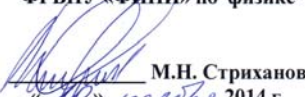


«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель  
ФГБНУ «Федеральный институт  
педагогических измерений»  
  
О.А. Решетникова  
«10» ноября 2014 г.

«СОГЛАСОВАНО»  
Председатель  
Научно-методического совета  
ФГБНУ «ФИПИ» по физике  
  
М.Н. Стриханов  
«10» ноября 2014 г.

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

**Кодификатор**  
элементов содержания и требований к уровню подготовки  
выпускников образовательных организаций для проведения  
единого государственного экзамена по физике

подготовлен Федеральным государственным бюджетным  
научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

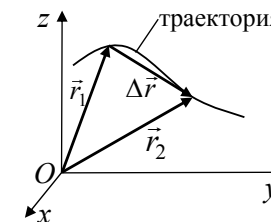
**Кодификатор**  
**элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников**  
**образовательных организаций для проведения единого государственного**  
**экзамена по ФИЗИКЕ**

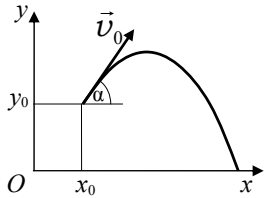
Кодификатор элементов содержания по физике и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена является одним из документов, определяющих структуру и содержание КИМ ЕГЭ. Он составлен на основе Федерального компонента государственных стандартов основного общего и среднего (полного) общего образования по физике (базовый и профильный уровни) (приказ Минобрнауки России от 05.03.2004 № 1089).

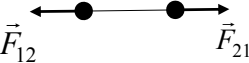
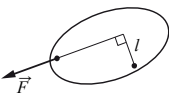
**Раздел 1. Перечень элементов содержания, проверяемых на едином**  
**государственном экзамене по физике**

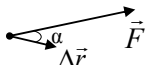
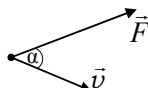
В первом столбце указан код раздела, которому соответствуют крупные блоки содержания. Во втором столбце приведен код элемента содержания, для которого создаются проверочные задания. Крупные блоки содержания разбиты на более мелкие элементы.

| Код<br>разде<br>ла | Код<br>контро<br>лируе<br>мого<br>эlemen<br>та | Элементы содержания,<br>проверяемые заданиями КИМ                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>           |                                                | <b>МЕХАНИКА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.1                |                                                | <b>КИНЕМАТИКА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                    | 1.1.1                                          | Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета                                                                                                                                                                                                                    |
|                    | 1.1.2                                          | Материальная точка.<br>Её радиус-вектор:<br>$\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$ ,<br>траектория,<br>перемещение:<br>$\Delta \vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = (\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ ,<br>путь.<br>Сложение перемещений:<br>$\Delta \vec{r}_1 = \Delta \vec{r}_2 + \Delta \vec{r}_0$ |



|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1.3 | <p>Скорость материальной точки:</p> $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z),$ $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ аналогично } v_y = y'_t, v_z = z'_t.$ <p>Сложение скоростей: <math>\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0</math></p>                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.1.4 | <p>Ускорение материальной точки: <math>\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z),</math></p> $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t, \text{ аналогично } a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t$                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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> $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$ $a_x = \text{const}$ $v_2^2 - v_1^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1.1.7 | <p>Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту:</p> $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \\ \begin{cases} v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \end{cases} \\ \begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases} \end{cases}$  |
| 1.1.8 | <p>Движение точки по окружности.</p> <p>Угловая и линейная скорость точки: <math>v = \omega R, \quad \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    | <b>ДИНАМИКА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1.2.1  | Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея                                                                                                                                                                                                |
| 1.2.2  | Масса тела. Плотность вещества: $\rho = \frac{m}{V}$                                                                                                                                                                                                                               |
| 1.2.3  | Сила. Принцип суперпозиции сил: $\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$                                                                                                                                                                                     |
| 1.2.4  | Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО $\vec{F} = m\vec{a}; \Delta \vec{p} = \vec{F}\Delta t$ при $\vec{F} = \text{const}$                                                                                                                                             |
| 1.2.5  | Третий закон Ньютона для материальных точек: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$                                                                                                                     |
| 1.2.6  | <p>Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами равны <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.</p> <p>Первая космическая скорость: <math>v_{\text{к}} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}</math></p>                                                                                                                  |
| 1.2.8  | Сила упругости. Закон Гука: $F_x = -kx$                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1.2.9  | <p>Сила трения. Сухое трение.</p> <p>Сила трения скольжения: <math>F_{\text{тр}} = \mu N</math></p> <p>Сила трения покоя: <math>F_{\text{тр}} \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  | <p>Момент силы относительно оси вращения:</p> <p><math>M = Fl</math>, где <math>l</math> – плечо силы относительно оси</p>                                                                    |
| 1.3.2  | <p>Условия равновесия твердого тела в ИСО:</p> $\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$                                                                                                                                              |
| 1.3.3  | Закон Паскаля                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.3.4  | Давление в жидкости, покоящейся в ИСО: $p = p_0 + \rho gh$                                                                                                                                                                                                                         |

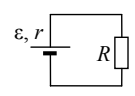
|     |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 1.3.5                               | Закон Архимеда: $\vec{F}_{\text{Арх}} = -\vec{P}_{\text{вытесн.}}$<br>если тело и жидкость покоятся в ИСО, то $F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн.}}$<br>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:<br>в ИСО $\Delta\vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}}\Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}}\Delta t + \dots$ ;<br>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<br>$A =  \vec{F}  \cdot  \Delta\vec{r}  \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x$<br>                                                                                                                                      |
|     | 1.4.5                               | Мощность силы:<br>$P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$<br>                                                                                                                                         |
|     | 1.4.6                               | Кинетическая энергия материальной точки:<br>$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ .<br>Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек: в ИСО $\Delta E_{\text{кин}} = A_1 + A_2 + \dots$                                                                                                                      |
|     | 1.4.7                               | Потенциальная энергия:<br>для потенциальных сил $A_{12} = E_{1\text{потенц}} - E_{2\text{потенц}} = -\Delta E_{\text{потенц}}$ .<br>Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести:<br>$E_{\text{потенц}} = mgh$ .<br>Потенциальная энергия деформированной пружины:<br>$E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$                          |
|     | 1.4.8                               | Закон изменения и сохранения механической энергии:<br>$E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$ ,<br>в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}$ ,<br>в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = 0$ , если $A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0$                                                                            |

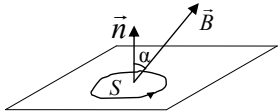
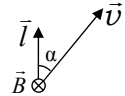
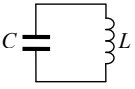
|     |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.5 | <b>МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|     | 1.5.1                                     | Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний.<br>Кинематическое описание:<br>$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ ,<br>$v_x(t) = x'_t$ ,<br>$a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 x(t)$ .<br>Динамическое описание:<br>$ma_x = -kx$ , где $k = m\omega^2$ .<br>Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии): $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}$ .<br>Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения:<br>$v_{\text{max}} = \omega A$ , $a_{\text{max}} = \omega^2 A$ |
|     | 1.5.2                                     | Период и частота колебаний: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$ .<br>Период малых свободных колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ .<br>Период свободных колебаний пружинного маятника:<br>$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|     | 1.5.3                                     | Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|     | 1.5.4                                     | Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длина волны: $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$ .<br>Интерференция и дифракция волн                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|     | 1.5.5                                     | Звук. Скорость звука                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2   | <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):<br>$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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:<br>$\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left( \frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2.1.9  | Уравнение $p = nkT$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2.1.10 | Модель идеального газа в термодинамике:<br>{ Уравнение Менделеева-Клапейрона<br>{ Выражение для внутренней энергии<br>Уравнение Менделеева-Клапейрона (применимые формы записи):<br>$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$<br>Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):<br>$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \nu c_v T = C_{VN} T$ |
| 2.1.11 | Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов:<br>$p = p_1 + p_2 + \dots$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2.1.12 | Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц $N$ (с постоянным количеством вещества $\nu$ ):<br>изотерма ( $T = \text{const}$ ): $pV = \text{const}$ ,<br>изохора ( $V = \text{const}$ ): $\frac{p}{T} = \text{const}$ ,<br>изобара ( $p = \text{const}$ ): $\frac{V}{T} = \text{const}$ .<br>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 объёма насыщенного пара                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.1.14 | Влажность воздуха.<br>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.<br>Удельная теплоемкость вещества $c$ : $Q = cm\Delta T$ .                                                                                                                                     |
| 2.2.5  | Удельная теплота парообразования $r$ : $Q = rm$ .<br>Удельная теплота плавления $\lambda$ : $Q = \lambda m$ .<br>Удельная теплота сгорания топлива $q$ : $Q = qm$                                                  |
| 2.2.6  | Элементарная работа в термодинамике: $A = p\Delta V$ .<br>Вычисление работы по графику процесса на $pV$ -диаграмме                                                                                                 |
| 2.2.7  | Первый закон термодинамики:<br>$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$                                                                                                                            |
| 2.2.8  | Второй закон термодинамики, необратимость                                                                                                                                                                          |
| 2.2.9  | Принципы действия тепловых машин. КПД:<br>$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} -  Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{ Q_{\text{хол}} }{Q_{\text{нагр}}}$          |
| 2.2.10 | Максимальное значение КПД. Цикл Карно<br>$\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$                                 |
| 2.2.11 | Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ .                                                                                                                                                       |
| 3      | <b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>                                                                                                                                                                                             |
| 3.1    | <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ</b>                                                                                                                                                                                          |
| 3.1.1  | Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда                                                                   |
| 3.1.2  | Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона:<br>$F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$                                                     |
| 3.1.3  | Электрическое поле. Его действие на электрические заряды                                                                                                                                                           |
| 3.1.4  | Напряжённость электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}$ .<br>Поле точечного заряда: $E_r = k \frac{q}{r^2}$ ,<br>однородное поле: $\vec{E} = \text{const}$ .<br>Картины линий этих полей |
| 3.1.5  | Принцип суперпозиции электрических полей:<br>$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$                                                                              |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1.6  | Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов и напряжение.<br>$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$<br>Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле: $W = q\varphi$ .<br><br>Потенциал электростатического поля: $\varphi = \frac{W}{q}$ .<br><br>Связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля: $U = Ed$ . |
| 3.1.7  | Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$ , внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$ .                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.1.8  | Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества $\epsilon$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.1.9  | Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$ .<br><br>Электроёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3.1.10 | Параллельное соединение конденсаторов:<br>$q = q_1 + q_2 + \dots$ , $U_1 = U_2 = \dots$ , $C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots$<br>Последовательное соединение конденсаторов:<br>$U = U_1 + U_2 + \dots$ , $q_1 = q_2 = \dots$ , $\frac{1}{C_{\text{посл}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$                                                                                                  |
| 3.1.11 | Энергия заряженного конденсатора: $W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.2    | <b>ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3.2.1  | Сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}$ . Постоянный ток: $I = \text{const}$ .<br>Для постоянного тока $q = It$                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.2.2  | Условия существования электрического тока.<br>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. $\epsilon = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}$                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.2.6  | Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $\epsilon = IR + Ir$ , откуда $I = \frac{\epsilon}{R + r}$ .<br>                                                                                                                      |
| 3.2.7  | Параллельное соединение проводников:<br>$I = I_1 + I_2 + \dots$ , $U_1 = U_2 = \dots$ , $\frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$<br><br>Последовательное соединение проводников:<br>$U = U_1 + U_2 + \dots$ , $I_1 = I_2 = \dots$ , $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 + \dots$                        |
| 3.2.8  | Работа электрического тока: $A = IUt$<br>Закон Джоуля–Ленца: $Q = I^2 Rt$                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.2.9  | Мощность электрического тока: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = IU$ .<br><br>Тепловая мощность, выделяемая на резисторе:<br>$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ .<br><br>Мощность источника тока: $P_\epsilon = \frac{\Delta A_{\text{ст. сил}}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \epsilon I$ |
| 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:<br>$F_A = IB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$                                                                                                                                                                                    |
| 3.3.4  | Сила Лоренца, её направление и величина:<br>$F_{\text{Лор}} =  q vB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$ .<br>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:<br>$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \bigg _{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_t$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                   |
| 3.4.4 | ЭДС индукции в прямом проводнике длиной $l$ , движущемся со скоростью $\vec{v}$ в однородном магнитном поле $\vec{B}$ :<br>$ \varepsilon_i  = Blv \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{l}$ и $\vec{v}$ , если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$                                                                                                                                                                                                                      |  |
| 3.4.5 | Правило Ленца                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                   |
| 3.4.6 | Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$ , или $\Phi = LI$ .<br><br>Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\varepsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \bigg _{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_t$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 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:<br>$\begin{cases} q(t) = q_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_t = \omega q_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$<br>Формула Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , откуда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .<br>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:<br>$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \text{const}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                   |
| 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 | ОПТИКА |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|     | 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.<br>Преломление света: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$ .<br><br>Абсолютный показатель преломления: $n_{\text{абс}} = \frac{c}{v}$ .<br><br>Относительный показатель преломления: $n_{\text{отн}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ .<br><br>Ход лучей в призме.<br>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: $\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n_{\text{отн}}} = \frac{n_1}{n_2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|     | 3.6.6  | Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы:<br>$D = \frac{1}{F}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|     | 3.6.7  | Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ .<br><br>Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|     | 3.6.8  | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|     | 3.6.9  | Фотоаппарат как оптический прибор.<br>Глаз как оптическая система                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 3.6.10                                           | Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников<br><br>максимумы: $\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$<br><br>минимумы: $\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ |
|     | 3.6.11                                           | Дифракция света. Дифракционная решётка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны $\lambda$ на решётку с периодом $d$ : $d \sin \varphi_m = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$                                                                                       |
|     | 3.6.12                                           | Дисперсия света                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4   | <b>ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|     | 4.1                                              | Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна                                                                                                                                                                                                                                                         |
|     | 4.2                                              | Энергия свободной частицы: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .<br><br>Импульс частицы: $\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .                                                                                                                                                                              |
|     | 4.3                                              | Связь массы и энергии свободной частицы:<br>$E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$ .<br>Энергия покоя свободной частицы: $E_0 = mc^2$                                                                                                                                                                                                                  |
| 5   | <b>КВАНТОВАЯ ФИЗИКА</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: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$ .<br><br>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:<br>$E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин max}}$ ,<br>где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ , $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$ ,<br><br>$E_{\text{кин max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{зап}}$                     |

|     |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 5.1.5                       | Волновые свойства частиц. Волны де Бройля.<br>Длина волны де Бройля движущейся частицы: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ .<br><br>Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах                                                                                                                    |
| 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:<br><br>$h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} =  E_n - E_m $                                                                                                                                                               |
|     | 5.2.3                       | Линейчатые спектры.<br>Спектр уровней энергии атома водорода:<br><br>$E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}, n = 1, 2, 3, \dots$                                                                                                                                                                                                 |
|     | 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 ${}^A_ZX$ : $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{ядра}}$                                                                                                                                                                                                                                  |
|     | 5.3.4                       | Радиоактивность.<br>Альфа-распад: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$ .<br>Бета-распад. Электронный $\beta$ -распад: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$ .<br>Позитронный $\beta$ -распад: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}\tilde{e} + \nu_e$ .<br>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                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

**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><i>Знать/Понимать:</i></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.1            | смысл физических понятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.2            | смысл физических величин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.3            | смысл физических законов, принципов, постулатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>2</b>       | <b><i>Уметь:</i></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, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще не известные 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 не известные 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><i>Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:</i></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                                                                                                                                                                                                             |