

Группа заданий по каждому разделу начинается с заданий с самостоятельной формулировкой ответа в виде числа, двух чисел или слова, затем идёт задание на множественный выбор (двух верных ответов из пяти предложенных), а в конце – задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами, в которых ответ записывается в виде набора из двух цифр.

Задания на множественный выбор и на соответствие – двухбалльные и могут конструироваться на любых элементах содержания по данному разделу. В одном и том же варианте все задания, относящиеся к одному разделу, будут проверять разные элементы содержания и относиться к разным темам данного раздела.

В тематических разделах по механике и по электродинамике представлены все три типа этих заданий, в разделе по молекулярной физике – два задания (одно из них на множественный выбор, а второе – либо на изменение физических величин в процессах, либо на соответствие), в разделе по квантовой физике – только одно задание на изменение физических величин или на соответствие.

В конце первой части предлагаются два задания базового уровня сложности, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. Задание 22 с использованием фотографий или рисунков измерительных приборов оценивает умение записывать показания приборов при измерении физических величин с учётом абсолютной погрешности измерений. Задание 23 проверяет умение выбирать оборудование для проведения опыта по заданной гипотезе. Завершает часть 1 задание по астрономии на выбор нескольких утверждений из пяти предложенных.

Вторая часть работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы и наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. Эта часть КИМ состоит из восьми различных задач: семи расчётных и одной качественной задачи. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике, 3 задачи по электродинамике, 1 задача по квантовой физике.

Задания 25 и 26 – это расчётные задачи с кратким ответом. Задание 25 по молекулярной физике или электродинамике, а задача 26 – по квантовой физике.

Далее идут задания с развёрнутым ответом. Задание 27 – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. Качественная задача может быть по любому из разделов курса физики. Задание 28 – по механике или по молекулярной физике. На позиции 29 всегда находится задача по механике, на позиции 30 – по МКТ и термодинамике, на позиции 31 – по электродинамике, а 32 – также по электродинамике (преимущественно по оптике).

Как правило, в одном варианте в разных заданиях не используются одинаковые не слишком значимые содержательные элементы (например, закон Архимеда), но применение фундаментальных законов сохранения может встретиться в двух-трёх задачах.

В заданиях повышенного уровня сложности (25, 26 и 28) предлагаются типовые расчётные задачи, которые часто встречаются в школьных сборниках задач. Практически все сюжеты этих задач встречаются в Открытом банке заданий ЕГЭ, размещённом на сайте ФГБНУ «ФИПИ» [www.fipi.ru](http://www.fipi.ru).

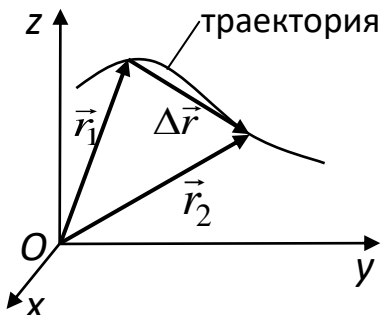
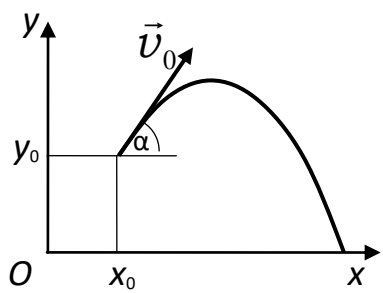
Для расчётных задач высокого уровня сложности (29–32) необходим анализ всех этапов решения. Здесь используются изменённые ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, числом законов и формул, вводить дополнительные обоснования в процессе решения, или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в сборниках задач и предполагают серьёзную работу по анализу физических процессов и самостоятельному выбору способа решения задачи.

При подготовке к экзамену в процессе повторения теоретического материала целесообразно использовать приведённую ниже таблицу, сделанную на основе Кодификатора элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике в 2020 году<sup>1</sup>. В таблицу включены все элементы содержания, которые будут проверяться в КИМ текущего года.

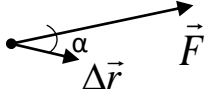
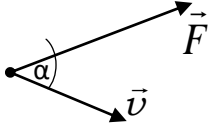
---

<sup>1</sup> На сайте ФГБНУ «ФИПИ» в соответствующем разделе или по ссылке <http://fipi.ru/materials> размещены демоверсии КИМ ЕГЭ. В архиве с материалами по физике, помимо демонстрационного варианта КИМ по физике, присутствуют Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике и Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения единого государственного экзамена по физике.

Таблица 1

№	Элементы содержания	Пройдено	Необходимо изучить / повторить
<b>МЕХАНИКА</b>			
<b>КИНЕМАТИКА</b>			
1	Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета		
2	<p>Материальная точка. Ее радиус-вектор: <math>\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))</math>, траектория, перемещение: <math>\Delta\vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)</math> , путь. Сложение перемещений: <math>\Delta\vec{r}_1 = \Delta\vec{r}_2 + \Delta\vec{r}_0</math></p> 		
3	<p>Скорость материальной точки: <math display="block">\vec{v} = \left. \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z)</math> <math display="block">v_x = \left. \frac{\Delta x}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t</math>, аналогично <math>v_y = y'_t, v_z = z'_t</math> Сложение скоростей: <math>\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0</math> Вычисление проекции перемещения <math>\Delta x</math> по графику зависимости <math>v_x(t)</math></p>		
4	<p>Ускорение материальной точки: <math>\vec{a} = \left. \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z)</math>, <math display="block">a_x = \left. \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t</math>, аналогично <math>a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t</math></p>		
5	<p>Равномерное прямолинейное движение: <math display="block">x(t) = x_0 + v_{0x}t</math> <math display="block">v_x(t) = v_{0x} = \text{const}</math></p>		
6	<p>Равноускоренное прямолинейное движение: <math display="block">x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}</math> <math display="block">v_x(t) = v_{0x} + a_x t</math> <math display="block">a_x = \text{const}</math> <math display="block">v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)</math></p>		
7	<p>Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту:</p>  $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \\ \begin{cases} v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \\ \begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases} \end{cases} \end{cases}$		

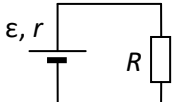
8	<p>Движение точки по окружности.          Линейная и угловая скорость точки соответственно: <math>v = \omega R</math>,  <math>\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu</math>.</p> <p>Центростремительное ускорение точки: <math>a_{цс} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R</math></p>		
9	Твёрдое тело. Поступательное и вращательное движение твёрдого тела		
<b>ДИНАМИКА</b>			
1	Инерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона. Принципы относительности Галилея		
2	Масса тела. Плотность вещества: $\rho = \frac{m}{V}$		
3	Сила. Принцип суперпозиции сил: $\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$		
4	Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО $\vec{F} = m\vec{a}$ ; $\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$ при $\vec{F} = const$		
5	Третий закон Ньютона для материальных точек: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$		
6	Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты $h$ над поверхностью планеты радиусом $R_0$ : $mg = \frac{GMm}{(R_0 + h)^2}$		
7	Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость: $v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ Вторая космическая скорость: $v_{2к} = \sqrt{2}v_{1к} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}$		
8	Сила упругости. Закон Гука: $F_x = -kx$		
9	Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения: $F_{тр} = \mu N$ Сила трения покоя: $F_{тр} \leq \mu N$ Коэффициент трения		
10	Давление: $p = \frac{F_{\perp}}{S}$		
<b>СТАТИКА</b>			
1	Момент силы относительно оси вращения: $M = Fl$ , где $l$ – плечо силы $\vec{F}$ относительно оси, проходящей через точку $O$ перпендикулярно рисунку		
	Условия равновесия твёрдого тела в ИСО: $\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$		
2	Закон Паскаля		
3	Давление в жидкости, покоящейся в ИСО: $p = p_0 + \rho gh$		

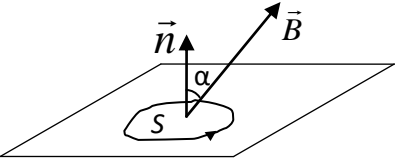
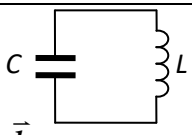
4	<p>Закон Архимеда: <math>\vec{F}_{\text{Арх}} = -\vec{P}_{\text{вытесн.}}</math>.</p> <p>Если тело и жидкость покоятся в ИСО, то <math>F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн.}}</math>.</p> <p>Условие плавания тел</p>		
<b>ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ</b>			
1	Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$		
2	Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$		
3	<p>Закон изменения и сохранения импульса:</p> <p>в ИСО <math>\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}} \Delta t + \dots</math></p> <p>в ИСО <math>\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = 0</math>, если</p> $\vec{F}_{1\text{внешн}} + \vec{F}_{2\text{внешн}} + \dots = 0$		
4	<p>Работа силы: на малом перемещении</p> $A =  \vec{F}  \cdot  \Delta\vec{r}  \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x$		
5	<p>Мощность силы:</p> $P = \left. \frac{\Delta A}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$		
6	<p>Кинетическая энергия материальной точки: <math>E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}</math>.</p> <p>Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек:</p> <p>в ИСО <math>\Delta E_{\text{кин}} = A_1 + A_2 + \dots</math></p>		
7	<p>Потенциальная энергия:</p> <p>для потенциальных сил <math>A_{12} = E_{1\text{потенц}} - E_{2\text{потенц}} = -\Delta E_{\text{потенц}}</math></p> <p>Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести:</p> $E_{\text{потенц}} = mgh$ <p>Потенциальная энергия упруго деформированного тела: <math>E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}</math></p>		
8	<p>Закон изменения и сохранения механической энергии:</p> $E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$ <p>в ИСО <math>\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}</math></p> <p>в ИСО <math>\Delta E_{\text{мех}} = 0</math>, если <math>A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0</math></p>		
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>			
1	<p>Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний.</p> <p>Кинематическое описание:</p> $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$ $v_x(t) = x_t',$ $a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 x(t).$ <p>Динамическое описание:</p> $ma_x = -kx, \text{ где } k = m\omega^2$ <p>Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии):</p> $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}$ <p>Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения:</p> $v_{\text{max}} = \omega A, \quad a_{\text{max}} = \omega^2 A$		
2	<p>Период и частота колебаний: <math>T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}</math></p> <p>Период малых свободных колебаний математического маятника:</p>		

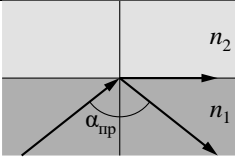
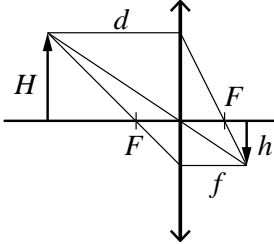
	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ Период свободных колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$		
3	Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая		
4	Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длина волны: $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$		
5	Звук. Скорость звука		
<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА</b>			
<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</b>			
1	Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел		
2	Тепловое движение атомов и молекул вещества		
3	Взаимодействие частиц вещества		
4	Диффузия. Броуновское движение		
5	Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом		
6	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ):  $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$		
7	Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273 \text{ К}$		
8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц:  $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$		
9	Уравнение $p = nkT$		
10	Модель идеального газа в термодинамике: {Уравнение Менделеева – Клапейрона {Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$		
11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов:  $p = p_1 + p_2 + \dots$		
12	Изопрцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц $N$ (с постоянным количеством вещества $\nu$ ): изотерма ( $T = \text{const}$ ): $pV = \text{const}$ , изохора ( $V = \text{const}$ ): $\frac{p}{T} = \text{const}$ , изобара ( $p = \text{const}$ ): $\frac{V}{T} = \text{const}$ Графическое представление изопрцессов на $pV$ -, $pT$ - и $VT$ - диаграммах		
13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объёма насыщенного пара		
14	Влажность воздуха.  Относительная влажность: $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ. пара}}(T)}$		



15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости		
16	Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация		
17	Преобразование энергии в фазовых переходах		
<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>			
1	Тепловое равновесие и температура		
2	Внутренняя энергия		
3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение		
4	Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества $c$ : $Q = cm\Delta T$		
5	Удельная теплота парообразования $r$ : $Q = rm$ Удельная теплота плавления $\lambda$ : $Q = \lambda m$ Удельная теплота сгорания топлива $q$ : $Q = qm$		
6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ Вычисление работы по графику процесса на $pV$ -диаграмме		
7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ Адиабата: $Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$		
8	Второй закон термодинамики, необратимость		
9	Принципы действия тепловых машин. КПД: $\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} -  Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$		
10	Максимальное значение КПД. Цикл Карно $\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$		
11	Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$		
<b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>			
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ</b>			
1	Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда		
2	Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона: $F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$		
3	Электрическое поле. Его действие на электрические заряды		
4	Напряжённость электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}$  Поле точечного заряда: $E_r = k \frac{q}{r^2}$ ,  однородное поле: $\vec{E} = \text{const}$ Картины линий этих полей		
5	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов и напряжение. $A_{12} = q(\phi_1 - \phi_2) = -q\Delta\phi = qU$ Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле: $W = q\phi$  Потенциал электростатического поля: $\phi = \frac{W}{q}$  Связь напряженности поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля: $U = Ed$		
6	Принцип суперпозиции электрических полей: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \quad \phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$		

7	Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$ , внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$		
8	Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества $\epsilon$		
9	Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$  Электроёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$		
10	Параллельное соединение конденсаторов: $q = q_1 + q_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots$ Последовательное соединение конденсаторов: $U = U_1 + U_2 + \dots, q_1 = q_2 = \dots, \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$		
11	Энергия заряженного конденсатора: $W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$		
<b>ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b>			
1	Сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}$ . Постоянный ток: $I = \text{const}$ Для постоянного тока $q = It$		
2	Условия существования электрического тока. Напряжение $U$ и ЭДС $\mathcal{E}$		
3	Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$		
4	Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества: $R = \rho \frac{l}{S}$		
5	Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока: $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}$		
6	Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $\mathcal{E} = IR + Ir$ , откуда $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$		
7	Параллельное соединение проводников: $I = I_1 + I_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, \frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$ Последовательное соединение проводников: $U = U_1 + U_2 + \dots, I_1 = I_2 = \dots, R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots$		
8	Работа электрического тока: $A = IUt$ Закон Джоуля – Ленца: $Q = I^2 Rt$		
9	Мощность электрического тока: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = IU$ Тепловая мощность, выделяемая на резисторе: $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ Мощность источника тока: $P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta A_{\text{ст. сил}}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \mathcal{E}I$		
<b>МАГНИТНОЕ ПОЛЕ</b>			
1	Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots$ . Линии магнитного поля. Картина линий поля полосового и подковообразного постоянных магнитов		
2	Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий		

	поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током		
3	Сила Ампера, её направление и величина: $F_A = IBl \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$		
4	Сила Лоренца, её направление и величина: $F_{\text{Лор}} =  q vB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$ . Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле		
<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ</b>			
1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$		
2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции		
3	Закон электромагнитной индукции Фарадея: $\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_t$		
4	ЭДС индукции в прямом проводнике длиной $l$ , движущемся со скоростью $\vec{v}$ ( $\vec{v} \perp \vec{l}$ ) в однородном магнитном поле $\vec{B}$ : $ \mathcal{E}_i  = Blv \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{B}$ и $\vec{v}$ ; если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$ , то $ \mathcal{E}_i  = Blv$		
5	Правило Ленца		
	Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$ , или $\Phi = LI$ Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_t$		
6	Энергия магнитного поля катушки с током: $W_L = \frac{LI^2}{2}$		
<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>			
1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре: $\begin{cases} q(t) = q_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_t = \omega q_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$ Формула Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , откуда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ Связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока в колебательном контуре: $q_{\max} = \frac{I_{\max}}{\omega}$		
2	Закон сохранения энергии в колебательном контуре: $\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = const$		
3	Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$		
<b>ОПТИКА</b>			
1	Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света		
2	Законы отражения света.		
3	Построение изображений в плоском зеркале		
4	Законы преломления света. Преломление света: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$		

	<p>Абсолютный показатель преломления: <math>n_{\text{абс}} = \frac{c}{v}</math></p> <p>Относительный показатель преломления: <math>n_{\text{отн}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}</math></p> <p>Ход лучей в призме. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред: <math>v_1 = v_2</math>, <math>n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2</math></p>		
5	<p>Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения: <math>\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n_{\text{отн}}} = \frac{n_2}{n_1}</math></p>		
6	<p>Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: <math>D = \frac{1}{F}</math></p>		
7	<p>Формула тонкой линзы: <math>\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}</math></p> <p>Увеличение, даваемое линзой: <math>\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}</math></p>		
8	<p>Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах</p>		
9	<p>Дифракция света. Дифракционная решетка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны <math>\lambda</math> на решетку с периодом <math>d</math>: <math>d \sin \varphi_m = m \lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots</math></p>		
<b>ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>			
1	<p>Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна</p>		
2	<p>Энергия свободной частицы: <math>E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}</math></p> <p>Импульс частицы: <math>\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}</math></p>		
3	<p>Энергия покоя свободной частицы: <math>E_0 = mc^2</math></p>		
<b>КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>			
<b>КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ</b>			
1	<p>Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка: <math>E = h\nu</math></p>		
2	<p>Фотоны. Энергия фотона: <math>E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc</math></p> <p>Импульс фотона: <math>p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}</math></p>		
3	<p>Фотоэффект. Опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта</p>		
4	<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: <math>E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин max}}</math>,</p> <p>где <math>E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}</math>, <math>A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}</math>,</p>		

	$E_{\text{кин max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{зап}}$		
<b>ФИЗИКА АТОМА</b>			
1	Планетарная модель атома		
2	Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой: $h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} =  E_n - E_m $		
3	Линейчатые спектры. Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$ , $n = 1, 2, 3, \dots$		
<b>ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА</b>			
1	Нуклонная модель ядра Гейзенберга – Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы		
2	Радиоактивность. Альфа-распад: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$ Бета-распад. Электронный $\beta$ -распад: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}_e$ Позитронный $\beta$ -распад: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0e + \nu_e$ Гамма-излучение		
3	Закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$		
4	Ядерные реакции. Деление и синтез ядер		
<b>ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>			
1	Солнечная система: планеты земной группы и планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы		
2	Звёзды: разнообразие звёздных характеристик и их закономерности. Источники энергии звёзд		
3	Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звёзд		

Рассмотрим темы, на которые необходимо обратить особое внимание.

### Задания 1–7 по механике

В механике нужно обратить внимание на работу с графиками: определять поведение одной величины (перемещения, проекции ускорения и т.п.) по графику зависимости от времени для другой величины (проекции скорости и т.п.). Например, по графикам, аналогичным тому, что приведён на рис. 1, определять проекцию ускорения; по графикам, аналогичным тому, что приведён на рис. 2, узнавать вид графика для зависимостей проекции на ось  $Ox$  и модуля скорости, проекции и модуля ускорения, пути, перемещения, кинетической энергии от времени; по графикам, аналогичным тому, что приведён на рис. 3, определять знаки проекций скорости и ускорения тела на ось  $Ox$  в каждой из точек, проекций перемещения для каждого из участков, характера изменения (увеличивается, уменьшается и т.п.) ускорения и скорости на каждом из участков.

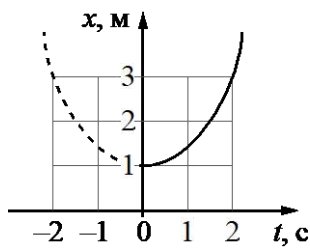


рис. 1

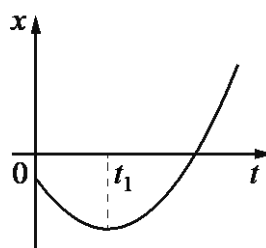


рис. 2

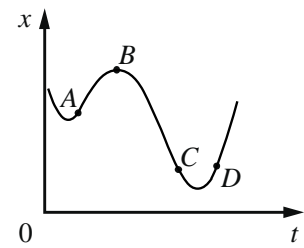


рис. 3

## Задания 8–12 по молекулярной физике

В термодинамике наиболее сложной является тема «Насыщенные и ненасыщенные пары». Нужно помнить, что давление насыщенного водяного пара при температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$  равно нормальному атмосферному давлению –  $100\text{ кПа}$ , а относительная влажность воздуха не может быть больше  $100\%$ , при относительной влажности воздуха, равной  $100\%$ , водяной пар в атмосфере становится насыщенным.

*Пример 1.*

*В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$  под давлением  $40\text{ кПа}$ . Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшит объём пара в 4 раза?*

Здесь первоначально пар является ненасыщенным, поскольку его давление равно  $40\text{ кПа}$ . При изотермическом уменьшении его объёма в  $2,5$  раза он станет насыщенным, и его давление будет равно  $100\text{ кПа}$ . При дальнейшем сжатии уже насыщенного пара его концентрация и давление будут оставаться неизменными, а часть пара будет конденсироваться.

*Пример 2.*

*Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна  $40\%$ . Во сколько раз необходимо уменьшить объём сосуда, чтобы водяной пар в нём стал насыщенным?*

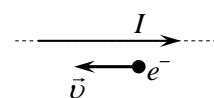
Первоначально пар в сосуде ненасыщенный, при уменьшении объёма сосуда будет увеличиваться давление пара и относительная влажность воздуха до тех пор, пока пар не станет насыщенным, а относительная влажность – равной  $100\%$ . Т.е., объём нужно уменьшить в  $2,5$  раза.

## Задания 13–18 по электродинамике

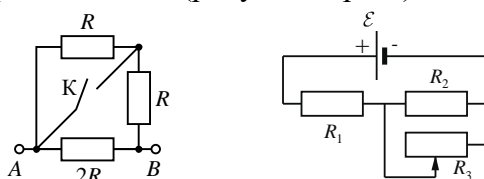
Отрабатывая умения определять направление векторов напряженности электрического поля, вектора магнитной индукции, силы Кулона, силы Ампера или силы Лоренца, нужно обратить внимание на определение направления сил взаимодействия между прямыми проводниками с током; на определение силы Лоренца для электрона, движущегося между полюсами магнита, и на определение направления силы Лоренца для заряженной частицы, движущейся вдоль проводника с током.

*Пример 3.*

*Электрон  $e^-$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).*



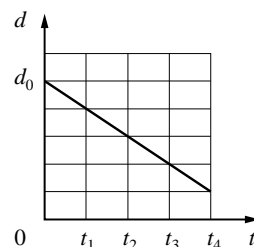
При повторении материала по теме «Постоянный ток» следует разобрать задания на «закорачивание» одного из резисторов. Например: изменение общего сопротивления цепи на рисунке слева при замыкании ключа и изменение сопротивления цепи, напряжения на резисторах и тепловой мощности во внешней цепи при уменьшении сопротивления реостата до  $0$  (рисунок справа).



В заданиях повышенного уровня сложными являются ситуации с обсуждением плоских конденсаторов. Здесь нужно разделять две ситуации: конденсатор остаётся подключённым к источнику тока (напряжение между обкладками остаётся неизменным), или конденсатор после зарядки отключают от источника (неизменным остаётся заряд пластин конденсатора), а затем изменяют расстояние между пластинами или площадь пластин.

*Пример 4.*

*Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C_0$ , подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии  $d_0$  друг от друга. Расстояние между пластинами медленно меняется со временем так, как показано на графике. Как меняются в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  заряд конденсатора и напряжённость электрического поля между его пластинами?*

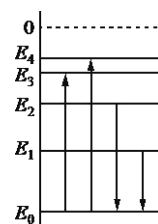


Поскольку в описанном опыте конденсатор остается подключённым к источнику постоянного напряжения, то напряжение между обкладками конденсатора остается неизменным. График показывает, что расстояние между пластинами уменьшается в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  в 5 раз. Следовательно, емкость конденсатора увеличивается в 5 раз, значит, и заряд конденсатора при неизменном напряжении увеличивается тоже в 5 раз. Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора также увеличивается.

### Задания 19–21 по квантовой физике

Повторяя закон радиоактивного распада, нужно рассмотреть и те задания, в которых спрашивается о числе распавшихся, а не оставшихся нераспавшимися ядер. Например: *Образец радиоактивного висмута находится в закрытом сосуде. Ядра висмута испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 5 суток. Какая доля (в процентах) от исходно большого числа ядер этого изотопа висмута распадётся за 15 суток?*

Традиционно затруднения вызывают задания на проверку знаний об излучении света атомом и постулатах Бора. Здесь, используя упрощённые диаграммы нижних энергетических уровней атома (см. рисунок справа), необходимо определять процессы излучения и поглощения света с наибольшей и наименьшей энергией фотона, его частотой или длиной волны.



### Задания 22 и 23

Необходимо обратить внимание на задания, в которых требуется определить массу или длину объекта с использованием метода рядов.

*Пример 5.*

*Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлена проволока реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 40 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 3 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна  $\pm 1$  мм?*

Для определения диаметра проволоки необходимо и измеренное значение (3 см), и погрешность измерений (1 мм) разделить на число витков (число объектов в ряду).

## Задание 24

Внимательно изучите диаграмму Герцшпрунга – Рассела: величины, отложенные по осям, и закономерности, которые отражены на диаграмме. Кроме того, обратите внимание на различия в средней плотности звёзд главной последовательности (порядка плотности воды), белых карликов и гигантов.

## Задания 25–32

Особого внимания в этом разделе заслуживают задания 27–32 с развёрнутым ответом. Перед экзаменом необходимо изучить критерии оценивания этих заданий, особенно требования к полному верному ответу.

Начнем с задания 27 (качественная задача). Как правило, в любой качественной задаче рассматривается один или несколько процессов. Решение такой задачи представляет собой доказательство, в котором присутствует несколько логических шагов. Каждый логический шаг – это описание изменений физических величин (или других характеристик), происходящих в данном процессе, и обоснование этих изменений. Обязательным является указание на законы, формулы или известные свойства явлений, на основании которых были сделаны заключения о тех или иных изменениях величин или характеристик.

Общий план решения качественных задач состоит из следующих этапов.

1. Работа с текстом задачи (внимательное чтение текста, определение значения всех терминов, встречающихся в условии, краткая запись условия и выделение вопроса).
2. Анализ условия задачи (выделение описанных явлений, процессов, свойств тел и т.п., установление взаимосвязей между ними, уточнение существующих ограничений (чем можно пренебречь)).
3. Выделение логических шагов в решении задачи.
4. Осуществление решения:
  - 4.1 Построение объяснения для каждого логического шага.
  - 4.2 Выбор и указание законов, формул и т.п. для обоснования объяснения для каждого логического шага.
5. Формулировка ответа и его проверка (при возможности).

В процессе тренировки решения качественных задач целесообразно использовать «вопросный» метод. При этом на каждом логическом шаге объяснения (доказательства) в самом общем случае можно задавать следующие вопросы:

- Что происходит?
- Почему это происходит?
- Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделан этот вывод)?

В ситуации конкретной задачи перечень вопросов может меняться. Например, первый вопрос может разбиваться на несколько «подвопросов». Но эти базовые вопросы помогут не совершать ошибок при выстраивании объяснения: не пропускать логических шагов и всегда давать указания на используемые законы и формулы.

При решении расчётных задач 28–32 целесообразно выделять следующие элементы.

- Работа с условием задачи: запись «Дано», представление рисунка, если это необходимо для понимания физической ситуации; описание физической модели, т.е. указание на то, какие явления или процессы рассматриваются, какие закономерности можно использовать для решения задачи и чем можно пренебречь, чтобы ситуация отвечала выбранной модели.
- Запись всех необходимых для решения задачи законов и формул; описание используемых физических величин, которые не вошли в «Дано».



- Проведение математических преобразований и расчётов, получение ответа.
- Проверка ответа одним из выбранных способов.

Необходимо учитывать, что в качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе, при этом форма записи формулы значения не имеет, но имеют значение используемые обозначения физических величин. Если используются отличные от кодификатора обозначения, то их нужно отдельно оговаривать.

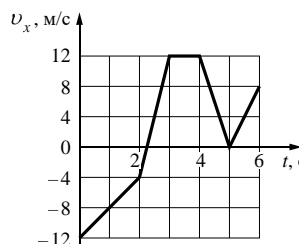
Следует не только проверять размерность полученной величины по конечной формуле, но и обращать внимание на корректность числового ответа. В ЕГЭ числовой ответ задачи обязательно проверяется экспертами, при этом допускаются округления с учётом того числа значащих цифр, которые указаны в условии задачи.

В начале варианта КИМ приведены справочные данные: константы и все необходимые справочные величины для выполнения работы. Обратите внимание, что все ответы в заданиях соответствуют расчётам с использованием именно тех значений констант, которые приведены в начале варианта. Поэтому не забывайте использовать предложенные справочные данные, это поможет избежать лишних сложностей при записи ответов.

В первой части работы содержится 10 заданий с кратким ответом, в которых ответ необходимо записать в виде числа. Они проверяют умение применять законы и формулы, и для их выполнения, как правило, необходимо провести несложные вычисления. Записать полученное значение физической величины нужно с учётом указанных единиц измерения. Они указаны после слова «Ответ». Поэтому после расчётов нужно обязательно проверить не только число, но и единицы измерения.

*Пример 6.*

На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 5 с?



Ответ:           -12           м/с<sup>2</sup>.

В первой части работы для таких заданий все расчёты дают либо целое число, либо конечную десятичную дробь. Возможно и отрицательное число (как в примере 6). Приближенные вычисления в этих заданиях части 1 не используются.

В расчётных задачах 25 и 26 (где ответом также является число) встречаются случаи, когда полученный ответ необходимо округлить. В этом случае требования к округлению указываются в тексте задания (см. пример 7).

*Пример 7.*

В таблице показано, как менялся ток в катушке идеального колебательного контура при свободных электромагнитных колебаниях в этом контуре.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I, 10^{-3} \text{ А}$	4,0	2,83	0	-2,83	-4,0	-2,83	0	2,83	4,0	2,83

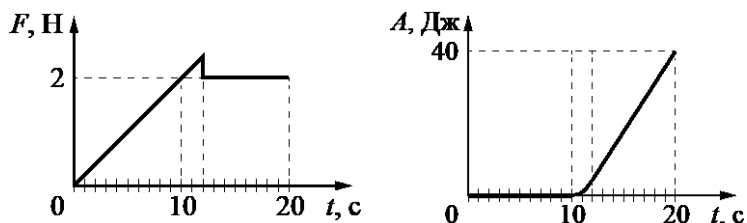
Вычислите по этим данным энергию катушки в момент времени  $5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ , если ёмкость конденсатора равна  $405 \text{ нФ}$ . Ответ выразите в наноджоулях (нДж), округлив до целого.

Ответ:           16           нДж.

В заданиях 5, 11 и 16 на выбор двух верных ответов из пяти предложенных утверждений необходимо найти верное объяснение описанным явлениям или процессам или сделать выводы по результатам представленного исследования (см. пример 8).

**Пример 8.**

На шероховатой поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать горизонтальная сила  $\vec{F}$ , направленная вдоль поверхности и зависящая от времени так, как показано на графике слева. Зависимость работы этой силы от времени представлена на графике справа. Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленных зависимостей.



- 1) За первые 10 с брусок переместился на 20 м.
- 2) Первые 10 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 3) В интервале времени от 12 с до 20 с брусок двигался с постоянным, отличным от нуля ускорением.
- 4) В интервале времени от 12 с до 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 5) Сила трения скольжения равна 2 Н.

Ответ: 

4	5
---	---

В этих заданиях каждое из утверждений описывает отдельное свойство данного процесса или требует рассчитать значение физической величины, описывающей процесс. Как правило, содержание этих заданий охватывает несколько тем раздела. За выполнение задания можно максимально получить 2 балла. Цифры в ответе можно записывать в любом порядке: в задании из примера 8 это 45 или 54.

На позиции 24 предлагаются задания на материале астрономии, в которых не оговаривается, сколько верных ответов у задания (см. пример 9).

**Пример 9.**

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
$\epsilon$ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
$\alpha$ Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 2) Наше Солнце относится к гигантам спектрального класса В.
- 3) Температура звезды  $\alpha$  Центавра А соответствует температуре звёзд спектрального класса О.
- 4) Звезда  $\epsilon$  Возничего В относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцишпрунга – Рассела.
- 5) Средняя плотность звезды Сириус В больше, чем у Солнца.

Ответ: 145.

В этих заданиях может быть либо два, либо три верных ответа. Поэтому необходимо внимательно проанализировать все утверждения. Полностью верный ответ оценивается в 2 балла. Если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами, или не записан один элемент ответа), то ставится 1 балл.

Задания 6, 17, а также 12 или 21 проверяют умение анализировать различные физические процессы и определять изменение физических величин, которые характеризуют данный процесс. Здесь самое главное – проанализировать особенности описанного процесса, а затем уже вспоминать необходимые формулы и определять изменение величин.

*Пример 10.*

На поверхности воды плавает брусок из древесины плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ . Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью  $700 \text{ кг/м}^3$ . Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда
3	3

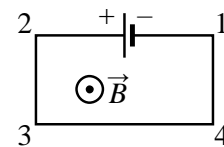
В задании из примера 10 бруски плавают на поверхности воды. Так как массы у них одинаковые, а из условия плавания следует, что сила тяжести равна по модулю выталкивающей силе, то, значит, сила Архимеда остается неизменной. Так как площади оснований у брусков одинаковы и объёмы погружённых частей также должны быть одинаковы, то глубина погружения не изменится. Следовательно, ответ – 33.

На позициях 7, 18, а также 12 или 21 предлагаются задания, в которых необходимо установить соответствие между графиками и физическими величинами, описывающими какой-либо процесс, или между величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. В первом случае необходимо представлять графики для всех физических величин, которые описывают этот процесс. Например, для свободных электромагнитных колебаний в контуре – графики зависимости от времени для колебаний заряда каждой из обкладок конденсатора, напряжения на обкладках конденсатора, силы тока в катушке индуктивности, энергии электрического поля конденсатора и энергии магнитного поля катушки. Во втором случае необходимо записать все законы и уравнения, описывающие процесс, и получить в общем виде выражения для требуемых физических величин. Ответы к этим заданиям записываются в виде двух цифр, при этом их порядок важен.

В варианте есть задания и с другой формой записи ответа. На позиции 13 стоит задание базового уровня с ответом в виде слова (двух слов), которое проверяет умение определять направление векторной величины (вектора напряженности электрического поля, вектора магнитной индукции, силы Ампера или силы Лоренца). Как видно из приведённого примера 11, возможный набор слов для ответа указан в тексте задания.

*Пример 11*

Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных горизонтальных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен так, как показано на рисунке. Куда направлена относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 4–1? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: вправо.

В разделе по квантовой физике хочется обратить внимание на задание 19, которое проверяет знания о строении атома, атомного ядра или ядерных реакциях. Ответ, представляющий собой два числа, необходимо сначала записать в предложенную таблицу, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и дополнительных знаков.

Задание 22 с использованием фотографий или рисунков измерительных приборов направлено на проверку умения записывать показания приборов при измерении физических величин с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задаётся в тексте задания: либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления.

*Пример 12*

Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения составляет половину цены деления вольтметра.



Ответ: ( 2,0 ± 0,1 ) В.

Ответ записывается в тексте в привычном виде (см. пример 12), а в бланк переносятся только числа (в бланк записывается 2,00,1).

На экзамене по физике можно пользоваться линейкой и непрограммируемым калькулятором. Не забудьте про калькулятор, он позволит Вам существенно сэкономить время. Лучше, если это будет знакомая вам модель непрограммируемого калькулятора, которая позволяет осуществлять ввод данных в естественном виде.

При повторении материала к экзамену необходимо сначала повторить теоретический материал по всей теме, используя для организации работы приведённую выше таблицу с перечислением проверяемых элементов содержания.

Затем целесообразно проверить свои силы, выполняя задания по данной теме: сначала однобалльные задания базового уровня, а затем двухбалльные задания, в том числе и повышенного уровня сложности. При этом целесообразно пользоваться либо Открытым банком ЕГЭ, либо печатными изданиями с тематическими подборками заданий, аналогичных заданиям ЕГЭ. В Открытом банке задания предлагаются по разделам, и есть возможность выбора групп заданий разного уровня сложности и разной формы.

При подготовке к экзамену по физике могут быть полезны следующие ресурсы, ссылки на которые Вы можете найти в специализированном разделе сайта ФГБНУ «ФИПИ» или по ссылке <http://fipi.ru/materials>

- 1) видеоконсультации по подготовке к ЕГЭ: 2017 г., 2018 г., 2019 г.;
- 2) официальный информационный портал единого государственного экзамена (<http://www.ege.edu.ru/ru/>);
- 3) открытый банк заданий ЕГЭ;
- 4) Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена, демонстрационный вариант контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2020 г. и спецификация контрольных измерительных материалов для проведения ЕГЭ в 2020 г.

**Желаем успеха на экзамене!**