

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

**Электричество и магнетизм**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Медицинская и биологическая физика»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП  
В.П. Демкин

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ПК-1 Способность проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля: контрольные вопросы и задачи (ИОПК 1.1).

По дисциплине «Электричество и магнетизм» предусмотрены ответы на контрольные вопросы и решение задач по каждому разделу. Проводится в форме индивидуального собеседования, в процессе которого студент должен продемонстрировать умение пользоваться основными понятиями, законами и моделями общей физики; применять законы общей физики при решении задач общей физики.

### **Примеры контрольных вопросов:**

1. Взаимодействие каких зарядов описывает закон Кулона?
2. Какой заряд называется точечным?
3. Каков физический смысл напряженности электростатического поля?
4. Как рассчитать напряженность поля заданного распределения зарядов?
5. Где начинаются и кончаются линии напряженности  $E$ ?
6. Для каких систем зарядов удобно применять теорему Гаусса?
7. Каков физический смысл потенциала электростатического поля и разности потенциалов?
8. Как рассчитать потенциал поля заданного распределения электрических зарядов?
9. Как ориентированы линии напряженности поля относительно эквипотенциальных поверхностей?
10. В чем заключается консервативность электростатических сил?
11. Какая система зарядов называется электрическим диполем?
12. Какой функцией описывается плотность распределения зарядов точечного электрического диполя?
13. Как определяется вектор электрического дипольного момента и куда он направлен?
14. Как зависят от расстояния напряженности электрического поля, создаваемые точечным зарядом и диполем?
15. Как ведет себя диполь в неоднородном электрическом поле?
16. Опишите качественно характер распределения заряда по поверхности заряженного проводника.
17. Зависит ли емкость проводника от присутствия других тел?
18. Почему емкость конденсатора не зависит от присутствия других тел?

19. Как изменится напряженность поля между обкладками плоского конденсатора, если заряд одной из обкладок увеличить в два раза?
20. Если незаряженный проводник поместить во внешнее электростатическое поле, то как изменится энергия этого поля?
21. Чему равно напряжение на зажимах разомкнутого и замкнутого на внешнюю цепь источника э.д.с.?
22. Какой смысл имеет отрицательное значение контурного тока?
23. Ток протекает по железной проволоке, которая при этом слегка накаливается. Если часть проволоки охлаждать, погрузив ее в воду, другая часть проволоки раскалется сильнее. Почему?
24. Как рассчитать индукцию магнитного поля заданного распределения токов?
25. Чему равен поток вектора индукции магнитного поля через замкнутую поверхность?
26. Какую величину называют магнитным моментом замкнутого тока?
27. Возникает ли индукционный ток при поступательном движении контура в однородном магнитном поле?
28. Чем отличается индукционное поле от электростатического?
29. Что является источником электрических полей? Магнитных полей?
30. Диэлектрический равномерно заряженный диск находится в постоянном однородном магнитном поле, направленном нормально к поверхности диска. Внезапно поле исчезает. Что произойдет с диском?
31. Гибкая треугольная рамка с током помещена в магнитное поле. Изменится ли форма рамки?

**Ключи для контрольных вопросов:**

1. Закон Кулона описывает взаимодействие между точечными электрическими зарядами.
2. Точечный заряд - это материальная точка, обладающая зарядом. Материальная точка – это объект, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь по сравнению с другими телами.
3. Напряженность электростатического поля показывает силу, действующую на единичный положительный заряд в данной точке поля.
4. Для расчета напряженности поля заданного распределения зарядов используют закон Кулона для определения вклада в общую напряжённость от каждого точечного заряда и принцип суперпозиции для определения итогового поля.
5. Линии напряженности начинаются от положительных зарядов и заканчиваются на отрицательных зарядах, либо на бесконечности, если таких нет.
6. Теорема Гаусса удобна для систем зарядов, обладающих некоторой степенью симметрии, таких как сферические, цилиндрические или плоские распределения зарядов.
7. Потенциал электростатического поля показывает работу, необходимую для перемещения единичного положительного заряда из бесконечности до данной точки поля. Разность потенциалов - это разница потенциалов между двумя точками поля.
8. Для расчета потенциала поля заданного распределения электрических зарядов используют принцип суперпозиции для электростатического поля. Согласно ему, потенциал в точке – есть алгебраическая сумма потенциалов, создаваемых точечными зарядами, составляющими систему зарядов.

9. Линии напряженности электрического поля ориентированы перпендикулярно к эквипотенциальным поверхностям.
10. Консервативность электростатических сил заключается в том, что работа, совершаемая электростатическим полем при перемещении заряда, не зависит от пути, по которому происходит перемещение.
11. Электрический диполь - это система из двух равных по величине, но противоположно заряженных точечных зарядов, разделенных на некотором расстоянии.
12. Плотность распределения зарядов точечного электрического диполя описывается суммой двух дельта-функций Дирака.
13. Вектор электрического дипольного момента обозначается как  $\mathbf{p}$ , равен произведению положительного заряда диполя на вектор, соединяющий отрицательный и положительный заряды, и направлен от отрицательного заряда к положительному.
14. Напряженность поля, создаваемая точечным зарядом, убывает обратно пропорционально второй степени расстояния от заряда, а в случае диполя она убывает обратно пропорционально кубу расстояния.
15. Диполь в неоднородном электрическом поле будет подвержен вращательному моменту и силе, стремящейся развернуть его так, чтобы его момент совпадал с направлением поля. Если поле неоднородно так, что силы, действующие на разноимённые заряды не равны, то центр массы диполя будет двигаться с ускорением.
16. Заряд по поверхности заряженного проводника распределяется так, чтобы потенциал поверхности проводника всюду был одинаковым. В случае наличия симметрий у проводника, заряд будет распределён равномерно в соответствии с этими симметриями.
17. Если проводник не уединен, то потенциал, который он приобретает при сообщении ему определенного заряда, зависит от формы и присутствия других проводников. Это происходит благодаря явлению электростатической индукции – перераспределения зарядов под действием внешнего электрического поля.
18. Емкость конденсатора не зависит от присутствия других тел из-за того, что электрическое поле отлично от нуля только внутри конденсатора.
19. Если увеличить заряд одной из обкладок плоского конденсатора в два раза, то напряженность поля между обкладками увеличится в полтора раза.
20. Энергия внешнего электростатического поля при помещении незаряженного проводника в это поле уменьшится из-за возникновения поляризации проводника. Величина изменения энергии равна энергии электрического поля, заключённого внутри области, куда помещается проводник.
21. Напряжение на зажимах разомкнутого источника э.д.с. равно величине э.д.с. этого источника. Напряжение на зажимах замкнутого на внешнюю цепь источника равно величине э.д.с. источника за вычетом падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника.
22. Отрицательное значение контурного тока указывает на то, что направление тока в контуре противоположно выбранному направлению.
23. Если часть проволоки охлаждать, погрузив ее в воду, то сопротивление этой части проволоки, а вместе с ней и сопротивление всей проволоки будет уменьшаться. Ток в цепи будет расти, а это приведёт к росту выделяемой на другой часть проволоки мощности, что приведёт к росту её температуры.
24. Индукцию магнитного поля заданного распределения токов можно рассчитать с помощью закона Био-Савара для расчёта величины индукции магнитных полей от каждого тока в отдельности, и принципа суперпозиции для определения результирующей индукции поля.

25. Поток вектора индукции магнитного поля через замкнутую поверхность равен нулю в случае отсутствия магнитных монополей.
26. Магнитным моментом замкнутого тока называется векторная величина, характеризующая магнитные свойства контура с током. Для плоского контура с током она определяется как произведения силы тока на ориентированную площадь витка.
27. Индукционный ток не возникает при поступательном движении контура в однородном магнитном поле.
28. Индукционное поле отличается от электростатического тем, что оно создается изменением магнитного поля, а не самим наличием электрических зарядов..
29. Источниками электрических полей являются заряды, а источниками магнитных полей - движущиеся заряды и магнитные моменты элементарных частиц.
30. Если заряженный диск находится в постоянном однородном магнитном поле, и оно вдруг исчезает, то диск закрутится за счёт возникающего индукционного тока.
31. За счёт сил Ампера, рамка с током примет форму круга, перпендикулярного вектору индуктивности магнитного поля.

### Примеры задач для контрольных работ:

1. Три одинаковых положительных заряда  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1 \text{ нКл}$  расположены по вершинам равностороннего треугольника (рисунок 1.1). Какой отрицательный заряд  $Q_4$  нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравнивала силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?

#### Решение

Все три заряда, расположенные по вершинам треугольника, находятся в одинаковых условиях. Поэтому для решения задачи достаточно выяснить, какой заряд следует поместить в центре треугольника, чтобы один из трех зарядов, например  $Q_1$ , находился в равновесии.

В соответствии с принципом суперпозиции на заряд действует каждый заряд независимо от остальных. Поэтому заряд  $Q_1$  будет находиться в равновесии, если векторная сумма действующих на него сил равна нулю:

$$F_2 + F_3 + F_4 = F + F_4 = 0,$$

где  $F_2, F_3, F_4$  – силы, с которыми соответственно действуют на заряд  $Q_1$  заряды  $Q_2, Q_3$  и  $Q_4$ ;  $F$  – равнодействующая сил  $F_2$  и  $F_3$ .

Так как силы  $F$  и  $F_4$  направлены по одной прямой, то векторное равенство можно заменить скалярной суммой:

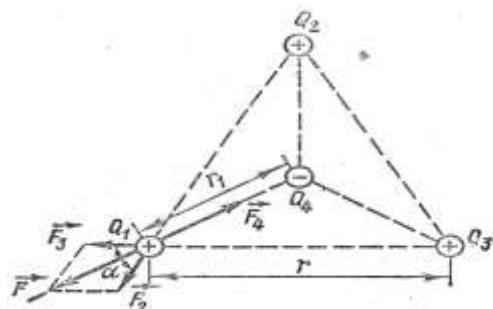
$$F - F_4 = 0, \text{ или } F = F_4.$$

Выразив в последнем равенстве  $F = F_4$  через  $F_2$  и  $F_3$  и учитывая, что  $F_2 = F_3$ , получим  $F_4 = F_2 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$ .

Применяя закон Кулона, и имея в виду, что  $Q_2 = Q_3 = Q_4$ , найдем

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_1 \times Q_4}{\epsilon r_1^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_1^2}{\epsilon r^2} \times \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}, \quad Q_4 = \frac{Q_1 r_1^2}{r} \times \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}.$$

Из геометрических построений в равностороннем треугольнике следует, что

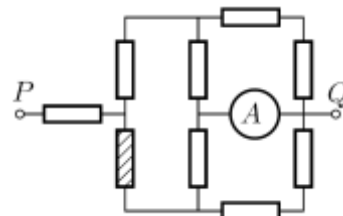


$$r_1 = \frac{\frac{r}{2}}{\cos 30^\circ} = \frac{r}{2 \cos 30^\circ} = \frac{r}{\sqrt{3}}, \quad \cos \alpha = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}. \quad \text{С учетом этого формула примет вид}$$

$$Q_4 = Q_1 \sqrt{3}. \quad \text{Подставив значение } Q_1, \text{ получим } Q_1 = 0,58 \text{ нКл}.$$

Равновесие системы зарядов будет неустойчивым.

2. В электрической цепи, указанной на рисунке амперметр  $A$  показывает  $I_1 = 32$  мА. Сопротивление всех резисторов одинаково и равно  $R$ . Вычислите силу тока  $I_x$ , который будет протекать через амперметр, если перегорит резистор, заштрихованный на схеме. Напряжение, подаваемое на разъёмы  $P$  и  $Q$  цепи, постоянно.



### Решение

Пусть ток течёт от узла  $P$  к узлу  $Q$ . Укажем на схеме направление тока и силу тока в соответствующих участках цепи (рис. 1). С учетом симметрии схемы (относительно пунктирной линии) её можно упростить, «сложив» верхнюю и нижнюю части (рис. 2). Приведём последнюю схему к более удобному виду (рис. 3). Сила тока  $I_2$  в нижней ветви в два раза меньше, чем  $I_1$ . Следовательно, сила тока, втекающего в цепь,  $I_0 = 3I_1/2$ . Сопротивление всей цепи

$$R_0 = \frac{3}{2}R + \frac{1}{3}R = \frac{11}{6}R,$$

а напряжение между узлами  $P$  и  $Q$  равно

$$U = I_0 R_0 = \frac{3}{2}I_1 \cdot \frac{11}{6}R = \frac{11}{4}I_1 R.$$

Если перегорит резистор, заштрихованный на схеме, ток через нижнюю часть цепи течь не будет. В этом случае эквивалентная схема цепи может быть представлена в виде (рис. 4). Теперь сопротивление всей цепи

$$R'_0 = 2R + \frac{2}{3}R = \frac{8}{3}R,$$

а сила тока

$$I'_0 = \frac{U}{R'_0} = \frac{11}{4}I_1 R \cdot \frac{3}{8R} = \frac{33}{32}I_1.$$

Сила тока, протекающего через амперметр и последовательно соединённый с ним резистор  $R$ , вдвое больше, чем через верхний участок цепи с сопротивлением  $2R$  (при параллельном соединении силы токов обратно пропорциональны сопротивлению резисторов). Следовательно,

$$I_x = \frac{2}{3}I'_0 = \frac{22}{32}I_1 = 22 \text{ мА}.$$

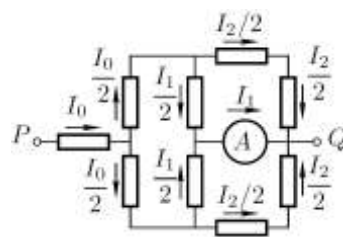


Рис. 1

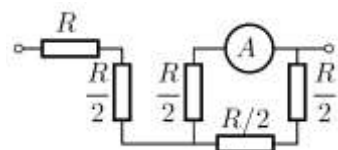


Рис. 2

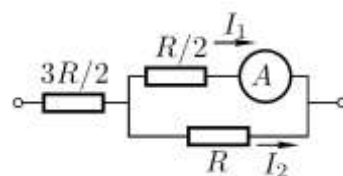


Рис. 3

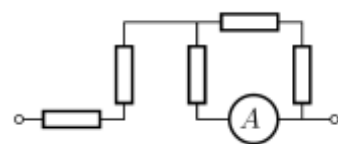


Рис. 4

3. Пространство между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами заполнено водой, находящейся при температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  (рис. 5). Расстояние между цилиндрами равно 1 мм и значительно меньше их радиусов. Цилиндры подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 42$  В. Через какое время вода между цилиндрами закипит?

Теплоёмкостью цилиндров и потерями теплоты пренебречь. Атмосферное давление нормальное. Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоёмкость воды  $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$ , удельное электрическое сопротивление воды  $r = 3200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

### Решение

Электрическое сопротивление слоя воды можно рассчитать по формуле

$$R = r \frac{d}{S} = r \frac{d}{lh}, \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние между цилиндрами,  $S$  – площадь поверхности контакта,  $l$  – длина окружности цилиндров,  $h$  – высота цилиндров. Согласно закону Джоуля-Ленца количество теплоты, выделившейся при прохождении электрического тока, равно

$$Q = \frac{U^2}{R} \tau = \frac{U^2 lh}{rd} \tau, \quad (2)$$

где  $\tau$  – время прохождения тока. Этого количества теплоты должно хватить для нагревания воды:

$$Q = mc\Delta t = c\rho l h d \Delta t.$$

Приравнявая выражения (1) и (2), находим время нагревания

$$\tau = \frac{cr\rho d^2 \Delta t}{U^2} \approx 609 \text{ с.} \approx 10 \text{ мин.}$$

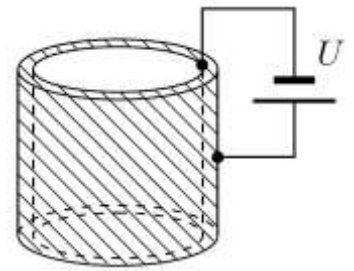


Рис. 5

4. Конденсатор электроёмкостью  $c_1 = 3 \text{ мкФ}$  был заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 40 \text{ В}$ . После отключения от источника тока конденсатор был соединен параллельно с другим незаряженным конденсатором электроёмкостью  $c_2 = 5 \text{ мкФ}$ . Определить энергию  $\Delta W$ , израсходованную на образование искры в момент присоединения второго конденсатора.

### Решение

Энергия, израсходованная на образование искры, равна

$$\Delta W = W_1 - W_2, \quad (1)$$

где  $W_1$  – энергия, которой обладал первый конденсатор до присоединения к нему второго конденсатора;

$W_2$  – энергия, которую имеет батарея, составленная из первого и второго конденсаторов.

Подставив в равенство (1) формулу энергии заряженного конденсатора  $W = \frac{cU^2}{2}$  и приняв

во внимание, что общая электроёмкость параллельно соединённых конденсаторов равна сумме электроёмкостей отдельных конденсаторов, получим:

$$\Delta W = \frac{c_1 U_1^2}{2} = \frac{(c_1 + c_2) U_2^2}{2}, \quad (2)$$

где  $c_1$  и  $c_2$  – электроёмкости первого и второго конденсаторов;

$U_1$  – напряжение, которое имел первый конденсатор;

$U_2$  – напряжение на зажимах батареи конденсаторов.

Учитывая, что заряд после присоединения второго конденсатора остался прежним, выразим разность потенциалов  $U_2$  следующим образом:

$$U_2 = \frac{Q}{c_1 + c_2} = \frac{c_1 U_1}{c_1 + c_2}.$$

Подставив полученное выражение  $U_2$  в формулу (2), получим:

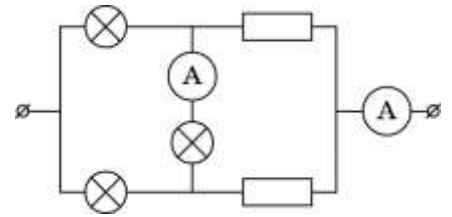
$$\Delta W = \frac{c_1 U_1^2}{2} - \frac{(c_1 + c_2) c_1^2 U_1^2}{2(c_1 + c_2)^2} = \frac{c_1 c_2}{2(c_1 + c_2)} U_1^2.$$

Произведя вычисления, получим  $\Delta W = 1,5 \text{ мДж}$ .

5. Цепь изображённая на схеме состоит из трёх одинаковых нелинейных элементов, двух резисторов и двух идеальных амперметров. Сила тока через нелинейный элемент пропорциональна квадрату корню из напряжения на нём.  $I = a\sqrt{U}$

Известно, что один из амперметров показывает ток  $I_x$ , а другой  $I_y$ , причём  $I_x > I_y$ .

Определите силу тока в каждом из элементов схемы.



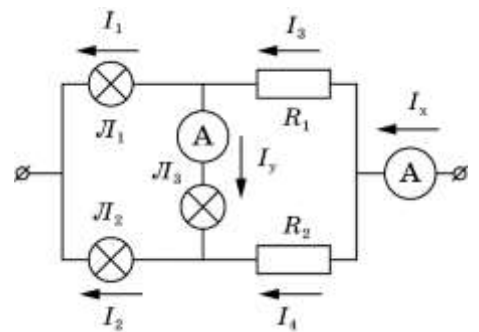
### Решение

Из двух заданных токов наибольший ( $I_x$ ) является общим током цепи, так как это наибольший из возможных токов в данной схеме, а  $I_y$  - током в нелинейном элементе. Расставим токи в цепи.

Из ВАХ нелинейного элемента следует, что

$$U = \frac{I^2}{a^2}$$

Напряжение на  $L_1$  равно  $U_{L1} = \frac{I_1^2}{a^2}$ . С другой стороны,



это напряжение равно сумме напряжений на  $L_2$  и  $L_3$  :  $U_{L1} = U_{L2} + U_{L3} = \frac{I_2^2}{a^2} + \frac{I_y^2}{a^2}$ .

Дополним систему условием на сумму токов  $I_1$  и  $I_2$ :

$$\begin{cases} \frac{I_1^2}{a^2} = \frac{I_2^2}{a^2} + \frac{I_y^2}{a^2} \\ I_1 + I_2 = I_x \end{cases}$$

$$I_1 = \frac{I_x^2 + I_y^2}{2I_x}$$

Решая систему получаем выражения для  $I_1$  и  $I_2$ :

$$I_2 = \frac{I_x^2 - I_y^2}{2I_x}$$

Токи  $I_3$  и  $I_4$  найдём из условия разветвления токов в узлах:

$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_y \\ I_2 = I_4 + I_y \end{cases}, \text{ откуда } \begin{cases} I_3 = \frac{(I_x - I_y)^2}{2I_x} \\ I_4 = \frac{(I_x + I_y)^2}{2I_x} \end{cases}$$

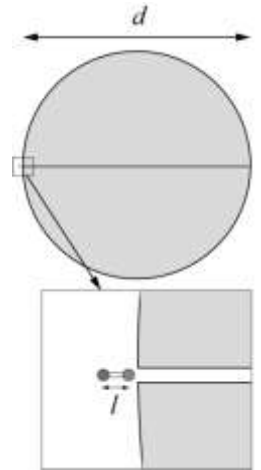


6. В большом однородном непроводящем шаре вдоль диаметра  $d$  просверлен узкий канал. Шар равномерно заряжен по объёму с объёмной плотностью заряда  $\rho > 0$  и закреплён. Вещество шара не поляризуется.

Ко входу в канал подносят диполь, образованный двумя заряженными шариками одинаковой массы, закреплёнными на концах лёгкого жёсткого непроводящего стержня, и отпускают. Через время  $t_d$  он оказывается на противоположном конце канала. Когда тоже самое проделывают с одним из шариков, он пролетает канал за время  $t_{ш}$ .

Определите плечо диполя  $l$ , считая, что  $l \ll d$ .

Укажите знак ближнего к шару заряда диполя в момент старта в первом случае и знак заряда шарика во втором. Диаметр шариков практически равен диаметру канала.



### Решение.

Напряжённость внутри однородно заряженного шара можно найти из теоремы Гаусса:

$$E(x) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} x, \text{ где } \rho - \text{объёмная плотность заряда шара, } x - \text{расстояние до центра шара.}$$

На диполь в электрическом поле действует равнодействующая двух кулоновских сил. Для втягивания диполя в шар нужно расположить его таким образом, чтобы ближний к центру шара заряд был положительным, так как поле ближе к центру слабее, а нам надо добиться превосходства силы притяжения над силой отталкивания.

$$F_d = F_+ - F_- = q(E(x+l) - E(x)) = \frac{ql\rho}{3\varepsilon_0} = \text{const},$$

где  $q$  – заряд диполя (модуль заряда каждого из шариков).

Таким образом, диполь будет разгоняться с постоянным ускорением  $a_d$  до вылета из шара.

$$\begin{cases} d = \frac{a_d t_d^2}{2}, \\ a_d = \frac{ql\rho}{6m\varepsilon_0}, \end{cases}$$

где  $m$  – масса одного из шариков диполя.

$$t_d = \sqrt{\frac{3m\varepsilon_0}{q\rho}} \sqrt{\frac{4d}{l}}.$$

Рассмотрим движение одного шарика. Если заряд шарика по знаку совпадает с зарядом большого шара, то в канал его не втянет, значит в условии речь идёт о шарике с противоположным (отрицательным) зарядом.

Второй закон Ньютона запишется в виде:

$$ma = qE(x),$$

$$m\ddot{x} = -\frac{q\rho}{3\varepsilon_0} x.$$

Это уравнение гармонических колебаний с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3m\varepsilon_0}{q\rho}}.$$

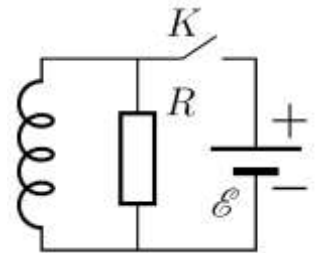
До противоположного конца канала шарик долетит за время

$$t_{ш} = \frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{3m\varepsilon_0}{q\rho}}.$$

Используя выражения для  $t_{ш}$  и  $t_d$ , получаем ответ:

$$l = d \left( \frac{2 t_{\text{ш}}}{\pi t_{\text{д}}} \right)^2.$$

7. В электрической цепи (рис) ключ  $K$  замкнули на некоторое время  $\tau$ , а потом разомкнули. За время после размыкания ключа через катушку индуктивности протёк заряд  $q_2 = 9$  мкКл. Какой заряд  $q_1$  протёк через резистор  $R$  за время, пока ключ был замкнут? Вычислите продолжительность времени  $\tau$ , на которое замкнули ключ  $K$ . Сопротивление резистора  $R = 500$  кОм, ЭДС батарейки  $U = 9$  В. Внутренним сопротивлением батарейки и сопротивлением катушки индуктивности пренебечь.



### Решение

После замыкания ключа в катушке индуктивности возникнет ЭДС индукции, равная  $L di/dt = U$ . Следовательно,  $L di = U dt$ . Так как все элементы цепи можно считать идеальными, а в момент замыкания ключа ток по цепи не протекал, можно записать  $L(I_K - 0) = U\tau$ . Отсюда

$$I_K = \frac{U}{L} \tau. \quad (5)$$

За время  $\tau$  через резистор протечёт заряд

$$q_1 = I_R \tau = \frac{U}{R} \tau. \quad (6)$$

После размыкания ключа сила тока в цепи будет изменяться по закону  $L di/dt = IR$ , то есть  $L di = R i dt = R dq$ . За время переходного процесса сила тока в цепи упадёт от  $I_K$  до 0, а через резистор протечёт заряд

$$q_2 = \frac{L I_K}{R}. \quad (7)$$

Из уравнений (5) и (7) следует:

$$\tau = \frac{q_2 R}{U} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Подставив найденное время  $\tau$  в уравнение (6), получим:

$$q_1 = I_R \tau = \frac{U}{R} \frac{q_2 R}{U} = q_2 = 9 \text{ мкКл.}$$

### Ключи для задач для контрольных работ:

По дисциплине «Электричество и магнетизма» предусмотрены две контрольные работы.

В середине семестра по темам: Электрическое поле в вакууме, закон Кулона, напряженность электрического поля, теорема Гаусса, работа в электрическом поле, потенциал, связь потенциала с напряженностью электрического поля, общая задача математической электростатики, проводники в электрическом поле, емкость, диэлектрики и их свойства, энергия электростатического поля.

В конце семестра по темам: постоянный электрический ток, электронная теория проводимости, магнитное поле в вакууме, работа в магнитном поле, магнитное поле в веществе, электромагнитная индукция, переменный ток, уравнения Максвелла, электрические явления в контактах, электронная эмиссия, электрический ток в газах.

Критерии оценивания: результаты контрольной работы определяются оценками «зачтено» и «не зачтено». Оценка «зачтено» выставляется, если студент предъявляет

правильные письменные ответы на все контрольные вопросы и решения по одной задаче из каждого раздела. При этом способен для каждой задачи обосновать метод решения, понимает используемые термины и формулы и получил правильный ответ. При невыполнении указанных критериев оценки «зачтено» выставляется оценка «не зачтено».

### 3. Оценочные материалы промежуточной аттестации и критерии оценивания

Экзамен в первом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два вопроса:

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнил все практические задания.

Первые вопросы билетов проверяют формирование ОПК-1 в соответствии с индикатором ИОПК-1.1. Ответы даются в развернутой форме.

Вторые вопросы билетов проверяют формирование ПК-1 в соответствии с индикатором ИПК-1.1. Ответы даются в развернутой форме.

Пример экзаменационного билета:

#### БИЛЕТ № 1

1. Вопрос 1. Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Экспериментальная проверка закона Кулона и пределы его применимости.
1. Вопрос 2. Классическая электронная теория проводимости. Вывод законов Ома, Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка определяется, исходя из текущей аттестации в течение семестра и согласуется с принятым соответствием с 5-ти балльной шкалой оценивания: – «отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично», с учетом успеваемости, выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы по билету, а также даны правильные ответы на дополнительные и/или уточняющие вопросы по основным темам и содержанию курса.

Оценка «хорошо», с учетом успеваемости, выставляется, если даны неполные правильные ответы на теоретические вопросы по билету, но имеются так же правильные ответы на часть дополнительных и/или уточняющих вопросов по основным темам и содержанию курса.

Оценка «удовлетворительно», с учетом промежуточной успеваемости, выставляется, если даны неправильные ответы на теоретические вопросы, но при этом даны правильные ответы на дополнительные и/или уточняющие вопросы по основным темам и содержанию курса.

Оценка «неудовлетворительно», с учетом успеваемости, выставляется, если даны неправильные ответы на оба теоретических вопроса билета и отсутствуют ответы на дополнительные или уточняющие вопросы.

### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Примеры вопросов для тестирования:

1. Потенциал поля  $\varphi = \mathbf{a} \cdot \mathbf{r}$ , где  $\mathbf{a}$  - постоянный вектор. Поле какого вида описывает данный потенциал?

А)  $\mathbf{E} = \mathbf{a}$

Б)  $\mathbf{E} = -\mathbf{a}$  – верный ответ

В)  $E=3a$

Г)  $E=-3a$

2. Как ориентированы линии напряженности электростатического поля вблизи поверхности проводника?

А) перпендикулярны этой поверхности – верный ответ

Б) параллельны этой поверхности

В) ориентированы под углом, зависящем от величины напряжённости электрического поля

Г) ориентированы под углом, зависящем от величины диэлектрической проницаемости проводника

3. Какая система зарядов может создать в вакууме поле с напряженностью  $E = ar$  ( $a$  - константа)?

А) Сферически симметричное распределение заряда, где плотность заряда возрастает пропорционально  $r$  в первой степени

Б) Сферически симметричное распределение заряда, где плотность заряда постоянна – верный ответ

В) Поле заряженной нити

Г) Поле точечного заряда

4. Линейные размеры плоского конденсатора увеличили в  $N$  раз. Во сколько раз изменится емкость конденсатора?

А) Увеличится в  $N$  раз – верный ответ

Б) Увеличится в  $N^2$  раз

В) Уменьшится в  $N$  раз

Г) Уменьшится в  $N^2$  раз

5. Чему равен поток вектора  $E$  через полусферу радиуса  $R$ , расположенной в однородном поле  $E$ , параллельном оси симметрии полусферы?

А)  $4\pi ER^2$

Б)  $2\pi ER^2$

В)  $\pi ER^2$  – верный ответ

Г)  $ER$

6. Сила, действующая на заряд  $q$ , помещенный в центре сферы радиусом  $r$ , заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma$ , равна

А)  $\sigma q/\epsilon_0$

Б)  $4\pi R^2 q/\epsilon_0$

В)  $4\pi \sigma q/\epsilon_0$

Г) 0 – верный ответ

7. Три точечных заряда расположены в вершинах равностороннего треугольника. Два из них одноименные и равные друг другу  $Q$ . Чтобы потенциальная энергия взаимодействия зарядов была равна нулю, третий заряд  $Q_1$  должен быть равным

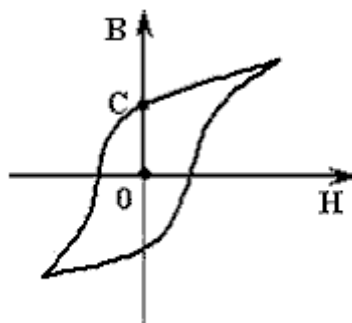
А) 0

Б)  $Q/2$

В)  $-Q/2$  – верный ответ

Г)  $-Q$

8. На рисунке показана зависимость индукции магнитного поля  $B$  в ферромагнетике от напряженности  $H$  внешнего магнитного поля. Участок ОС соответствует



- А) остаточной магнитной индукции ферромагнетика – верный ответ
  - Б) магнитной индукции насыщения ферромагнетика
  - В) коэрцитивной силе ферромагнетика
  - Г) остаточной намагниченности ферромагнетика
9. В длинный соленоид поместили ферритовый сердечник с магнитной проницаемостью  $\mu$ . Индуктивность соленоида при этом:
- А) увеличится в  $\mu+1$  раз
  - Б) увеличится в  $\mu$  раз – верный ответ
  - В) уменьшится в  $\mu+1$  раз
  - Г) уменьшится в  $\mu$  раз

#### **Информация о разработчиках**

Демкин Владимир Петрович, профессор, доктор физико-математических наук, физический факультет Томского государственного университета, зав. кафедрой общей и экспериментальной физики

Абдрашитов Сергей Владимирович, старший преподаватель кафедры общей и экспериментальной физики физического факультета ТГУ.