

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

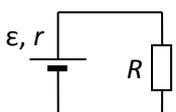
### Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

В экзаменационной работе содержательные элементы из раздела «Электрическое поле», «Законы постоянного тока» и «Магнитное поле» проверяются заданиями 11, 12, 14 и 15 части 1 и задачами 21, 23 и 25 части 2.

Ниже представлена таблица, составленная на основе Кодификатора проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике в 2024 году<sup>1</sup>. В таблицу включены все элементы содержания по данным темам, которые будут проверяться в КИМ текущего года.

<b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>	
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ</b>	
1	Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда
2	Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона: в однородном веществе с диэлектрической проницаемостью $\epsilon$ $F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$
3	Электрическое поле. Его действие на электрические заряды
4	Напряжённость электрического поля: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}$  Поле точечного заряда: $E_r = k \frac{q}{r^2}$ ,  однородное поле: $\vec{E} = \text{const}$ Картины линий этих полей
5	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов и напряжение. $A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$ Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле: $W = q\varphi$ Потенциал электростатического поля: $\varphi = \frac{W}{q}$  Связь напряженности поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля: $U = Ed$
6	Принцип суперпозиции электрических полей: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$
7	Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$ , внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$
8	Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества $\epsilon$
9	Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$  Электроёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$

<sup>1</sup> На сайте ФГБНУ «ФИПИ» <https://fipi.ru> в соответствующем разделе размещены демоверсии, спецификации и кодификаторы КИМ ЕГЭ 2024 г. В архиве с материалами по физике присутствует Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

10	<p>Параллельное соединение конденсаторов:  <math>q = q_1 + q_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots</math></p> <p>Последовательное соединение конденсаторов:  <math>U = U_1 + U_2 + \dots, q_1 = q_2 = \dots, \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots</math></p>
11	<p>Энергия заряженного конденсатора: <math>W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}</math></p>
<b>ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b>	
1	<p>Сила тока: <math>I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}</math>. Постоянный ток: <math>I = const</math></p> <p>Для постоянного тока <math>q = It</math></p>
2	<p>Условия существования электрического тока.                  Напряжение <math>U</math> и ЭДС <math>\varepsilon</math></p>
3	<p>Закон Ома для участка цепи: <math>I = \frac{U}{R}</math></p>
4	<p>Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества: <math>R = \rho \frac{l}{S}</math></p>
5	<p>Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока: <math>\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}</math></p>
6	<p>Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи:  <math>\mathcal{E} = IR + Ir</math>, откуда <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}</math></p> <div style="text-align: right;">  </div>
7	<p>Параллельное соединение проводников:  <math>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</math></p> <p>Последовательное соединение проводников:  <math>U = U_1 + U_2 + \dots, I_1 = I_2 = \dots, R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots</math></p>
8	<p>Работа электрического тока: <math>A = IUt</math>.</p> <p>Закон Джоуля – Ленца: <math>Q = I^2 Rt</math>.</p> <p>На резисторе <math>R</math>: <math>Q = A = I^2 Rt = IUt = \frac{U^2}{R} t</math></p>
9	<p>Мощность электрического тока: <math>P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = IU</math></p> <p>Тепловая мощность, выделяемая на резисторе: <math>P = I^2 R = \frac{U^2}{R}</math></p> <p>Мощность источника тока: <math>P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta A_{\text{ст. сил}}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \mathcal{E}I</math></p>
10	<p>Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов, газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод</p>
<b>МАГНИТНОЕ ПОЛЕ</b>	
1	<p>Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей: <math>\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots</math>. Линии магнитного поля. Картина линий поля полосового и подковообразного постоянных магнитов</p>
2	<p>Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током</p>

3	Сила Ампера, её направление и величина: $F_A = IBl \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между направлением проводника и вектором $\vec{B}$
4	Сила Лоренца, её направление и величина: $F_{\text{Лор}} =  q vB \sin \alpha$ , где $\alpha$ – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$ . Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

### Что нужно знать/уметь по теме

Ниже приведены описания проверяемых элементов содержания и умений, которые необходимо проявить при выполнении каждого из заданий 11, 12, 14 и 15 части 1 и задачами 21, 23 и 25 части 2, а также примеры заданий данной линии из открытого банка заданий ЕГЭ, раздел «Электродинамика».

Задания 11 и 12 являются заданиями с кратким ответом, в которых, как правило, необходимо рассчитать значение величины и записать ответ в виде числа

#### Задание 11

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Закон Кулона	Использовать закон Кулона для расчета физических величин
2	Сила тока. Закон Ома для участка цепи	Использовать формулу $q = It$ и закон Ома для участка цепи для вычисления физических величин с использованием фотографий электрических цепей. Определять: силу тока по графику зависимости от времени для заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника; заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, по графику зависимости силы тока от времени; сопротивление проводника по графику зависимости силы тока от напряжения между его концами
3	Работа электрического тока. Закон Джоуля–Ленца. Мощность электрического тока	Использовать формулы $A = IUt$ , $Q = I^2 Rt$ , $P = IU$ для вычисления физических величин

#### Задание 12

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Сила Ампера	Применять формулу для силы Ампера $F_A = IBl \sin \alpha$ в типовых ситуациях для расчета физических величин
2	Сила Лоренца	Использовать формулу для силы Лоренца $F_{\text{Лор}} =  q vB \sin \alpha$ , в типовых ситуациях для расчета физических величин

#### Задания 14 и 15

Задания 14 и 15 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2024 г. могут проверять элементы содержания по любой из тем раздела «Электродинамика». Как правило, в экзаменационном варианте эти задания базируются на материале разных тем.

В задании 14 необходимо из пяти предложенных утверждений выбрать все верные утверждения, характеризующие процесс, описанный в тексте задания. Для этого необходимо уметь проводить интегрированный анализ указанного процесса.

В задании 15 необходимо проанализировать описанный процесс и определить характер изменения двух физических величин, характеризующих этот процесс.

Задания 14 и 15 являются заданиями с кратким ответом, которые оцениваются максимально 2 баллами.

#### Задание 14

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электрическое поле. Законы постоянного тока. Магнитное поле	Анализировать процессы, связанные с взаимодействием неподвижных заряженных тел, электризацией тел, свойствами электростатического поля бесконечной плоскости, с изменением характеристик плоского конденсатора, с действием магнитного поля на проводники с током, которые представлены в виде таблиц, схематичных рисунков или словесного описания: выделять их основные свойства, уметь определять физические величины, характеризующие процесс.

#### Задание 15

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Законы постоянного тока. Магнитное поле	Анализировать изменение физических величин в процессах, в которых наблюдаются протекание постоянного тока в электрических цепях или проявляются действие силы Лоренца на движущуюся заряженную частицу

Во второй части работы могут предлагаться следующие задачи по данному разделу:

- качественная задача с развернутым ответом повышенного уровня сложности, максимальный балл – 3 (позиция 21);
- расчетная задача с развернутым ответом повышенного уровня сложности, максимальный балл – 2 (позиции 23).
- расчетная задача с развернутым ответом высокого уровня сложности, максимальный балл – 3 (позиции 25).

Задачи могут базироваться на любых содержательных элементах раздела. Как правило, в одном экзаменационном варианте эти задачи предлагаются на материале разных тем.

#### Задание 21

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электрическое поле. Законы постоянного тока. Магнитное поле	Решать качественные задачи по физике: работать с условием задачи, проводить рассуждения, объясняющие описанные в условии процессы и явления, подтверждая рассуждения ссылками на изученные свойства явлений, законы и закономерности

## Задание 23

Что нужно знать	Что нужно уметь
Электрическое поле. Законы постоянного тока. Магнитное поле	Решать расчетные задачи по физике: работать с условием задачи, искать необходимые справочные данные, делать рисунок (например, построение изображения в линзе), выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат.

## Задание 25

Что нужно знать	Что нужно уметь
Электрическое поле. Законы постоянного тока. Магнитное поле	Решать расчетные задачи по физике: работать с условием задачи, записывать краткое условие задачи, искать необходимые справочные данные, делать рисунок (например, с указанием сил, действующих на тело), если это необходимо для понимания физической ситуации; описывать физическую модель, выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат.

## Где взять информацию по теме

## ➤ Учебники

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика. Электродинамика. 10-11 класс. Углубленное изучение / ООО «Дрофа».
2. Мякишев Г.Я., Петрова М.А. и др. Физика. 10 класс. / ООО «Дрофа».  
Мякишев Г.Я., Петрова М.А. и др. Физика. 11 класс. / ООО «Дрофа».
3. Касьянов В.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / ООО «Дрофа».  
Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / ООО «Дрофа».
4. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пинского А.А., Кабардина О.Ф. / АО «Издательство «Просвещение».  
Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пинского А.А., Кабардина О.Ф. / АО «Издательство «Просвещение».
5. Пурешева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурешевой Н.С. / ООО «Дрофа».  
Пурешева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурешевой Н.С. / ООО «Дрофа».
6. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Парфентьевой Н.А. / АО «Издательство «Просвещение».  
Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Парфентьевой Н.А. / АО «Издательство «Просвещение».
7. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / ООО «Издательский центр «ВЕНТАНА-ГРАФ».  
Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / ООО «Издательский центр «ВЕНТАНА-ГРАФ».
8. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 10 класс. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».  
Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 11 класс. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».
9. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».  
Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 11 класс.

- Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».
10. Белага А.В., Ломанченков И.А., Панебратцев Ю.А. Физика. 10 класс. / АО «Издательство «Просвещение».
- Белага А.В., Ломанченков И.А., Панебратцев Ю.А. Физика. 11 класс. / АО «Издательство «Просвещение».
11. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «ИОЦ Мнемозина».
- Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «ИОЦ Мнемозина».

➤ **Уроки «Российской электронной школы»**

Физика. 10 класс, уроки 26-35. 11 класс, уроки 3, 4.

<https://resh.edu.ru/subject/28/10/>

**Какие задания открытого банка выполнить для тренировки**

**Задание 11**

D1ECFE  
8FC4FE  
A59DBD  
B9441C  
327D56  
09F095  
8EB8E6  
4F1964  
590A66  
0E8939

**Задание 12**

141EFE  
1B3904  
D747BC  
C33CCA  
3EFFE1  
B9F965  
CC666A  
91A4F6  
75F429  
D11DCF

**Задание 14**

E5F230  
56DF4A  
675443  
3BE118  
896222  
D624D6  
5624D7  
410957  
BC0DA8  
F70AC5

**Задание 15**

7E024D  
30094E  
A607F9  
7CC600  
528B03  
F42473  
0E5ADA  
BA756E  
B83F61  
168D9E

**Задание 21**

65FCD7  
FCBBA3  
14528D  
FEB0F6  
C51486  
18A9F2  
C57816

**Задание 25**

BE1F40  
11C8FA  
CAD4FA  
EA12FA  
ACCEB4  
406913  
C7DA11  
D16EDB  
0CF156  
8FDF50  
94914E  
2A7726  
8FDF50  
3E0ECA  
A23FEB  
904AED  
FC5E67

**Пример задания 23**

Ион с зарядом  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл и массой  $m = 1,5 \cdot 10^{-25}$  кг проходит ускоряющую разность потенциалов  $U = 10^3$  В и после этого попадает в однородное магнитное поле, в котором движется по окружности радиусом  $R = 0,3$  м. Определите модуль индукции  $B$  магнитного поля. Считать, что установка находится в вакууме. Силой тяжести и скоростью иона до прохождения ускоряющей разности потенциалов пренебречь.

**Возможное решение**

1. При прохождении ускоряющей разности потенциалов  $U$  заряженная частица массой  $m$  с зарядом  $q$  приобретает кинетическую энергию

$$\frac{mv^2}{2} = qU. \quad (1)$$

Здесь учтено, что начальная скорость частицы равна нулю.

2. При движении заряженной частицы в однородном магнитном поле  $\vec{B}$  по окружности радиусом  $R$  сила Лоренца вызывает центростремительное ускорение частицы

$$ma_{ц} = \frac{mv^2}{R} = F_{л} = qvB.$$

Отсюда

$$R = \frac{mv}{qB}. \quad (2)$$

3. Из (1) следует, что

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}.$$

Подставляя этот результат в (2), получим:

$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}.$$

Отсюда

$$B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$

$$B = \frac{1}{0,3} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \cdot 10^3}{3,2 \cdot 10^{-19}}} \approx 0,1 \text{ Тл.}$$

Ответ:  $B \approx 0,1$  Тл