

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

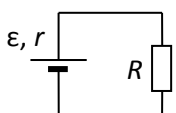
Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

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 году¹. В таблицу включены все элементы содержания по данным темам, которые будут проверяться в КИМ текущего года.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ	
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 ϵ $F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2}$
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. $A_{12} = q(\phi_1 - \phi_2) = -q\Delta\phi = qU$ Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле: $W = q\phi$ Потенциал электростатического поля: $\phi = \frac{W}{q}$ Связь напряженности поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля: $U = Ed$
6	Принцип суперпозиции электрических полей: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$, $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots$
7	Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $\vec{E} = 0$, внутри и на поверхности проводника $\phi = \text{const}$
8	Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества ϵ
9	Конденсатор. Электроёмкость конденсатора: $C = \frac{q}{U}$ Электроёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$

¹ 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: $q = q_1 + q_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots$</p> <p>Последовательное соединение конденсаторов: $U = U_1 + U_2 + \dots, q_1 = q_2 = \dots, \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$</p>
11	<p>Энергия заряженного конденсатора: $W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$</p>
ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
1	<p>Сила тока: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0}$. Постоянный ток: $I = const$</p> <p>Для постоянного тока $q = It$</p>
2	<p>Условия существования электрического тока. Напряжение U и ЭДС ε</p>
3	<p>Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$</p>
4	<p>Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества: $R = \rho \frac{l}{S}$</p>
5	<p>Источники тока. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока: $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}$</p>
6	<p>Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $\mathcal{E} = IR + Ir$, откуда $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$</p> <div style="text-align: right;">  </div>
7	<p>Параллельное соединение проводников: $I = I_1 + I_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, \frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$</p> <p>Последовательное соединение проводников: $U = U_1 + U_2 + \dots, I_1 = I_2 = \dots, R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots$</p>
8	<p>Работа электрического тока: $A = IUt$.</p> <p>Закон Джоуля – Ленца: $Q = I^2 Rt$.</p> <p>На резисторе R: $Q = A = I^2 Rt = IUt = \frac{U^2}{R} t$</p>
9	<p>Мощность электрического тока: $P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = IU$</p> <p>Тепловая мощность, выделяемая на резисторе: $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$</p> <p>Мощность источника тока: $P_{\mathcal{E}} = \frac{\Delta A_{\text{ст. сил}}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \mathcal{E}I$</p>
10	<p>Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов, газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод</p>
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ	
1	<p>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</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 α – угол между направлением проводника и вектором \vec{B}
4	Сила Лоренца, её направление и величина: $F_{\text{Лор}} = q vB \sin \alpha$, где α – 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. Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 10 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурышевой Н.С. / ООО «Дрофа».
Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурышевой 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