



## **7. Продолжительность ЕГЭ по физике**

На выполнение всей экзаменационной работы отводится 235 минут.

Примерное время на выполнение заданий различных частей работы составляет:

- 1) для каждого задания с кратким ответом – 2–5 минут;
- 2) для каждого задания с развернутым ответом – 5–20 минут.

## **8. Дополнительные материалы и оборудование**

Используется непрограммируемый калькулятор (на каждого ученика) с возможностью вычисления тригонометрических функций ( $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\operatorname{tg}$ ) и линейка.

Перечень дополнительных устройств и материалов, использование которых разрешено на ЕГЭ, утверждается Рособрнадзором.

*Таблица 1. Распределение заданий экзаменационной работы по частям работы*

№	Часть работы	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данной части от максимального первичного балла за всю работу, равного 53	Тип заданий
1	Часть 1	24	34	64	с кратким ответом
2	Часть 2	8	19	36	с кратким и с развернутым ответом
Итого		32	53	100	

*Таблица 2. Распределение заданий по основным содержательным разделам (темам) курса физики*

Раздел курса физики, включенный в экзаменационную работу	Количество заданий		
	Вся работа	Часть 1	Часть 2
Механика	9–11	7–9	2
Молекулярная физика	7–8	5–6	2
Электродинамика	9–11	6–8	3
Квантовая физика и элементы астрофизики	5–6	4–5	1
Итого	32	24	8

**Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2020 года  
по ФИЗИКЕ**

*Уровни сложности заданий: Б – базовый; П – повышенный; В – высокий.*

Обозначение задания в работе	Проверяемые элементы содержания	Коды элементов содержания по кодификатору элементов содержания	Коды проверяемых умений	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания
<b>Часть 1</b>					
1	Равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, движение по окружности	1.1.3–1.1.8	1, 2.1–2.4	Б	1
2	Законы Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука, сила трения	1.2.1, 1.2.3–1.2.6, 1.2.8, 1.2.9	1, 2.1–2.4	Б	1
3	Закон сохранения импульса, кинетическая и потенциальные энергии, работа и мощность силы, закон сохранения механической энергии	1.4.1–1.4.8	1, 2.1–2.4	Б	1
4	Условие равновесия твердого тела, закон Паскаля, сила Архимеда, математический и пружинный маятники, механические волны, звук	1.3.1–1.3.5, 1.5.1–1.5.5	1, 2.1–2.4	Б	1
5	Механика (объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков)	1.1–1.5	2.4	П	2
6	Механика (изменение физических величин в процессах)	1.1–1.5	2.1	Б	2
7	Механика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами)	1.1–1.5	1, 2.4	Б	2
8	Связь между давлением и средней кинетической энергией, абсолютная температура, связь температуры со средней кинетической энергией, уравнение Менделеева – Клапейрона, изопроцессы	2.1.6.–2.1.10, 2.1.12	1, 2.1–2.4	Б	1
9	Работа в термодинамике, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины	2.2.6, 2.2.7, 2.2.9, 2.2.10	1, 2.1–2.4	Б	1
10	Относительная влажность воздуха, количество теплоты	2.1.13, 2.1.14, 2.2.1–2.2.4, 2.2.5, 2.2.11	1, 2.1–2.4	Б	1
11	МКТ, термодинамика (объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков)	2.1, 2.2	2.4	П	2

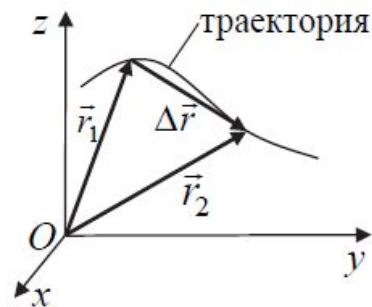
12	МКТ, термодинамика ( <i>изменение физических величин в процессах; установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	2.1, 2.2	1, 2.4	Б	2
13	Принцип суперпозиции электрических полей, магнитное поле проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца, правило Ленца ( <i>определение направления</i> )	3.1.2, 3.1.4, 3.1.6, 3.3.1, 3.3.2–3.3.4, 3.4.5	1, 2.1–2.4	Б	1
14	Закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, конденсатор, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля – Ленца	3.1.1, 3.1.2, 3.1.5, 3.1.9, 3.1.11, 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4, 3.2.7–3.2.9	1, 2.1–2.4	Б	1
15	Поток вектора магнитной индукции, закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током, колебательный контур, законы отражения и преломления света, ход лучей в линзе	3.4.1, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.6, 3.4.7, 3.5.1, 3.6.2–3.6.4, 3.6.6–3.6.8	1, 2.1–2.4	Б	1
16	Электродинамика ( <i>объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков</i> )	3.1–3.6	2.4	П	2
17	Электродинамика ( <i>изменение физических величин в процессах</i> )	3.1–3.6	2.1	Б	2
18	Электродинамика и основы СТО ( <i>установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	3.1–3.6 4.1–4.3	1, 2.4	Б	2
19	Планетарная модель атома. Нуклонная модель ядра. Ядерные реакции.	5.2.1, 5.3.1, 5.3.4, 5.3.6	1.1	Б	1
20	Фотоны, линейчатые спектры, закон радиоактивного распада	5.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.5	2.1	Б	1
21	Квантовая физика ( <i>изменение физических величин в процессах; установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами</i> )	5.1–5.3	2.1 2.4	Б	2
22	Механика – квантовая физика ( <i>методы научного познания</i> )	1.1–5.3	2.5	Б	1
23	Механика – квантовая физика ( <i>методы научного познания</i> )	1.1–5.3	2.5	Б	1
24	Элементы астрофизики: Солнечная система, звезды, галактики	5.4.1–5.4.4	2.4	Б	2

<b>Часть 2</b>					
25	Молекулярная физика, электродинамика (расчетная задача)	2.1, 2.2, 3.1–3.6	2.6	П	1
26	Электродинамика, квантовая физика (расчетная задача)	3.1–3.6 5.1–5.3	2.6	П	1
27	Механика – квантовая физика (качественная задача)	1.1–5.3	2.6, 3	П	3
28	Механика, молекулярная физика (расчетная задача)	1.1–1.5 2.1, 2.2	2.6	П	2
29	Механика (расчетная задача)	1.1–1.5	2.6	В	3
30	Молекулярная физика (расчетная задача)	2.1, 2.2	2.6	В	3
31	Электродинамика (расчетная задача)	3.1–3.6	2.6	В	3
32	Электродинамика, квантовая физика (расчетная задача)	3.1–3.6 5.1–5.3	2.6	В	3
<p>Всего заданий – <b>32</b>; из них по уровню сложности: Б – <b>21</b>; П – <b>7</b>; В – <b>4</b>.</p> <p><b>Максимальный первичный балл за работу – 53.</b></p> <p><b>Общее время выполнения работы – 235 мин.</b></p>					

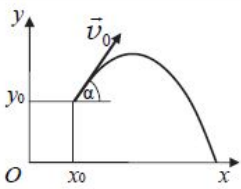
## Раздел 1. Перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по физике


В первом столбце указан код раздела, которому соответствуют крупные блоки содержания. Во втором столбце приведен код элемента содержания, для которого создаются проверочные задания. Крупные блоки содержания разбиты на более мелкие элементы.

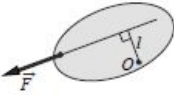
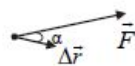
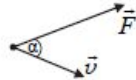
Код раздела	Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
<b>1</b>		<b>МЕХАНИКА</b>
1.1		<i>КИНЕМАТИКА</i>
	1.1.1	Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета
	1.1.2	<p>Материальная точка.  Ее радиус-вектор:  <math>\vec{r}(t) = (x(t), y(t), 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>





1.1.3	<p>Скорость материальной точки:</p> $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}' = (v_x, v_y, v_z),$ $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ аналогично } v_y = y'_t, v_z = z'_t$ <p>Сложение скоростей: <math>\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0</math></p> <p>Вычисление перемещения по графику зависимости <math>v(t)</math></p>
1.1.4	<p>Ускорение материальной точки:</p> $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}' = (a_x, a_y, a_z),$ $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t, \text{ аналогично } a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t$
1.1.5	<p>Равномерное прямолинейное движение:</p> $x(t) = x_0 + v_{0x}t$ $v_x(t) = v_{0x} = \text{const}$
1.1.6	<p>Равноускоренное прямолинейное движение:</p> $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$ $a_x = \text{const}$ $v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$
1.1.7	<p>Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту:</p>  $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \\ v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - g t \\ \begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases} \end{cases}$

1.1.8	<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_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R</math></p>
1.1.9	<p>Твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердого тела</p>
1.2	<p><b>ДИНАМИКА</b></p>
1.2.1	<p>Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея</p>
1.2.2	<p>Масса тела. Плотность вещества: <math>\rho = \frac{m}{V}</math></p>
1.2.3	<p>Сила. Принцип суперпозиции сил: <math>\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots</math></p>
1.2.4	<p>Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО <math>\vec{F} = m\vec{a}</math>; <math>\Delta \vec{p} = \vec{F}\Delta t</math> при <math>\vec{F} = \text{const}</math></p>
1.2.5	<p>Третий закон Ньютона для материальных точек: <math>\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}</math></p> 
1.2.6	<p>Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами <math>F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}</math></p> <p>Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты <math>h</math> над поверхностью планеты радиусом <math>R_0</math>:</p> $mg = \frac{GMm}{(R_0 + h)^2}$
1.2.7	<p>Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость:</p> $v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ <p>Вторая космическая скорость:</p> $v_{2к} = \sqrt{2}v_{1к} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}$
1.2.8	<p>Сила упругости. Закон Гука: <math>F_x = -kx</math></p>
1.2.9	<p>Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения: <math>F_{\text{сп}} = \mu N</math></p> <p>Сила трения покоя: <math>F_{\text{сп}} \leq \mu N</math></p> <p>Коэффициент трения</p>


	1.2.10	Давление: $p = \frac{F_{\perp}}{S}$
1.3	<b>СТАТИКА</b>	
	1.3.1	Момент силы относительно оси вращения: $M = Fl$ , где $l$ – плечо силы $\vec{F}$ относительно оси, проходящей через точку $O$ перпендикулярно рисунку
		
	1.3.2	Условия равновесия твердого тела в ИСО: $\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$
	1.3.3	Закон Паскаля
	1.3.4	Давление в жидкости, покоящейся в ИСО: $p = p_0 + \rho gh$
	1.3.5	Закон Архимеда: $\vec{F}_{\text{Арх}} = -\vec{P}_{\text{вытесн}}$ , если тело и жидкость покоятся в ИСО, то $F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн}}$ . Условие плавания тел
1.4	<b>ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ</b>	
	1.4.1	Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$
	1.4.2	Импульс системы тел: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$
	1.4.3	Закон изменения и сохранения импульса: в ИСО $\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}} \Delta t + \dots$ в ИСО $\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = 0$ , если $\vec{F}_{1\text{внешн}} + \vec{F}_{2\text{внешн}} + \dots = 0$
	1.4.4	Работа силы: на малом перемещении $A =  \vec{F}  \cdot  \Delta\vec{r}  \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x$
		
	1.4.5	Мощность силы: $P = \left. \frac{\Delta A}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$
		
	1.4.6	Кинетическая энергия материальной точки: $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ . Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек: в ИСО $\Delta E_{\text{кин}} = A_1 + A_2 + \dots$

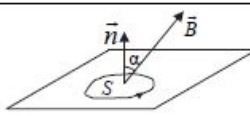
	1.4.7	Потенциальная энергия: для потенциальных сил $A_{12} = E_{1\text{потенц}} - E_{2\text{потенц}} = -\Delta E_{\text{потенц}}$ Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести: $E_{\text{потенц}} = mgh$ Потенциальная энергия упруго деформированного тела: $E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$
	1.4.8	Закон изменения и сохранения механической энергии: $E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$ , в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}$ , в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = 0$ , если $A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0$
1.5	<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	
	1.5.1	Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний. Кинематическое описание: $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ , $v_x(t) = x'_t$ , $a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 x(t)$ . Динамическое описание: $ma_x = -kx$ , где $k = m\omega^2$ Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии): $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}$ Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения: $v_{\text{max}} = \omega A$ , $a_{\text{max}} = \omega^2 A$
	1.5.2	Период и частота колебаний: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$ Период малых свободных колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ Период свободных колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
	1.5.3	Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая
	1.5.4	Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длина волны: $\lambda = \nu T = \frac{v}{\nu}$ Интерференция и дифракция волн
	1.5.5	Звук. Скорость звука

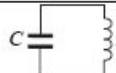
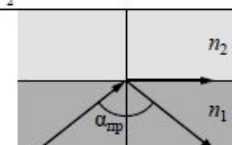
<b>2</b>	<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА</b>
2.1	<b>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА</b>
2.1.1	Модели строения газов, жидкостей и твердых тел
2.1.2	Тепловое движение атомов и молекул вещества
2.1.3	Взаимодействие частиц вещества
2.1.4	Диффузия. Броуновское движение
2.1.5	Модель идеального газа в МКТ: частицы газа движутся хаотически и не взаимодействуют друг с другом
2.1.6	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ): $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$
2.1.7	Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273 \text{ K}$
2.1.8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц: $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
2.1.9	Уравнение $p = nkT$
2.1.10	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): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_{\nu} T = \frac{3}{2} pV$
2.1.11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$
2.1.12	Изопроцессы 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 изопроцессов на $pV$ -, $pT$ - и $VT$ -диаграммах

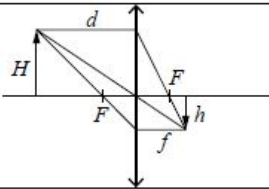
2.1.13	Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объема насыщенного пара
2.1.14	Влажность воздуха. Относительная влажность: $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ. пара}}(T)}$
2.1.15	Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости
2.1.16	Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация
2.1.17	Преобразование энергии в фазовых переходах
2.2	<b>ТЕРМОДИНАМИКА</b>
2.2.1	Тепловое равновесие и температура
2.2.2	Внутренняя энергия
2.2.3	Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение
2.2.4	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества $c$ : $Q = cm\Delta T$
2.2.5	Удельная теплота парообразования $r$ : $Q = rm$ Удельная теплота плавления $\lambda$ : $Q = \lambda m$ Удельная теплота сгорания топлива $q$ : $Q = qm$
2.2.6	Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ Вычисление работы по графику процесса на $pV$ -диаграмме
2.2.7	Первый закон термодинамики: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$ Адиабата: $Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$
2.2.8	Второй закон термодинамики, необратимость
2.2.9	Принципы действия тепловых машин. КПД: $\eta = \frac{A_{\text{за шкл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} -  Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$
2.2.10	Максимальное значение КПД. Цикл Карно $\text{max } \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$
2.2.11	Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$

3		ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
3.1	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ	
3.1.1	Электризация тел и ее проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда	
3.1.2	Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона: $F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$	
3.1.3	Электрическое поле. Его действие на электрические заряды	
3.1.4	Напряженность электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{пробный}}$ Поле точечного заряда: $E_r = k \frac{q}{r^2}$ , однородное поле: $\vec{E} = const$ Картины линий этих полей	
3.1.5	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: $U = Ed$	
3.1.6	Принцип суперпозиции электрических полей: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$ , $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$	
3.1.7	Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$ , внутри и на поверхности проводника $\phi = const$	
3.1.8	Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества $\epsilon$	
3.1.9	Конденсатор. Электроемкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$ Электроемкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$	
3.1.10	Параллельное соединение конденсаторов: $q = q_1 + q_2 + \dots$ , $U_1 = U_2 = \dots$ , $C_{паралл} = C_1 + C_2 + \dots$ Последовательное соединение конденсаторов: $U = U_1 + U_2 + \dots$ , $q_1 = q_2 = \dots$ , $\frac{1}{C_{посл}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$	

3.1.11	Энергия заряженного конденсатора: $W_c = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$	
3.2	ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
3.2.1	Сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}$ . Постоянный ток: $I = const$ Для постоянного тока $q = It$	
3.2.2	Условия существования электрического тока. Напряжение $U$ и ЭДС $\epsilon$	
3.2.3	Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$	
3.2.4	Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества: $R = \rho \frac{l}{S}$	
3.2.5	Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока: $\epsilon = \frac{A_{сторонних сил}}{q}$	
3.2.6	Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $\epsilon = IR + Ir$ , откуда $\epsilon, r$  $I = \frac{\epsilon}{R+r}$	
3.2.7	Параллельное соединение проводников: $I = I_1 + I_2 + \dots$ , $U_1 = U_2 = \dots$ , $\frac{1}{R_{паралл}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$ Последовательное соединение проводников: $U = U_1 + U_2 + \dots$ , $I_1 = I_2 = \dots$ , $R_{посл} = R_1 + R_2 + \dots$	
3.2.8	Работа электрического тока: $A = IUt$ Закон Джоуля – Ленца: $Q = I^2 Rt$	
3.2.9	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: $P_\epsilon = \frac{\Delta A_{ст. сил}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \epsilon I$	
3.2.10	Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов, газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод	

3.3	<b>МАГНИТНОЕ ПОЛЕ</b>
3.3.1	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
3.3.2	Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током
3.3.3	Сила Ампера, её направление и величина: $F_A = IBl \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$
3.3.4	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
3.4	<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ</b>
3.4.1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$ 
3.4.2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
3.4.3	Закон электромагнитной индукции Фарадея: $\mathcal{E}_i = -\left. \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_t$
3.4.4	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$
3.4.5	Правило Ленца
3.4.6	Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$ , или $\Phi = LI$ Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \left. \frac{\Delta I}{\Delta t} \right _{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_t$
3.4.7	Энергия магнитного поля катушки с током: $W_L = \frac{LI^2}{2}$

3.5	<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>
3.5.1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре:  $\begin{cases} q(t) = q_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_i = \omega q_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$ 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: $q_{\max} = \frac{I_{\max}}{\omega}$
3.5.2	Закон сохранения энергии в колебательном контуре: $\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = const$
3.5.3	Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс
3.5.4	Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии
3.5.5	Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$
3.5.6	Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн в технике и быту
3.6	<b>ОПТИКА</b>
3.6.1	Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света
3.6.2	Законы отражения света.
3.6.3	Построение изображений в плоском зеркале
3.6.4	Законы преломления света. Преломление света: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ Абсолютный показатель преломления: $n_{\text{абс}} = \frac{c}{v}$ Относительный показатель преломления: $n_{\text{отн}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ Ход лучей в призме. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред: $v_1 = v_2$ , $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$
3.6.5	Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения: $\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n_{\text{отн}}} = \frac{n_2}{n_1}$ 

3.6.6	Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: $D = \frac{1}{F}$
3.6.7	Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$
	
3.6.8	Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к ее главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах
3.6.9	Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система
3.6.10	Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников максимумы: $\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ минимумы: $\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
3.6.11	Дифракция света. Дифракционная решетка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны $\lambda$ на решетку с периодом $d$ : $d \sin \varphi_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
3.6.12	Дисперсия света
<b>4</b>	<b>ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>
4.1	Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна
4.2	Энергия свободной частицы: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ Импульс частицы: $\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
4.3	Связь массы и энергии свободной частицы: $E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$ Энергия покоя свободной частицы: $E_0 = mc^2$

5	<b>КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>
5.1	<b>КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ</b>
5.1.1	Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка: $E = h\nu$
5.1.2	Фотоны. Энергия фотона: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$ Импульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
5.1.3	Фотоэффект. опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта
5.1.4	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин макс}}$ , где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ , $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$ , $E_{\text{кин макс}} = \frac{mv_{\text{макс}}^2}{2} = eU_{\text{макс}}$
5.1.5	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля движущейся частицы: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах
5.1.6	Давление света. Давление света на полностью отражающую поверхность и на полностью поглощающую поверхность
5.2	<b>ФИЗИКА АТОМА</b>
5.2.1	Планетарная модель атома
5.2.2	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 $
5.2.3	Линейчатые спектры. Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}, n = 1, 2, 3, \dots$
5.2.4	Лазер
5.3	<b>ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА</b>
5.3.1	Нуклонная модель ядра Гейзенберга – Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы
5.3.2	Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы
5.3.3	Дефект массы ядра ${}^A_Z X$ : $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{ядро}}$

5.3.4	Радиоактивность. Альфа-распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$ Бета-распад. Электронный $\beta$ -распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}_e$ Позитронный $\beta$ -распад: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + \nu_e$ Гамма-излучение
5.3.5	Закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$
5.3.6	Ядерные реакции. Деление и синтез ядер
5.4	<b>ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ</b>
5.4.1	Солнечная система: планеты земной группы и планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы
5.4.2	Звезды: разнообразие звездных характеристик и их закономерности. Источники энергии звезд
5.4.3	Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд
5.4.4	Наша Галактика. Другие галактики. Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной
5.4.5	Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной

**Раздел 2. Перечень требований к уровню подготовки, проверяемому на едином государственном экзамене по физике**

Код требования	Требования к уровню подготовки выпускников, освоение которых проверяется на ЕГЭ
<b>1</b>	<b>Знать/Понимать:</b>
1.1	смысл физических понятий
1.2	смысл физических величин
1.3	смысл физических законов, принципов, постулатов
<b>2</b>	<b>Уметь:</b>
2.1	описывать и объяснять:
2.1.1	физические явления, физические явления и свойства тел
2.1.2	результаты экспериментов
2.2	описывать фундаментальные опыты, оказавшие существенное влияние на развитие физики
2.3	приводить примеры практического применения физических знаний, законов физики
2.4	определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле; продукты ядерных реакций на основе законов сохранения электрического заряда и массового числа

2.5	2.5.1	отличать гипотезы от научных теорий; делать выводы на основе экспериментальных данных; приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий и позволяют проверить истинность теоретических выводов, физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;
	2.5.2	приводить примеры опытов, иллюстрирующих, что: наблюдения и эксперимент служат основой для выдвижения гипотез и построения научных теорий; эксперимент позволяет проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять явления природы и научные факты; физическая теория позволяет предсказывать еще неизвестные явления и их особенности; при объяснении природных явлений используются физические модели; один и тот же природный объект или явление можно исследовать на основе использования разных моделей; законы физики и физические теории имеют свои определенные границы применимости
	2.5.3	измерять физические величины, представлять результаты измерений с учетом их погрешностей
2.6		применять полученные знания для решения физических задач
<b>3</b>	<b>Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:</b>	
	3.1	обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств, бытовых электроприборов, средств радио- и телекоммуникационной связи; оценки влияния на организм человека и другие организмы загрязнения окружающей среды; рационального природопользования и охраны окружающей среды
	3.2	определения собственной позиции по отношению к экологическим проблемам и поведению в природной среде

**Демонстрационный вариант  
контрольных измерительных материалов  
для проведения в 2020 году единого государственного экзамена  
по ФИЗИКЕ**

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ  
Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>. - 2 , 5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ  
Ответ: 

А	Б
4	1

4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ  
Ответ: вправо В П Р А В О Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$
38	94

3894

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1 , 4 0 , 2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

*Желаем успеха!*

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

**Десятичные приставки**

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

*Константы*

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

*Соотношение между различными единицами*

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$



<b>Масса частиц</b>	
электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Астрономические величины</b>	
средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

<b>Плотность</b>			
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг·К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг·К)}$
железа	$460 \text{ Дж/(кг·К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг·К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг·К)}$		

<b>Удельная теплота</b>	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

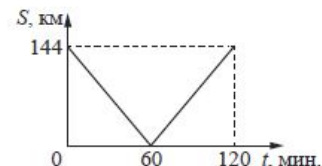
**Нормальные условия:** давление –  $10^5 \text{ Па}$ , температура –  $0 \text{ }^\circ\text{C}$

<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Часть 1**

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показано изменение расстояния между автомобилями с течением времени. Каков модуль скорости первого автомобиля в системе отсчёта, связанной со вторым автомобилем?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2 Два одинаковых маленьких шарика массой  $m$  каждый, расстояние между центрами которых равно  $r$ , притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю  $0,2 \text{ нН}$ . Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них равна  $2m$ , а расстояние между их центрами равно  $2r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ нН.

- 3 Максимальная высота, на которую шайба массой  $40 \text{ г}$  может подняться по гладкой наклонной плоскости относительно начального положения, равна  $0,2 \text{ м}$ . Определите кинетическую энергию шайбы в начальном положении. Спротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4 Человек несёт груз на лёгкой палке (см. рисунок). Чтобы удержать в равновесии груз весом 80 Н, он прикладывает к концу *B* палки вертикальную силу 30 Н.  $OB = 80$  см. Чему равно  $OA$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5 В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с максимальна.
- 2) Период колебаний шарика равен 4,0 с.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 2,0 с минимальна.

Ответ:

6 Деревянный шарик плавает в стакане с водой. Как изменятся сила тяжести, действующая на шарик, и глубина погружения шарика в жидкость, если он будет плавать в подсолнечном масле?

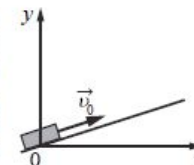
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

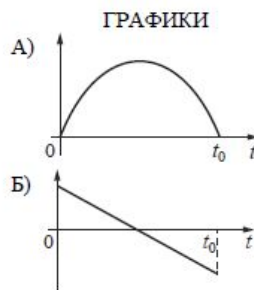
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на шарик	Глубина погружения шарика в жидкость

7 После удара в момент  $t=0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
- 1) полная механическая энергия  $E_{мех}$
  - 2) проекция импульса  $p_y$
  - 3) кинетическая энергия  $E_k$
  - 4) координата  $y$

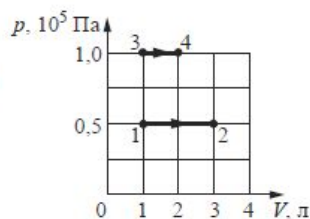
Ответ: 

А	Б

8 В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом концентрация молекул газа в сосуде?

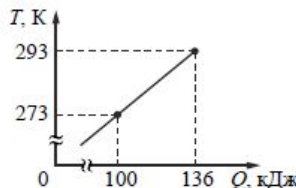
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9 На рисунке показано расширение газообразного гелия двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение  $\frac{A_{12}}{A_{34}}$  работ газа в процессах 1–2 и 3–4.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10 На рисунке показана зависимость температуры металлической детали массой 2 кг от переданного ей количества теплоты. Чему равна удельная теплоёмкость металла?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

- 11 Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой – 40 г аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной. Выберите два верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем аргона.
- 2) Отношение давления газов в правой части сосуда к давлению газа в левой части равно 1,5.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия и аргона одинакова.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 3 раза.

Ответ:

- 12 Температуру холодильника тепловой машины Карно понизили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

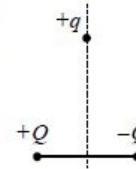
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

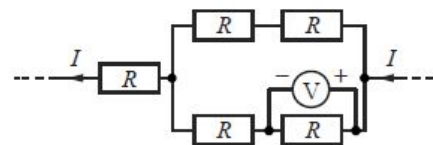
КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

- 13 Положительный точечный заряд  $+q$  находится в поле двух неподвижных точечных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



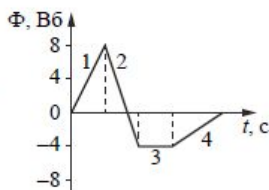
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14 Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $R = 1$  Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I = 2$  А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



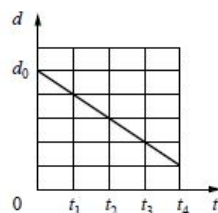
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

- 15 На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего контур, от времени. На каком из участков графика (1, 2, 3 или 4) в контуре возникает максимальная по модулю ЭДС индукции?



Ответ: на участке \_\_\_\_\_.

- 16 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 меняется со временем так, как показано на графике. Выберите два верных утверждения, соответствующих описанию опыта.



- 1) В момент времени  $t_4$  ёмкость конденсатора увеличилась в 5 раз по сравнению с первоначальной (при  $t = 0$ ).
- 2) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$  заряд конденсатора возрастает.
- 3) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$  энергия конденсатора равномерно уменьшается.
- 4) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
- 5) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора убывает.

Ответ:

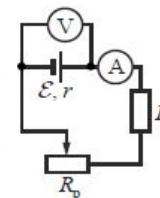
- 17 Альфа-частица движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение альфа-частицы и частота её обращения, если уменьшить её кинетическую энергию?  
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Ускорение $\alpha$ -частицы	Частота обращения $\alpha$ -частицы

- 18 Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ  
А) показания амперметра  
Б) показания вольтметра

- ФОРМУЛЫ
- 1)  $\mathcal{E}(R + R_p - r)$
  - 2)  $\frac{\mathcal{E}r}{R + R_p + r}$
  - 3)  $\frac{\mathcal{E}(R + R_p)}{R + R_p + r}$
  - 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R + R_p + r}$

Ответ: 

А	Б

19 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7</sub>	3	Be БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	4	5	B БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	11	Mg МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	12	13	Al АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>
4	IV	K КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	19	Ca КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	20	Sc СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>	21
	V	29	Cu МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30	Zn ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31	Ga ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого стабильного изотопа лития.

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20 Образец радиоактивного висмута находится в закрытом сосуде. Ядра висмута испытывают α-распад с периодом полураспада пять суток. Какая доля (в процентах) от исходно большого числа ядер этого изотопа висмута распадётся за 15 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

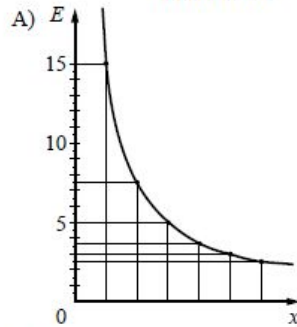
21 На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта.

На графике А представлена зависимость энергии фотонов, падающих на катод, от физической величины  $x_1$ , а на графике Б – зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от физической величины  $x_2$ .

Какая из физических величин отложена на горизонтальной оси на графике А и какая – на графике Б?

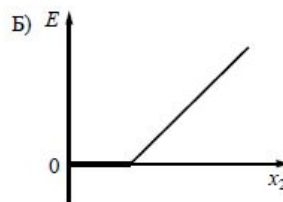
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА  $x$

- 1) длина волны
- 2) массовое число
- 3) заряд ядра
- 4) частота



Ответ:

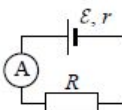
A	B

- 22 Пакет, в котором находится 200 шайб, положили на весы. Весы показали 60 г. Чему равна масса одной шайбы по результатам этих измерений, если погрешность весов равна  $\pm 10$  г? Массу самого пакета не учитывать.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) г.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

- 23 Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице. Какие две цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внешнего сопротивления?



№ цепи	ЭДС источника $\mathcal{E}$ , В	Внутреннее сопротивление источника $r$ , Ом	Внешнее сопротивление $R$ , Ом
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

- 24 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

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 звезд.

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

Ответ: \_\_\_\_\_



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Медный прямой проводник расположен в однородном магнитном поле, модуль вектора магнитной индукции которого равен 20 мТл. Силовые линии магнитного поля направлены перпендикулярно проводнику. К концам проводника приложено напряжение 3,4 В. Определите площадь поперечного сечения проводника, если сила Ампера, действующая на него, равна 6 Н. Удельное сопротивление меди равно  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

Ответ: \_\_\_\_\_ мм<sup>2</sup>.

- 26 В опыте по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. При этом измеряется запирающее напряжение. В таблице представлены результаты исследования зависимости запирающего напряжения  $U$ , от длины волны  $\lambda$  падающего света.

Запирающее напряжение $U$ , В	0,4	0,6
Длина волны света $\lambda$ , нм	546	491

Чему равна постоянная Планка по результатам этого эксперимента? Ответ округлите до десятых.

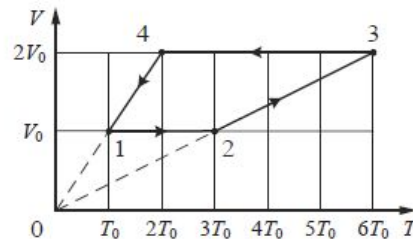
Ответ: \_\_\_\_\_ · 10<sup>-34</sup> Дж · с.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

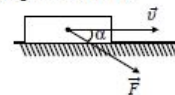
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 27 1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $V$ – $T$ , где  $V$  – объём газа,  $T$  – абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 28 Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На тело действует сила  $\vec{F}$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Каков модуль силы  $\vec{F}$ , если модуль силы трения, действующей на тело, равен 7,5 Н?

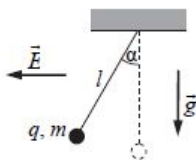


- 29 Два небольших шара массами  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , расположенного горизонтально на опорах  $C$  и  $D$  (см. рисунок). Расстояние между опорами  $l = 0,6$  м, а расстояние  $AC$  равно  $0,2$  м. Чему равна длина стержня  $L$ , если сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень – шары».

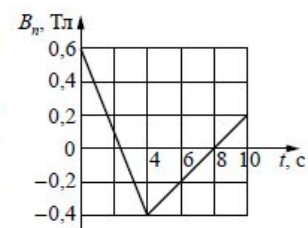


- 30 Гелий в количестве  $\nu = 3$  моль изобарно сжимают, совершая работу  $A_1 = 2,4$  кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза:  $T_2 = \frac{T_1}{4}$ . Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения  $T_3 = \frac{T_1}{8}$ . Найдите работу газа  $A_2$  при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

- 31 Маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $q = 5$  нКл, подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной  $l = 0,8$  м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле  $\vec{E}$  с модулем напряжённости поля  $E = 6 \cdot 10^5$  В/м (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ , модуль скорости шарика  $v = 0,9$  м/с. Чему равна масса шарика  $m$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 32 Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. Какое количество теплоты выделится в рамке за время  $t = 10$  с, если сопротивление рамки  $R = 0,2$  Ом?



- ! Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.



**Справка о планируемых изменениях в КИМ ЕГЭ 2020 г.**

<b>Учебный предмет</b>	<b>Изменения в КИМ ЕГЭ</b>
Математика Химия Биология Информатика и ИКТ Литература Иностранный язык (английский, немецкий, французский, испанский языки)	Изменений нет
Русский язык	Изменения структуры и содержания КИМ отсутствуют. Уточнены критерии оценивания ответов на задания 27.
География	Изменения структуры и содержания КИМ отсутствуют. Внесены изменения в критерии оценивания ответов на задания с развернутым ответом 31 и 32.
История	Изменения структуры и содержания КИМ отсутствуют. В задании 25 изменены условия выставления баллов по критериям К6 и К7: баллы по этим критериям выставляются только в случае, если по критериям К1–К4 выставлено в сумме не менее 5 баллов. По критерию К6 может быть выставлен максимальный балл – 3, а не 2, как было ранее.
Обществознание	Изменения структуры и содержания КИМ отсутствуют. Детализированы формулировки заданий 28, 29 и внесены коррективы в систему их оценивания.
Физика	Задача 25, которая ранее была представлена в части 2 в виде задания с кратким ответом, теперь предлагается для развернутого решения и оценивается максимально в 2 балла. Таким образом, число заданий с развернутым ответом увеличилось с 5 до 6. Для задания 24, проверяющего освоение элементов астрофизики, вместо выбора двух обязательных верных ответов предлагается выбор всех верных ответов, число которых может составлять либо 2, либо 3.
Китайский язык	В экзаменационной работе 2020 г. были внесены изменения в письменную часть. В разделе 1 (Аудирование): – изменены форматы заданий: задание 1 стало заданием на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах; задания 2 и 3 – стали заданиями на выбор и запись одного или нескольких правильных ответов из предложенного перечня ответов; – введены два диалогических текста; – уменьшено до 9 количество заданий раздела. В разделе 2 (Чтение): – уменьшено до 5 количество заданий раздела; – введены задания на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах, задания на выбор и запись одного или нескольких правильных ответов из предложенного перечня ответов. В разделе 4 (Письмо): – введено задание 28 на написание личного письма в ответ на письмо-стимул. Максимальное число баллов за выполнение данного задания – 8 баллов.

Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–24

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

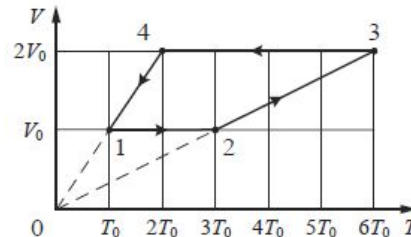
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	40	14	1
2	0,2	15	2
3	0,08	16	12
4	30	17	23
5	23	18	43
6	31	19	34
7	42	20	87,5
8	2,5	21	14
9	1	22	0,300,05
10	900	23	15
11	25	24	245
12	11	25	1,5
13	вправо	26	5,2

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

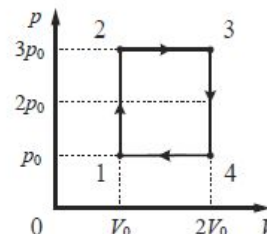
Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов за задания 27 и 29–32.

- 27 1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $V-T$ , где  $V$  – объём газа,  $T$  – абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p-V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.



Возможное решение

1.  $\frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3.$



2. Перестроим график цикла в координатах  $p-V$ . Процесс 1–2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа

увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Шарля  $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$  и давление газа увеличилось в 3 раза.

Процесс 2–3 является изобарным, поскольку его график в координатах  $V$ – $T$  проходит через начало координат  $\left(\frac{V}{T} = \text{const}\right)$ . В этом процессе и объём, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 3 раза, а в процессе 4–1 изобарно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

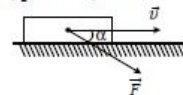
3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3  $A_{23} = 3p_0(2V_0 - V_0) = 3p_0V_0$ , а модуль работы внешних сил в процессе 4–1  $|A_{41}| = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$ .

Таким образом, искомое отношение  $\frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: $n$ , 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: законы изопроцессов, графический смысл работы в термодинамике)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.	2
В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	
И (ИЛИ)	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.	
И (ИЛИ)	
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.	
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	

Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.	1
Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

- 28 Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На тело действует сила  $\vec{F}$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рис.). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Каков модуль силы  $\vec{F}$ , если модуль силы трения, действующей на тело, равен 7,5 Н?



Возможное решение
На брусок, кроме сил $F$ и $F_{\text{тр}}$ , действуют ещё сила тяжести $mg$ и сила реакции опоры $N$ . Проекция второго закона Ньютона на вертикальную ось имеет вид:
$0 = N - mg - F \sin \alpha.$
Сила трения скольжения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg + F \sin \alpha)$ .
Для искомой силы получаем: $F = \frac{F_{\text{тр}} - \mu mg}{\mu \sin \alpha} = \frac{7,5 - 0,3 \cdot 2 \cdot 10}{0,3 \cdot 0,5} = 10 \text{ Н.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, выражение для силы трения скольжения</i>);</p> <p>II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

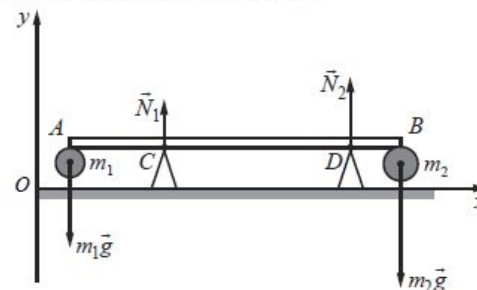
29

Два небольших шара массами  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , расположенного горизонтально на опорах  $C$  и  $D$  (см. рисунок). Расстояние между опорами  $l = 0,6$  м, а расстояние  $AC$  равно  $0,2$  м. Чему равна длина стержня  $L$ , если сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».



## Возможное решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести  $m_1\vec{g}$  и  $m_2\vec{g}$ , приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$ . По третьему закону Ньютона, модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому  $N_2 = 2N_1$  (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, условия равновесия твёрдого тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль оси } Oy; \\ N_1x + N_2(l+x) - m_2gL = 0 & \text{— нет вращения вокруг оси, проходящей} \\ & \text{перпендикулярно рисунку через точку } A. \end{cases}$$

Здесь  $x = AC = 0,2$  м — плечо силы реакции  $N_1$ .

3. С учётом условия  $N_2 = 2N_1$  систему логично привести к виду:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$L \frac{m_2}{m_1 + m_2} = x + \frac{2}{3}l, \text{ откуда:}$ $L = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \cdot \left(x + \frac{2}{3}l\right) = \left(1 + \frac{0,2}{0,3}\right) \cdot \left(0,2 + \frac{2}{3} \cdot 0,6\right) = 1 \text{ м.}$ <p>Ответ: <math>L = 1 \text{ м}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:            I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движений, третий закон Ньютона</i>);            II) сделан правильный рисунок с указанием внешних сил, действующих на стержень и шары;            III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);            IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);            V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков.            Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.            И (ИЛИ)            В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.            И (ИЛИ)            В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.            И (ИЛИ)            Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.            Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.            ИЛИ            В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.            ИЛИ            В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
Максимальный балл	
	3

30

Гелий в количестве  $\nu = 3$  моль изобарно сжимают, совершая работу  $A_1 = 2,4$  кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза:  $T_1 = \frac{T_2}{4}$ . Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения  $T_3 = \frac{T_1}{8}$ . Найдите работу газа  $A_2$  при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

Возможное решение
<p>1. При изобарном сжатии над гелием совершается работа, модуль которой <math>A_1 =  p\Delta V </math>,            где <math>p</math> – давление гелия в этом процессе, <math>\Delta V</math> – изменение его объёма.            2. В соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева для этого процесса можно записать:  <math> p\Delta V  = \nu R(T_1 - T_2)</math>.            3. В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:  <math>\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + A_2 = 0</math>.            При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:</p>

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2).$$

Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем:

$$A_1 = 3\nu R T_2; \quad A_2 = \frac{3}{4} \nu R T_2.$$

Следовательно,

$$A_2 = \frac{A_1}{4} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ Дж.}$$

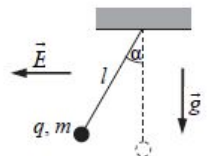
Ответ:  $A_2 = 600 \text{ Дж}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: уравнение Клапейрона – Менделеева, первый закон термодинамики, выражения для работы газа при изобарном процессе и для внутренней энергии идеального одноатомного газа); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомого величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.  И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.  И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. <b>ИЛИ</b> В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленными на решение задачи. <b>ИЛИ</b> В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<b>Максимальный балл</b>	<b>3</b>

31

Маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $q = 5 \text{ нКл}$ , подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной  $l = 0,8 \text{ м}$ , находится в горизонтальном однородном электростатическом поле  $\vec{E}$  с модулем напряжённости поля  $E = 6 \cdot 10^5 \text{ В/м}$  (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ , модуль скорости шарика  $v = 0,9 \text{ м/с}$ . Чему равна масса шарика  $m$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Возможное решение	
1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. На шарик действуют вертикальная сила тяжести $m\vec{g}$ , горизонтальная сила со стороны электрического поля $q\vec{E}$ и вдоль нити сила её натяжения $\vec{T}$ (см. рисунок).	
2. По теореме об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО, $\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{всех сил}}$ . Работа силы $\vec{T}$ равна нулю, так как эта сила в любой момент времени перпендикулярна скорости шарика.	

Силы  $m\vec{g}$  и  $q\vec{E}$  потенциальны, поэтому их работа при переходе из начальной точки в конечную не зависит от выбора траектории.

3. Выберем траекторию перехода в виде двух последовательных шагов: сначала из исходного положения вверх на расстояние  $h$ , затем по горизонтали на расстояние  $b$  в конечное положение. На этой траектории сумма работ силы тяжести и силы со стороны электрического поля

$$A = -mgh + qEb, \text{ где } h = l(1 - \cos \alpha), \quad b = l \sin \alpha.$$

4. В результате получаем:

$$\Delta E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} - 0 = A_{\text{всех сил}} = -mgl(1 - \cos \alpha) + qEl \sin \alpha.$$

Отсюда:

$$m = \frac{2qEl \sin \alpha}{v^2 + 2gl(1 - \cos \alpha)} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{0,81 + 2 \cdot 10 \cdot 0,8 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$$

Ответ:  $m \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон изменения механической энергии материальной точки, формулы для работы силы тяжести и работы однородного электрического поля при перемещении заряженного тела</i>);                      II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);                      III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);                      IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение,</p>	2

которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

ИЛИ

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

ИЛИ

В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

Максимальный балл

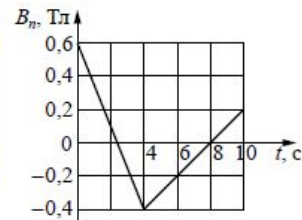
1

0

3

32

Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10 \text{ см}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. Какое количество теплоты выделится в рамке за время  $t = 10 \text{ с}$ , если сопротивление рамки  $R = 0,2 \text{ Ом}$ ?



Возможное решение	
<p>При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции <math>\Phi(t) = B(t)S</math> через рамку площадью <math>S = l^2</math> изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции <math>\mathcal{E}</math>. В соответствии с законом индукции Фарадея</p> $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$ <p>Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:</p> $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$ <p>Согласно закону Джоуля – Ленца за время <math>\Delta t</math> в рамке выделится количество теплоты</p> $Q = I^2 R \Delta t = \frac{S^2}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t} = \frac{l^4}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$ <p>За время <math>\Delta t_1 = t_1 = 4</math> с на первом участке графика <math>\Delta B_1 = B_1 - B_0 = -1</math> Тл, а на втором участке <math>\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 6</math> с и <math>\Delta B_2 = B_2 - B_1 = 0,6</math> Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты</p> $Q = Q_1 + Q_2 = \frac{l^4}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$ <p>Подставляя сюда значения физических величин, получим:</p> $Q = \frac{(0,1)^4}{0,2} \left[ \frac{1}{4} + \frac{0,36}{6} \right] = \frac{10^{-3}}{2} (0,25 + 0,06) = 0,155 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$ <p>Ответ: <math>Q = 0,155</math> мДж</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:            I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон электромагнитной индукции, закон Ома, закон Джоуля – Ленца; из графика найдены скорости изменения проекции вектора индукции магнитного поля <math>B_n</math> на перпендикуляр к плоскости рамки на первом и втором участках);            II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);            III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	3

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3



В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. <...> По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом. <...>

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Если расхождение составляет 2 или более балла за выполнение любого из заданий 25–32, то третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.