

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

ЧАСТЬ 2

**ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ,
ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК,
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ,
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

ОМСК 2018

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 2

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ,
ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК,
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ,
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Утверждено методическим советом университета
в качестве учебно-методического пособия
для самостоятельной работы студентов
при подготовке к тестированию по физике

Омск 2018

УДК 530.1(075.8)
ББК 22.3я73
А44

Подготовка к тестированию по физике. Часть 2. Электростатическое поле, постоянный электрический ток, электромагнетизм, колебания и волны: Учебно-методическое пособие / Т. А. Аронова, С. В. Вознюк, С. А. Гельвер, И. А. Дроздова, С. Н. Крохин, Р. С. Курманов, В. Л. Литневский, С. А. Минабудинова, С. Н. Смердин, Г. Б. Тодер; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. 36 с.

Учебно-методическое пособие сформировано в соответствии с действующей рабочей программой по курсу общей физики для втузов. Оно содержит общие методические рекомендации по выполнению теоретических и практических тестовых заданий по физике в условиях аттестации, а также методические рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию. По каждой теме разделов физики представлены вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям, примеры решения типовых теоретических и практических тестовых заданий, задания для самостоятельного решения с ответами.

Предназначено для самоподготовки студентов очной и заочной форм обучения к текущей и промежуточной аттестации в форме тестирования.

Библиогр.: 8 назв. Рис. 16. Табл. 1. Прил. 1.

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, профессор В. И. Струнин;
канд. техн. наук, доцент Т. В. Ковалева.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1. Правила тестирования по физике в условиях аттестации и методические рекомендации по подготовке к тестированию..... | 6 |
| 1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике..... | 6 |
| 1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации..... | 6 |
| 1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике..... | 6 |
| 1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий..... | 7 |
| 2. Контрольная работа № 5..... | 7 |
| 2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части..... | 7 |
| 2.2. Примеры решения теоретических заданий..... | 8 |
| 2.3. Примеры решения практических заданий..... | 9 |
| 2.4. Задания для самостоятельного решения..... | 11 |
| 3. Контрольная работа № 6..... | 13 |
| 3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части..... | 13 |
| 3.2. Примеры решения теоретических заданий..... | 14 |
| 3.3. Примеры решения практических заданий..... | 15 |
| 3.4. Задания для самостоятельного решения..... | 18 |
| 4. Контрольная работа № 7..... | 20 |
| 4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части..... | 20 |
| 4.2. Примеры решения теоретических заданий..... | 21 |
| 4.3. Примеры решения практических заданий..... | 23 |
| 4.4. Задания для самостоятельного решения..... | 25 |
| 5. Контрольная работа № 8..... | 27 |
| 5.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части..... | 27 |
| 5.2. Примеры решения теоретических заданий..... | 28 |
| 5.3. Примеры решения практических заданий..... | 30 |
| 5.4. Задания для самостоятельного решения..... | 32 |
| Библиографический список..... | 34 |
| Приложение. Ответы к заданиям для самостоятельного решения..... | 35 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время задание для текущей и промежуточной аттестации студентов очной и заочной форм обучения часто представляет собой набор тестовых вопросов и задач. Поэтому студентам необходима самостоятельная подготовка к аттестационным мероприятиям, учитывающая специфику тестирования как формы контроля усвоения материала.

Предлагаемое читателю учебно-методическое пособие предназначено студентам первого курса ОмГУПС, изучающим дисциплину «Физика». В рамках модульно-рейтинговой системы обучения достижения и компетенции студентов оцениваются по результатам контрольных мероприятий. Рабочая программа второго семестра предусматривает четыре контрольных мероприятия в виде тестовых заданий, теоретических вопросов и типовых задач. Цель данного пособия – организовать эффективную подготовку к тестированию и помочь студентам добиться высоких рейтинговых показателей.

Каждый пункт пособия содержит примеры решения теоретических и практических типовых тестовых заданий, а также задания для самостоятельного решения с ответами.

Относящиеся ко второй части курса «Физика» типовые задачи, сформулированные в традиционной форме [1–3], и примеры их решения даны в учебно-методических изданиях ОмГУПС [4 – 8]. В данном пособии все задания сформулированы в тестовой форме. Они аналогичны заданиям, предлагаемым студентам ОмГУПС при проведении аттестации. Поэтому авторы надеются, что представленный в пособии материал поможет читателям подготовиться к аттестации успешно пройти ее.

1. ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ АТТЕСТАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕСТИРОВАНИЮ

1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике

Контролирующие материалы состоят из двух частей: теоретической и практической.

Теоретическая часть состоит из пяти тестовых заданий и двух вопросов в традиционной формулировке, требующих расширенного ответа. Тестовые задания содержат вопросы, связанные с определениями физических величин, единицами измерения, применением физических величин, связью физических величин друг с другом, графиками зависимости физических величин от каких-либо параметров, а также формулировками физических законов, и предполагают выбор одного правильного ответа.

Практическая часть состоит из пяти тестовых заданий, также предполагающих выбор одного правильного ответа, и одной типовой задачи.

1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации

При выполнении контрольной работы необходимо нарисовать таблицу, в столбцах (строках) которой указать номер задания и соответствующий этому заданию номер выбранного варианта ответа.

Для аттестации по теоретическим заданиям достаточно указать номер варианта ответа. Приводить обоснование выбора варианта ответа на теоретические задания не требуется. Если указан правильный вариант ответа, то задание оценивается в 1 балл.

Для аттестации по практическим заданиям недостаточно указать номер варианта ответа, требуется представить развернутое решение каждого задания. Если развернутое решение не представлено, то задание оценивается как невыполненное, в 0 баллов.

При вычислениях разрешается использовать калькулятор и черновик. Черновик не проверяется и на результат аттестации не влияет.

На выполнение заданий отводится 90 минут (два академических часа).

1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике

При подготовке к тестированию для успешного выполнения теоретических заданий следует основательно поработать с вопросами к контрольной работе: выучить определения физических величин и явлений; формулировки за-

конов, границы применимости законов и теорий; запомнить формулы, связывающие физические величины друг с другом, и единицы измерения этих величин в системе СИ. В определениях величин важно обязательно указать, является ли она векторной, скалярной или алгебраической. Это требование относится и к формулировке физических законов.

Для успешного выполнения практических заданий важно научиться распознавать и решать типовые задачи, применяя алгоритмы решения, рассмотренные на аудиторных занятиях. Во всем этом обязательно нужно тренироваться, в частности, используя материал предлагаемого пособия.

Полезно также повторить необходимые для вычислений математические выражения (например, тригонометрические соотношения, правила вычисления производных и интегралов различных функций, правила нахождения проекции векторов на координатные оси и т. п.).

К тестированию важно подготовиться психологически и физически: прийти собранным, настроенным на положительный результат, бодрым, выспавшимся.

1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий

Приступать к тестированию желательно в спокойном состоянии, преодолев волнение.

Задания можно выполнять в любом порядке. Начинать лучше с понятных. Задания, которые не понятны или вызывают трудности, можно пропустить. Вы сможете возвратиться к ним после выполнения других заданий.

При выборе правильного варианта ответа на практическое задание обратите внимание на указанные в тексте задания единицы измерения искомой физической величины, в которых требуется представить ответ.

Чтобы избежать обидных ошибок, связанных скорее с личностными особенностями, чем с незнанием материала, после выполнения заданий следует проверить правильность решения и правильность представления ответа.

2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 5

2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части «Электростатическое поле в вакууме»

1. Электрический заряд и его дискретность.
2. Закон сохранения электрического заряда.
3. Точечный заряд.

4. Линейная плотность заряда.
5. Поверхностная плотность заряда.
6. Объемная плотность заряда.
7. Взаимодействие заряженных частиц. Закон Кулона.
8. Теории дальнего действия и ближнего действия. Электростатическое поле.
9. Напряженность электрического поля. Электрическое поле точечного заряда.
10. Принцип суперпозиции электрических полей.
11. Силовые линии электрического поля. Однородное электрическое поле.
12. Поток вектора напряженности электрического поля.
13. Теорема Гаусса для электростатического поля.
14. Поведение электрического заряда в электрическом поле. Работа поля при перемещении заряда.
15. Потенциал и разность потенциалов.
16. Эквипотенциальные поверхности.
17. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.
18. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.
19. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Принцип работы электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), линейного ускорителя заряженных частиц.
20. Проводники. Электрическое поле в проводниках. Электростатическая защита.

2.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. Электрический заряд – это количественная мера способности тела к

- 1) слабому взаимодействию; 2) гравитационному взаимодействию;
- 3) сильному взаимодействию; 4) электромагнитному взаимодействию;
- 5) ядерному взаимодействию.

Решение. Электрический заряд – это количественная мера способности тела к электромагнитному взаимодействию.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 2. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда $q_{\text{п}}$. Как изменится модуль напряженности, если величину пробного заряда увеличить в 2 раза:

- 1) уменьшится в 4 раза; 2) увеличится в 2 раза; 3) уменьшится в 2 раза;
- 4) увеличится в 4 раза; 5) не изменится?

Решение. Напряженность электрического поля не зависит от величины пробного заряда.

Номер правильного ответа: 5.

З а д а н и е 3. Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов

- 1) прямо пропорциональна расстоянию между ними;
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между ними;
- 3) прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними;
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними;
- 5) не зависит от расстояния между ними.

Решение. Согласно закону Кулона сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов прямо пропорциональна произведению их модулей и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 4. Объемная плотность электрического заряда в системе СИ измеряется в

- 1) В/м.
- 2) Кл/м².
- 3) В·м.
- 4) Кл/м³.
- 5) Кл/м.

Решение. Объемная плотность электрического заряда $\rho = dq / dV$, следовательно, объемная плотность электрического заряда в системе СИ измеряется в Кл/м³.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 5. Работа электростатического поля по перемещению заряда q из точки 1 в точку 2

- 1) прямо пропорциональна q^2 ;
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между точками 1 и 2;
- 3) прямо пропорциональна разности потенциалов между точками 1 и 2;
- 4) обратно пропорциональна разности потенциалов между точками 1 и 2;
- 5) не зависит от заряда q .

Решение. Работа электростатического поля по перемещению заряда q из точки 1 в точку 2 вычисляется по формуле: $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$, следовательно, работа электростатического поля по перемещению заряда q из точки 1 в точку 2 прямо пропорциональна разности потенциалов между точками 1 и 2.

Номер правильного ответа: 3.

2.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 1. Два одинаковых иона находятся в вакууме на расстоянии 10 нм и взаимодействуют с силой 9,2 пН. Сколько «лишних» электронов у каждого иона:

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 4;
- 4) 20;
- 5) 40?

Дано:
 $r = 10 \cdot 10^{-9} \text{ м}$
 $F = 9,2 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$
 Найти: $N - ?$

Решение. Заряд каждого иона $q = Nq_e$, где $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона, подставим в формулу закона Кулона:

$$F = \kappa_e \frac{N^2 q_e^2}{r^2}, \text{ откуда найдем}$$

$$N = \sqrt{\frac{r^2 F}{k_e q_e^2}} = \frac{r}{|q_e|} \sqrt{\frac{F}{k_e}} = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \sqrt{\frac{9,2 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^9}} = 2.$$

Ответ: $N = 2$.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 2. Сила взаимодействия двух одинаковых неподвижных точечных зарядов равна F . Какой будет сила взаимодействия, если величину каждого из зарядов уменьшить в 4 раза, а расстояние между ними увеличить в 2 раза:

- 1) $F_1 = F$; 2) $F_1 = \frac{1}{16} F$; 3) $F_1 = \frac{1}{4} F$; 4) $F_1 = 16F$; 5) $F_1 = \frac{1}{64} F$?

Дано:
 $q_1 = q / 4$
 $r_1 = 2r$
 F

Решение. Согласно закону Кулона

$$F = \kappa_e \frac{q^2}{r^2}; F_1 = \kappa_e \frac{q_1^2}{r_1^2} = k_e \frac{(q/4)^2}{(2r)^2} = \frac{1}{64} k_e \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{64} F.$$

Найти:
 $F_1 - ?$

Ответ: $F_1 = \frac{1}{64} F$.

Номер правильного ответа: 5.

З а д а н и е 3. Электрическое поле образовано двумя одинаковыми точечными отрицательными зарядами по 1 нКл, расположенными в двух противоположенных вершинах квадрата со стороной 50 см, в вакууме. Найти потенциал поля в третьей вершине.

- 1) 0. 2) -18 В . 3) -36 В . 4) 36 В . 5) 72 В .

Дано:
 $q = -1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $r = 0,50 \text{ м}$
 Найти: $\varphi - ?$

Решение. Согласно принципу суперпозиции потенциал поля, создаваемого в данной точке двумя точечными зарядами $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, где φ_1 и φ_2 – потенциалы полей, создаваемых каждым из зарядов в этой точке. Так как заряды одинаковые и расстояние от них до данной точки одинаковое,

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{k_e q}{r}. \text{ Тогда } \varphi = 2 \frac{k_e q}{r} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (-1 \cdot 10^{-9})}{0,50} = -36 \text{ В}.$$

Ответ: $\varphi = -36 \text{ В}$.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 4. По тонкому проволочному кольцу радиусом 6 см равномерно распределен заряд 1 нКл. Найти линейную плотность заряда.

1) 2,7 нКл/м. 2) 5,4 нКл/м. 3) 27 пКл/м. 4) 54 пКл/м. 5) 8,5 нКл/м.

Дано:
 $q = 1 \cdot 10^{-9}$ Кл
 $R = 0,06$ м
 Найти: τ – ?

Решение. Линейная плотность заряда $\tau = \frac{dq}{dl}$. Так как заряд распределен по кольцу равномерно, линейную плотность заряда можно вычислить по формуле $\tau = \frac{q}{l}$, где $l = 2\pi R$ – длина кольца. Таким образом, $\tau = \frac{q}{2\pi R} = \frac{1 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,06} = 2,7 \cdot 10^{-9}$ Кл/м.

Ответ: $\tau = 2,7$ нКл/м.

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 5. Две капли воды с электрическими зарядами 20 мкКл и –30 мкКл находятся на расстоянии 3 м друг от друга. Какова потенциальная энергия их взаимодействия:

1) 0. 2) –1,8 Дж. 3) –0,6 Дж. 4) 0,6 Дж. 5) 1,8 Дж?

Дано:
 $q_1 = 20 \cdot 10^{-6}$ Кл
 $q_2 = -30 \cdot 10^{-6}$ Кл
 $r = 3$ м
 Найти: W_p – ?

Решение. Потенциальная энергия взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов

$$W_p = k_e \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot (-30) \cdot 10^{-6}}{3} = -1,8 \text{ Дж.}$$

Ответ: $W_p = -1,8$ Дж.

Номер правильного ответа: 2.

2.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

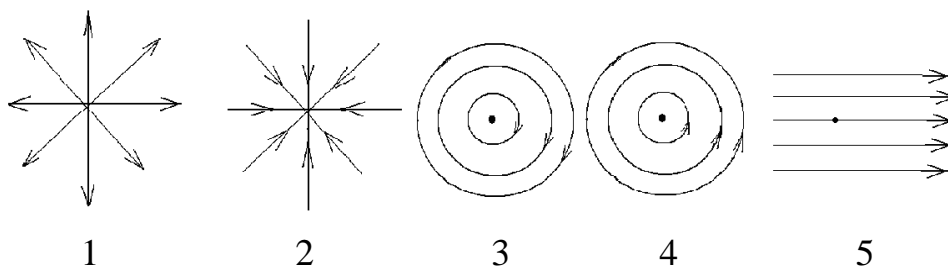
1. Сила электростатического взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов

- 1) прямо пропорциональна расстоянию между ними;
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между ними;
- 3) прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними;
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними;
- 5) не зависит от расстояния между ними.

2. Поверхностная плотность заряда для равномерно заряженной плоскости

- 1) численно равна заряду плоскости;
- 2) направлена параллельно плоскости;
- 3) направлена перпендикулярно плоскости;
- 4) численно равна заряду единицы площади;
- 5) численно равна заряду единицы длины плоскости.

3. На каком рисунке правильно изображена картина линий напряженности электростатического поля уединенного точечного положительного заряда?



4. Потенциал поля положительного точечного заряда
 - 1) увеличивается с ростом расстояния от заряда;
 - 2) измеряется в вольтах на метр (В/м);
 - 3) направлен к заряду;
 - 4) обратно пропорционален расстоянию от заряда;
 - 5) не зависит от расстояния от заряда.
5. Закон сохранения электрического заряда справедлив для
 - 1) изолированной системы;
 - 2) инерциальной системы;
 - 3) декартовой системы;
 - 4) открытой системы;
 - 5) гелиоцентрической системы.

Практическая часть

6. Пылинка, имевшая заряд $-2e$, при освещении потеряла два электрона. Каким стал заряд пылинки:

- 1) $-3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл; 2) $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; 3) $-6,4 \cdot 10^{-19}$ Кл;
- 4) $-4,0 \cdot 10^{-19}$ Кл; ; 5) 0?

7. Модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме равен 0,18 мН. Определить расстояние между зарядами, если их величины равны 10 и 20 нКл.

- 1) 1,0 м. 2) 0,01 м. 3) 100 м. 4) 10 м. 5) 0,1 м.

8. Модуль вектора напряженности электрического поля равномерно заряженной бесконечно длинной проволоки в вакууме с линейной плотностью заряда $2,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м на расстоянии 2 см от нее равен

1) 4,5 кВ/м; 2) 9 кВ/м; 3) 45 кВ/м; 4) 90 кВ/м; 5) 450 кВ/м.

9. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 3 м расположены одинаковые отрицательные заряды по -1 нКл каждый. Потенциал в третьей вершине равен

1) 0; 2) 6 В; 3) -6 В; 4) -2 В; 5) 2 В.

10. Заряд 6280 пКл равномерно распределен по поверхности сферы радиусом 10 мм. Поверхностная плотность заряда на сфере равна, мкКл/м²,

1) 5; 2) 20; 3) 62,8; 4) 500; 5) 2000.

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 6

3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Электростатическое поле в веществе. Постоянный электрический ток»

1. Электрический диполь. Поведение электрического диполя в электрическом поле.

2. Диэлектрики. Полярные и неполярные молекулы.

3. Поляризация диэлектрика. Поляризованность.

4. Электрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

5. Электрическая индукция (электрическое смещение).

6. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции электрического поля в диэлектрике.

7. Емкость уединенного проводника. Емкость шара.

8. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Емкость плоского конденсатора.

9. Последовательное и параллельное соединение конденсаторов.

10. Энергия электрического заряда, заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

11. Электрический ток и условия его существования.

12. Сила тока, плотность электрического тока.

13. Сопротивление проводника.

14. Закон Ома для участка цепи.

15. Последовательное и параллельное соединение проводников.

16. Работа и мощность электрического тока.

17. Закон Джоуля – Ленца. КПД нагревателя.

18. Электродвижущая сила (ЭДС).
19. Закон Ома для полной цепи.
20. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.

3.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. Полный заряд электрического диполя:

- 1) всегда положительный;
- 2) всегда отрицательный;
- 3) всегда равен нулю;

4) может быть отрицательным, положительным или равным нулю в зависимости от значений зарядов в полюсах;

5) может быть отрицательным, положительным или равным нулю в зависимости от плеча диполя.

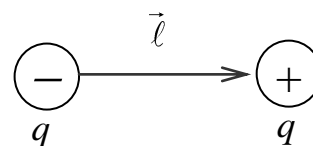


Рис. 1

Решение. Модель электрического диполя – два жестко связанных между собой разноименных, но одинаковых по модулю электрических заряда (рис. 1); электрический диполь всегда электрически нейтрален.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 2. Энергия электрического поля, создаваемого заряженным конденсатором, распределена в основном:

- 1) на пластинах конденсатора;
- 2) вне конденсатора;
- 3) в области между пластинами конденсатора;
- 4) на зарядах пластин конденсатора;
- 5) равномерно во всем пространстве.

Решение. Электрическое поле, созданное конденсатором, в основном сосредоточено в области между его обкладками, следовательно, и энергия этого электрического поля распределена в основном в этой области.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 3. Сила тока численно равна заряду, прошедшему через

- 1) поперечное сечение проводника;
- 2) единичное сечение проводника за единицу времени;
- 3) проводник;
- 4) поперечное сечение проводника за единицу времени;
- 5) поверхность проводника за единицу времени.

Решение. По определению сила тока численно равна заряду, прошедшему через поперечное сечение проводника за единицу времени.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 4. При протекании тока по проводнику в нем выделяется количество теплоты, которое

- 1) обратно пропорционально силе тока в проводнике;
- 2) прямо пропорционально квадрату силы тока в проводнике;
- 3) обратно пропорционально разности потенциалов на концах проводника;
- 4) прямо пропорционально квадрату сопротивления проводника;
- 5) обратно пропорционально времени протекания тока.

Решение. По закону Джоуля – Ленца $Q = I^2 R t$, откуда следует, что количество теплоты, которое выделяется при протекании тока по проводнику, прямо пропорционально квадрату силы тока в проводнике.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 5. Равенство нулю алгебраической суммы сил токов, сходящихся в узле, устанавливает

- 1) закон Ома для однородного участка цепи;
- 2) принцип суперпозиции сил;
- 3) первое правило Кирхгофа;
- 4) второе правило Кирхгофа;
- 5) закон Джоуля – Ленца.

Решение. Первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю. Остальные законы устанавливают соотношения между другими величинами.

Номер правильного ответа: 3.

3.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 1. Модуль заряда каждой пластины конденсатора 4,3 мкКл, разность потенциалов между пластинами 150 В. Какая энергия, в микроджоулях (мкДж), выделится при разрядке конденсатора:

- 1) 0,014; 2) 0,029; 3) 17,442; 4) 322,500; 5) 2616, 279?

Дано:

$$q = 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$U = 150 \text{ В}$$

Найти: W – ?

Решение. Подставив в формулу

$$W = qU / 2$$

численные данные, получим: $W = 323 \text{ мкДж}$.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 2. На рис. 2 показана зависимость силы тока в электрической цепи от времени. Какой заряд, в милликулонах (мКл), прошел по проводнику в интервале времени от 0 до 5 с:

- 1) 15; 2) 30; 3) 75; 4) 150; 5) 350?

Дано:

$$t_1 = 0 \text{ с}$$

$$t_2 = 5 \text{ с}$$

Найти: q – ?

Решение. Согласно определению силы тока $I = dq / dt$ заряд, прошедший через сечение проводника за время от t_1 до t_2 , можно найти по формуле: $q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt$. Таким образом, согласно геомет-

рическому представлению интегралов этот заряд численно равен площади под графиком зависимости $I(t)$ на диаграмме с координатами (t, I) , ограниченной также осью абсцисс t и отрезками двух прямых, перпендикулярных этой оси и проходящих одна – через точку $(t_1, 0)$, другая – через точку $(t_2, 0)$. Эта площадь заштрихована на рис. 3. Следовательно, искомый заряд $q = 30 \cdot 5 / 2 = 75$ мКл.

- 1) 15. 2) 30. 3) 75. 4) 150. 5) 350.

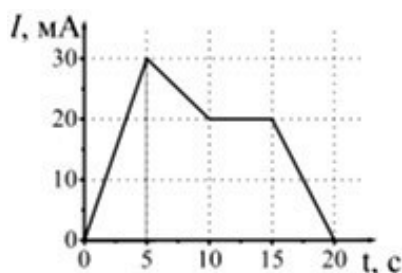


Рис. 2

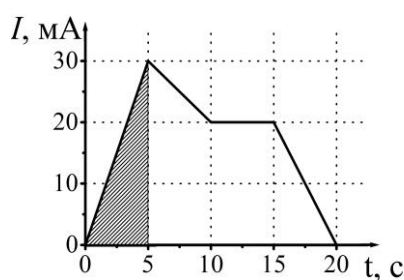


Рис. 3

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 3. На рис. 4 представлена вольт-амперная характеристика проводника, подключенного к источнику с ЭДС 5,2 В. Через резистор протекает ток силой 1 А. Найти внутреннее сопротивление источника тока в омах (Ом).

- 1) 0,0. 2) 0,2. 3) 0,4. 4) 5,0. 5) 5,2.

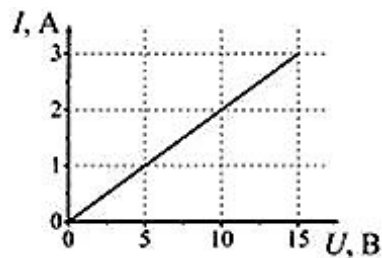


Рис. 4

Дано:

$$\varepsilon = 5,2 \text{ В}$$

$$I = 1 \text{ А}$$

Найти: r – ?

Решение. По графику (см. рис. 4) силе тока в 1 А соответствует разность потенциалов на концах проводника, равная 5 В. По закону Ома для однородного участка цепи сопротивление проводника

$$R = U / I = 5 / 1 = 5 \text{ Ом.}$$

Внутреннее сопротивление источника выразим из закона Ома для замкнутой цепи:

$$\varepsilon = I(R + r): r = \varepsilon / I - R;$$

$$r = 5,2 / 1 - 5 = 0,2 \text{ Ом.}$$

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 4. Мощность источника тока 70 кВт. Работа тока за 7 с равна, в килоджоулях (кДж),

- 1) 7; 2) 10; 3) 49; 4) 77; 5) 490.

Дано:

$$P = 60 \text{ кВт}$$

$$t = 7 \text{ с}$$

Найти: A – ?

Решение. Работа тока

$$A = Pt;$$

$$A = 70 \cdot 7 = 490 \text{ кДж.}$$

Номер правильного ответа: 5.

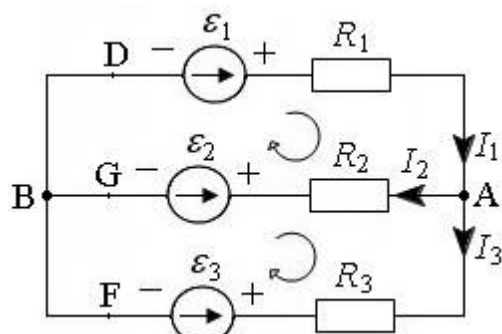


Рис. 5

З а д а н и е 5. Внутренние сопротивления источников с ЭДС в электрической цепи, схема которой изображена на рис. 5, пренебрежимо малы. Уравнение для контура AGBDA, составленное по второму правилу Кирхгофа, имеет вид:

1) $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$;

2) $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$;

3) $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;

4) $I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_3 R_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$;

5) $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$.

Дано:

$$\varepsilon_1; \varepsilon_2; \varepsilon_3$$

$$R_1; R_2; R_3$$

$$r_1 = r_2 = r_3$$

Составить уравнение для контура AGBDA

Решение. Прежде чем составить уравнение для контура AGBDA по второму закону Кирхгофа, выберем произвольно: 1) направления токов на каждом неразветвленном участке контура (I_1 , I_2 и I_3 ; они указаны стрелкой на схеме, см. рис. 5); 2) направление обхода контура (выбранное направление обхода – «по часовой стрелке» – указано на схеме).

Уравнение, составленное по второму правилу Кирхгофа для контура AGBDA, имеет вид: $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$. ЭДС ε_1 входит в это уравнение со знаком «+», так как направления обхода контуров и действия сторонних сил внутри источника на соответствующих участках совпадают. ЭДС ε_2 входит в это уравнение со знаком «–», так как направления обхода контура и действия сторонних сил противоположны. Силы тока I_1 и I_2 входят в уравнение со зна-

ком «+», так как направления обхода контура и тока на соответствующих участках совпадают. Ответ: $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$.

Номер правильного ответа: 5.

3.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

1. Основной единицей измерения плотности тока в системе СИ является:
1) А/м^2 . 2) Кл/м^3 . 3) А/м . 4) В/м^2 . 5) А/м^3 .
2. При соединении двух различных заряженных проводников перераспределение заряда прекращается, когда станут одинаковыми их
1) заряды;
2) потенциалы;
3) напряженности электрических полей;
4) потенциалы и заряды;
5) электрические емкости.
3. Закон Ома в дифференциальной форме устанавливает связь между
1) силой тока и напряжением на участке электрической цепи;
2) силой тока и электродвижущей силой источника в замкнутом контуре;
3) силой тока и зарядом, протекающим через поперечное сечение проводника в единицу времени;
4) плотностью тока и напряженностью электрического поля в проводнике;
5) плотностью тока и зарядом носителей тока в проводнике.
4. Электрическая энергия переходит в тепловую энергию в
1) электронагревателях;
2) электродвигателях;
3) источниках постоянного напряжения;
4) электрогенераторах;
5) конденсаторах.
5. Второе правило Кирхгофа справедливо:
1) для любых узлов разветвленной электрической цепи;
2) для любых узлов неразветвленной электрической цепи;
3) только для замкнутых контуров разветвленной электрической цепи, не содержащих источников тока;
4) для любых замкнутых контуров разветвленной электрической цепи;
5) только для замкнутых контуров разветвленной электрической цепи, содержащих источники тока.

Практическая часть

6. Плотность тока в проводе, имеющем диаметр 2 мм, равна $2 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2$. Сила тока, протекающего по проводу, равна, в миллиамперах (мА),

- 1) 6,28; 2) 3,14; 3) 4; 4) 40; 5) 1.

7. Емкость плоского воздушного конденсатора равна 20 пФ. При зарядке этого конденсатора до напряжения 10 В в нем запасается энергия, в наноджоулях (нДж),

- 1) 0,1; 2) 1; 3) 2; 4) 4; 5) 5.

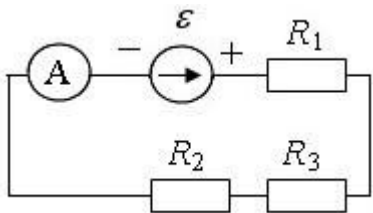


Рис. 6

8. Параметры элементов электрической схемы, изображенной на рис. 6, следующие: источник с ЭДС 24 В; его внутреннее сопротивление 1 Ом; сопротивления резисторов: $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$; сопротивление амперметра пренебрежимо мало. Амперметр показывает значение силы тока, в амперах (А),

- 1) 0,93; 2) 0,96; 3) 1,00; 4) 5,00; 5) 7,54.

9. 10 лампочек накаливания подсоединены последовательно к источнику напряжения. При увеличении числа лампочек до 12 расход электроэнергии

- 1) увеличится в 1,2 раза;
2) уменьшится в 1,2 раза;
3) увеличится в 1,44 раза;
4) уменьшится в 1,44 раза;
5) не изменится.

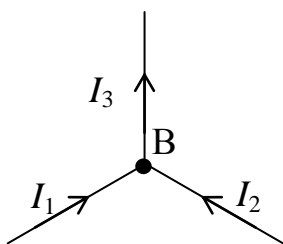


Рис. 7

10. Для узла В электрической цепи, изображенной на рис. 7, справедливо уравнение:

- 1) $I_1 + I_2 + I_3 = 0$;
2) $I_1 + I_2 = I_3$;
3) $I_1 = I_2 + I_3$;
4) $I_1 - I_2 + I_3 = 0$;
5) $I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$.

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 7

4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Электромагнетизм»

1. Источники магнитного поля.
2. Магнитная индукция.
3. Элемент тока. Закон Био – Савара – Лапласа.
4. Принцип суперпозиции магнитных полей.
5. Расчет магнитных полей прямолинейного и кругового проводников с током с помощью принципа суперпозиции магнитных полей.
6. Линии магнитной индукции поля. Однородное магнитное поле.
7. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля.
8. Теорема о циркуляции магнитной индукции поля вдоль произвольного замкнутого контура.
9. Расчет магнитного поля соленоида с помощью теоремы о циркуляции.
10. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
11. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Принцип работы магнетрона, масс-спектрометра, циклотрона.
12. Эффект Холла.
13. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера. Взаимодействие параллельных проводников с током.
14. Действие магнитного поля на замкнутый контур. Принцип работы электродвигателя.
15. Магнитное поле атома. Намагниченность.
16. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость.
17. Напряженность магнитного поля.
18. Диа- и парамагнетики и их намагничивание.
19. Ферромагнетики. Гистерезис.
20. Остаточная индукция, коэрцитивная сила.
21. Температурная зависимость намагничивания магнетиков. Точка Кюри.
22. Явление электромагнитной индукции.
23. Принцип работы электромагнитного генератора, электростанции.
24. Токи Фуко.
25. Индуктивность контура. Индуктивность соленоида.
26. Явление самоиндукции. Токи при замыкании и размыкании электрической цепи.
27. Явление взаимной индукции. Работа трансформатора.

28. Вихревое электрическое поле. Первое уравнение Максвелла. Фарадеевская и максвелловская трактовки явления электромагнитной индукции.
29. Ток смещения. Второе уравнение Максвелла.
30. Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля.

4.2. Примеры решения теоретических заданий

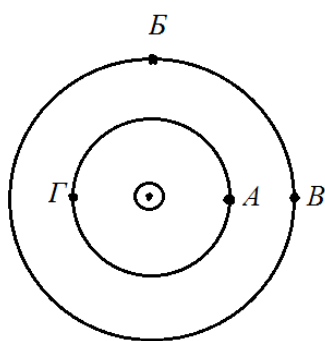


Рис. 8

З а д а н и е 1. На рис. 8 изображены две линии вектора магнитной индукции бесконечно длинного проводника с током, расположенного перпендикулярно плоскости рисунка. В какой точке вектор индукции магнитного поля направлен вверх и имеет наименьшую величину:

- 1) А; 2) Б; 3) В; 4) Г; 5) нет правильного ответа?

Решение. При данном направлении тока линии вектора магнитной индукции представляют собой окружности, касательные к которым направлены про-

тив вращения часовой стрелки. Это выполняется в точках А и В. Еще необходимо учесть, что величина вектора магнитной индукции обратно пропорциональна расстоянию от проводника до точки наблюдения. Тогда меньшая величина магнитного поля будет в точке В.

Номер правильного ответа: 3.

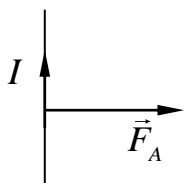


Рис. 9

З а д а н и е 2. Проводник с током, на который действует сила Ампера, изображен на рис. 9. Как направлен вектор индукции внешнего магнитного поля:

- 1) «от нас»; 2) «к нам»; 3) влево; 4) вправо; 5) по направлению тока?

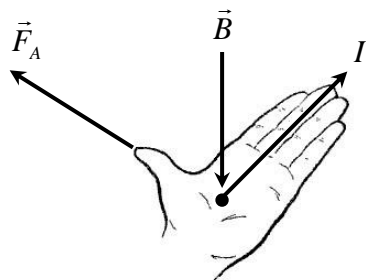


Рис.10

Решение. Направление силы Ампера определяется по правилу «левой руки»: четыре пальца левой руки располагают по направлению тока в проводнике, при этом линии магнитной индукции должны входить в ладонь, а отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Ампера, действующей на проводник с током (рис. 10). Применяя это правило к проводнику с током, изображенному на рис. 9, можно найти правильное направление вектора индукции магнитного поля

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 3. Коэрцитивной силой ферромагнетика называют

- 1) напряженность внешнего магнитного поля, которое полностью размагничивает ферромагнетик;
- 2) напряженность внешнего магнитного поля, при которой ферромагнетик намагничивается;
- 3) индукцию магнитного поля ферромагнетика, при которой отсутствует внешнее поле;
- 4) индукцию внешнего магнитного поля, при которой ферромагнетик намагничивается;
- 5) силу магнитного поля, в котором намагничивается ферромагнетик.

Решение. Для ферромагнетиков существуют домены, в которых магнитные моменты отдельных атомов выстраиваются параллельно друг другу. При этом ориентация магнитных моментов доменов произвольная, поэтому все вещество может быть ненамагниченным.

При внесении ферромагнетика во внешнее магнитное поле наблюдаются увеличение и поворот магнитных моментов доменов в направлении внешнего поля, приводящие к увеличению результирующего поля. При этом для ферромагнетиков характерен гистерезис – явление отставания намагничивания ферромагнетика от изменений внешнего магнитного поля. Если провести полный цикл перемагничивания ферромагнетика, то график зависимости магнитной индукции результирующего поля от напряженности внешнего поля за один цикл перемагничивания представляет собой замкнутую кривую, которую называют петлей гистерезиса. Петля гистерезиса изображена на рис. 11. H_c – коэрцитивная сила – величина напряженности внешнего магнитного поля, при которой ферромагнетик полностью размагничивается.

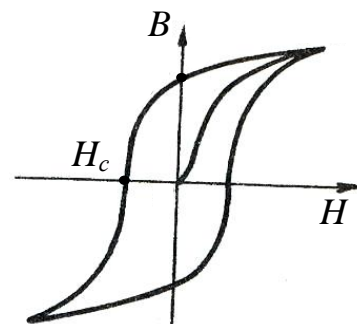


Рис. 11

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 4. Объемная плотность энергии магнитного поля – это энергия, заключенная

- 1) в проводниках с током;
- 2) в единице объема пространства;
- 3) в пространстве между пластинами конденсатора;
- 4) на заряженных пластинах конденсатора;
- 5) внутри бесконечно длинного соленоида.

Решение. По определению объемная плотность энергии магнитного поля – это энергия, отнесенная к объему, в котором она сосредоточена: $\omega_m = \frac{W_m}{V}$.

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 5. Первое уравнение Максвелла является обобщением

- 1) теоремы Гаусса;
- 2) закона полного тока;
- 3) закона электромагнитной индукции для замкнутого неподвижного контура;
- 4) закона сохранения энергии;
- 5) нет правильного ответа.

Решение. Первое уравнение Максвелла является обобщением закона электромагнитной индукции для замкнутого проводящего контура, неподвижного в переменном магнитном поле. Максвелл предположил, что закон справедлив не только для проводящего контура, но и для любого контура, мысленно проведенного в переменном магнитном поле. Таким образом, с переменным магнитным полем неразрывно связано индуцированное вихревое электрическое поле, которое не зависит от того, находятся в нем проводники или нет.

Номер правильного ответа: 3.

4.3. Примеры решения практических заданий

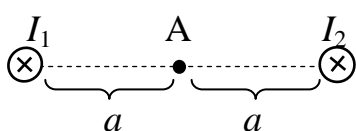


Рис. 12

З а д а н и е 6. Величина индукции магнитного поля в точке А (рис. 12) при $I_1 = I_2 = 4$ А, $a = 2$ см равна

- 1) 0 мкТл; 2) 10 мкТл; 3) 20 мкТл;
- 4) 40 мкТл; 5) 80 мкТл.

Дано:
 $I_1 = I_2 = 4$ А
 $a = 2$ см
 Найти: $B_A - ?$

Решение. Применив правило буравчика, определим направление векторов индукции \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А, создаваемых каждым током в отдельности (см. рис. 12). Для нахождения магнитной индукции \vec{B} в точке А воспользуемся принципом суперпозиции магнитных полей.

Запишем принцип суперпозиции в векторном виде: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$, в скалярном виде:

$$B = B_1 - B_2.$$

В силу симметрии задачи B_1 и B_2 будут равны по модулю, но противоположны по направлению и в сумме дадут 0 (рис. 13).

Номер правильного ответа: 1.

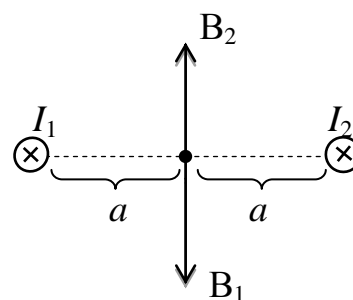


Рис. 13

З а д а н и е 7. Найти угол, под которым движется протон в магнитном поле с индукцией 1 Тл со скоростью 2 Мм/с, если на него действует сила 0,16 пН. Заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- 1) 90° . 2) 60° . 3) 45° . 4) 30° . 5) 0° .

Дано:

$$B = 1 \text{ Тл}$$

$$v = 2 \text{ Мм/с}$$

$$F = 0,16 \text{ пН}$$

Найти: $\alpha - ?$

Решение. На движущийся протон в магнитном поле действует сила Лоренца:

$$F = q v B \sin \alpha.$$

Найдем отсюда $\sin \alpha = \frac{F}{qvB}$. Подставляем данные задания

и, учитывая, что заряд протона равен по модулю заряду электрона, имеем:

$$\sin \alpha = \frac{0,16 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0,5.$$

Соответственно $\alpha = 30^\circ$.

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 8. Круглая рамка находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки. Поток вектора магнитной индукции через рамку равен Φ . Рамку повернули вокруг оси, проходящей по диаметру рамки на угол 180° . Чему равно приращение потока магнитной индукции:

- 1) Φ ; 2) 0; 3) 2Φ ; 4) $0,5\Phi$; 5) $0,25\Phi$?

Решение. В начальном положении поток вектора индукции магнитного поля равен Φ . В конечном положении поток будет $-\Phi$, а приращение потока $\Delta\Phi = \Phi - (-\Phi) = 2\Phi$. Ответ: $\Delta\Phi = 2\Phi$.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 9. Энергия магнитного поля, созданного рамкой с током, имеющей индуктивность 4 мкГн и создающей магнитный поток через нее 4 мкВб, равна

- 1) 1 мкДж; 2) 2 мкДж; 3) 4 мкДж; 4) 8 мкДж; 5) 16 мкДж.

Дано:
 $L = 4 \text{ мкГн}$
 $\Phi = 4 \text{ мкВб}$
 Найти: $W_m - ?$

Решение. Энергия магнитного поля $W_m = \frac{LI^2}{2}$, а магнитный поток рамки с током $\Phi = LI$. Выразим из последнего выражения силу тока и подставим в выражение для энергии магнитного поля. Тогда имеем:

$$W_m = \frac{\Phi^2}{2L} = \frac{16 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 2 \text{ мкДж}.$$

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 10. Какой магнитный поток пронизывает каждый виток катушки, имеющей 10 витков, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение 1 с в катушке индуцируется ЭДС 10 В:

- 1) 0,5 Вб; 2) 0,25 Вб; 3) 0,1 Вб; 4) 10 Вб; 5) 1 Вб?

Дано:
 $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$
 $N = 10$
 $t = 1 \text{ с}$
 Найти: $W_m - ?$

Решение. Если катушка имеет N витков, то электродвижущую силу можно найти по формуле: $\mathcal{E} = -\frac{d\Psi_B}{dt} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$.

При равномерном изменении магнитного потока получим:

$$\Delta\Phi = \Phi - 0 = \frac{\mathcal{E}t}{N} = \frac{10 \cdot 1}{10} = 1 \text{ Вб}.$$

Номер правильного ответа: 5.

4.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

З а д а н и е 1. Сечения трех параллельных прямолинейных длинных про-

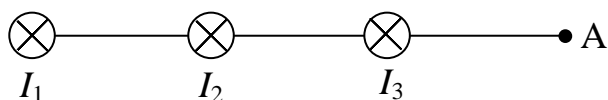


Рис.14

водников с протекающими токами изображены на рис. 14. Куда направлена индукция магнитного поля в точке А:

- 1) влево; 2) вниз; 3) вверх; 4) вправо; 5) «от нас»?

З а д а н и е 2. За счет чего появляется эффект Холла:

- 1) из-за силы Ампера;
 2) энергия магнитного поля переходит в энергию электрического поля;
 3) энергия электрического поля переходит в энергию магнитного поля;
 4) из-за теплового действия тока;
 5) из-за силы Лоренца?

З а д а н и е 3. При всяком изменении магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную замкнутым контуром, возникает индукционный ток такого направления, что его магнитное поле

- 1) поддерживает изменение внешнего магнитного поля;
- 2) остается постоянным;
- 3) остается постоянным по модулю и меняется по направлению;
- 4) препятствует всякому изменению магнитного потока;
- 5) всегда направлено навстречу внешнему полю.

З а д а н и е 4. Результирующее магнитное поле в парамагнетике

- 1) во много раз больше, чем в вакууме;
- 2) немного больше, чем в вакууме;
- 3) меньше, чем в вакууме;
- 4) отсутствует;
- 5) такое же, как в вакууме.

З а д а н и е 5. Какая из гипотез Максвелла является верной:

- 1) всякое переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле;
- 2) всякое магнитное поле порождает переменное электрическое поле;
- 3) всякое переменное магнитное поле порождает электростатическое поле;
- 4) всякое постоянное магнитное поле порождает постоянное электрическое поле;
- 5) всякое электрическое поле порождает магнитное поле?

Практическая часть

З а д а н и е 6. Чему равна индукция магнитного поля в центре кольца радиусом 2 см, по которому течет ток силой 4 А:

- 1) 15,7 мкТл; 2) 31,4 мкТл; 3) 62,8 мкТл;
- 4) 126 мкТл; 5) 326 мкТл?

З а д а н и е 7. Найти величину индукции магнитного поля в точке А (рис. 15), если $I_1 = 4$ А, $I_2 = 2$ А, $a = 20$ см.

- 1) 0 мкТл. 2) 2 мкТл. 3) 4 мкТл.
- 4) 8 мкТл. 5) 16 мкТл.

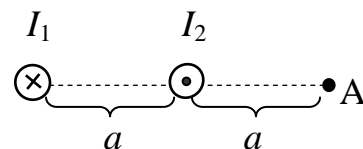


Рис. 15

З а д а н и е 8. Найти скорость α -частицы, которая влетает в магнитное поле с индукцией 6,64 Тл перпендикулярно его линиям. Радиус траектории 1 см. Заряд α -частицы $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса α -частицы $6,64 \cdot 10^{-27}$ кг.

- 1) 3,2 км/с. 2) 6,64 км/с. 3) 21,2 км/с. 4) 133 км/с. 5) 3200 км/с.

З а д а н и е 9. Найти индуктивность контура, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.

- 1) 0,01 Гн. 2) 0,05 Гн. 3) 0,1 Гн. 4) 0,5 Гн. 5) 1,0 Гн.

З а д а н и е 10. Найти скорость изменения силы тока в катушке индуктивностью 3 мГн, если в ней возникает ЭДС самоиндукции 6 мВ.

- 1) 1,8 м/с. 2) 2 А/с. 3) 18 мкА/с. 4) 30 мкА/с. 5) 50 м/с.

5. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 8

5.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Колебания и волны»

1. Гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение. Гармонический осциллятор.

2. Обобщенная координата, амплитуда, циклическая (круговая) и линейная частота, период и фаза гармонических колебаний.

3. Кинематические, динамические и энергетические характеристики гармонических колебаний осциллятора.

4. Метод векторных диаграмм. Сложение однонаправленных гармонических колебаний. Биения.

5. Сложение взаимно перпендикулярных гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу.

6. Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний осциллятора и его решение.

7. Закон изменения амплитуды затухающих колебаний. Коэффициент затухания.

8. Циклическая (круговая) частота и период затухающих колебаний. Аперриодический процесс.

9. Логарифмический декремент затухания и его связь с коэффициентом затухания.

10. Изменение энергии осциллятора при затухающих колебаниях. Добротность осциллятора.

11. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний осциллятора и его решение.

12. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонансная кривая. Резонанс. Полоса пропускания.

13. Вынужденные колебания в электрических цепях. Переменный ток. Активное и реактивное сопротивления.

14. Образование волн. Продольные и поперечные волны. Длина волны.

15. Волновое уравнение. Уравнение бегущей волны. Волновое число.
16. Электромагнитные волны, их свойства. Скорость распространения электромагнитных волн.
17. Мощность излучения источника. Плотность потока энергии волны. Вектор Умова – Пойтинга. Интенсивность волны.
18. Интерференция волн. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
19. Стоячая волна. Уравнение стоячей волны. Узлы и пучности. Условие существования стоячей волны.
20. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса – Френеля. Поляризация волн.

5.2. Примеры решения теоретических заданий

Задание 1. Пружинный маятник совершает собственные гармонические колебания. В процессе колебаний остается неизменным:

- 1) ускорение груза;
- 2) скорость груза;
- 3) кинетическая энергия;
- 4) потенциальная энергия;
- 5) амплитуда колебаний.

Решение. Скорость и ускорение пружинного маятника изменяются по гармоническому закону с тем же периодом, что и смещение маятника от положения равновесия. Полная механическая энергия остается неизменной, при этом кинетическая и потенциальная энергии с течением времени периодически изменяются. Величины, которые также не изменяются при гармонических колебаниях, – амплитуда, частота, период.

Номер правильного ответа: 5.

Задание 2. Затухающие электромагнитные колебания происходят в контуре, содержащем следующие элементы:

- 1) L и C ;
 - 2) L и R ;
 - 3) L, C и \mathcal{E} ;
 - 4) L, C и R ;
 - 5) R, C и \mathcal{E}
- (L – индуктивность, C – емкость, R – сопротивление, \mathcal{E} – ЭДС источника).

Решение. Затухание колебаний в электрическом колебательном контуре обусловлено потерями энергии. Эти потери происходят при протекании электрического тока по проводнику, имеющему отличное от нуля сопротивление, и определяются законом Джоуля – Ленца. В идеальном электрическом колебательном контуре, который содержит катушку индуктивности и конденсатор, таких потерь энергии нет, и колебания в этом контуре не затухают. Таким образом, в электрическом колебательном контуре, содержащем индуктивность L , емкость C , сопротивление R , будут происходить затухающие электромагнитные колебания.

Номер правильного ответа: 4.

Задание 3. Резонанс – это явление, при котором

- 1) частота вынужденных колебаний достигает максимального значения;
- 2) амплитуда вынужденных колебаний достигает максимального значения;
- 3) период вынужденных колебаний достигает максимального значения;
- 4) фаза вынужденных колебаний достигает максимального значения;
- 5) коэффициент затухания вынужденных колебаний достигает максимального значения.

Решение. Согласно определению резонансом называется явление, при котором амплитуда вынужденных колебаний достигает максимального значения при приближении частоты внешней силы к частоте собственных колебаний.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 4. Под каким углом к направлению распространения продольной волны совершают колебания частицы среды:

- 1) $\pi/3$; 2) $2\pi/3$; 3) $\pi/4$; 4) $\pi/2$; 5) 0?

Решение. В продольной волне частицы среды колеблются в направлении распространения волны, т. е. угол между направлением распространения волны и прямой, вдоль которой колеблются частицы среды, равен 0.

Номер правильного ответа: 5.

Задание 5. При распространении в некоторой среде электромагнитной волны происходит перенос:

А – энергии; Б – импульса; В – массы вещества.

- 1) только А; 2) только Б; 3) только В; 4) А, Б и В; 5) А и Б.

Решение. Электромагнитные волны способны переносить энергию, свидетельством тому, в частности, является факт существования всего живого на нашей планете исключительно за счет энергии, излучаемой Солнцем в виде света и тепла. Поглощаясь в каком-либо теле, электромагнитная волна сообщает этому телу некоторый импульс, т. е. оказывает на него давление. В частности, экспериментальное подтверждение существования светового давления было дано в опытах П. Н. Лебедева (1900 г.).

Электромагнитные волны могут распространяться в вакууме. Следовательно, их распространение не сопровождается переносом вещества. При распространении электромагнитных волн в газах, жидкостях и твердых телах лишь возбуждаются колебания частиц вещества. При этом их направленного движения в пространстве (дрейфа) не происходит.

Номер правильного ответа: 5.

5.3. Примеры решения практических заданий

Задание 6. Максимальное значение скорости частицы, совершающей гармонические колебания, согласно уравнению $x(t) = 0,02 \cos (5t - \pi/4)$, м, равно, в метрах в секунду (м/с),

- 1) 0,01; 2) 0,02; 3) 0,04; 4) 0,08; 5) 0,1.

Дано:

$$x_{\max} = 0,02 \text{ M}$$

$$\omega_0 = 5 \text{ c}^{-1}$$

Найти: v_{\max} – ?

Решение. Согласно определению скорость частицы, совершающей гармонические колебания, равна производной по времени от координаты x и задается уравнением:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -0,02 \cdot 5 \sin(5t - \pi/4).$$

Максимальной скорость будет при максимальном значении синуса, равном 1. Следовательно, максимальное значение скорости частицы

$$v_{\max} = |-0,02 \cdot 5 \cdot 1| = 0,1 \text{ (м/с)}.$$

Номер правильного ответа: 5.

Задание 7. При гармонических электрических колебаниях в колебательном контуре максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 50 Дж, максимальное значение энергии магнитного поля катушки 50 Дж. Как изменяется во времени полная энергия электромагнитного поля контура?

- 1) От 0 до 50 Дж.
2) От 0 до 100 Дж.
3) Не изменяется и равна 50 Дж.
4) Не изменяется и равна 100 Дж.
5) От 50 до 100 Дж.

Дано:

$$W_{e \max} = 50 \text{ Дж}$$

$$W_{m \max} = 50 \text{ Дж}$$

Найти: $\Delta W - ?$

Решение. Энергия колебаний в колебательном контуре складывается из энергии электрического поля заряженного конденсатора и энергии магнитного поля тока в катушке. С течением времени эта энергия остается неизменной, причем в те моменты времени, когда энергия электрического поля достигает своего максимального значения (50 Дж), энергия магнитного поля оказывается равной нулю, и наоборот. Следовательно, полная энергия электромагнитного поля контура не изменяется и равна 50 Дж.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 8. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет вид: $\ddot{x} + 0,04\dot{x} + 4x = 0$. Среди приведенных утверждений укажите верное.

- 1) Собственная циклическая частота гармонических колебаний равна 2 рад/с.
- 2) Циклическая частота затухающих колебаний равна 4 рад/с.
- 3) Коэффициент затухания равен $0,04 \text{ с}^{-1}$.
- 4) Частота затухающих колебаний равна 2 Гц.
- 5) Период затухающих колебаний равен 4 с.

Дано:

$$\ddot{x} + 0,04\dot{x} + 4x = 0.$$

Найти: β , ω_0 – ?

Решение. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет вид

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

где β – коэффициент затухания;

ω_0 – частота собственных колебаний.

Сравнивая коэффициенты, стоящие при \dot{x} и x , видим:

$$2\beta = 0,04; \quad \omega_0^2 = 4 \text{ (без единиц измерения).}$$

Таким образом, коэффициент затухания $\beta = 0,02 \text{ с}^{-1}$, собственная циклическая частота гармонических колебаний $\omega_0 = 2 \text{ рад/с}$.

Номер правильного ответа: 1.

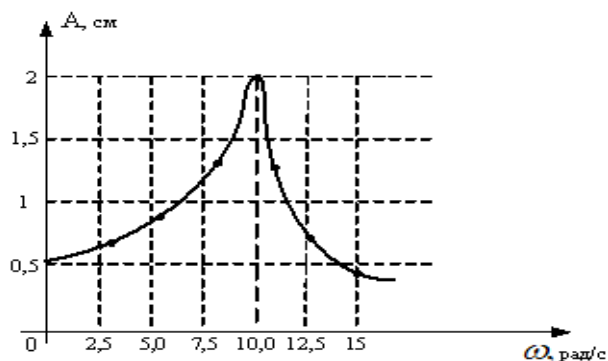


Рис. 16

Задание 9. На рис. 16 представлена зависимость амплитуды вынужденных колебаний математического маятника от циклической частоты внешней силы при слабом затухании. Длина нити маятника в сантиметрах равна ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

- 1) 100; 2) 50; 3) 20; 4) 14; 5) 10.

Дано:

$$\omega_0 = 10 \text{ рад/с}$$

Найти: ℓ – ?

Решение. Из рис. 16 видно, что резонанс амплитуды колебаний происходит при циклической частоте, равной 10 рад/с. В случае слабого затухания резонансная частота совпадает с собственной частотой колебаний математического маятника, которая определяется по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}.$$

Выразим из этой формулы длину нити ℓ и, приняв $\omega_0 = 10$ рад/с, получим:

$$\ell = \frac{g}{\omega_0^2} = \frac{10}{10^2} = 0,1 \text{ (м)}.$$

Таким образом, длина нити математического маятника равна 10 см.

Номер правильного ответа: 5.

Задание 10. Если в упругой среде распространяется волна со скоростью 6 м/с и периодом колебаний 0,5 с, то минимальное расстояние между двумя частицами среды, фазы колебаний которых отличаются на 2π , равно

- 1) 1,5 м; 2) 3 м; 3) 4 м; 3) 6 м; 5) 12 м.

| | |
|-------------------------|--|
| Дано: | <p><i>Решение.</i> Минимальное расстояние между двумя частицами среды, фазы колебаний которых отличаются на 2π, называется длиной волны и равно:</p> $\lambda = \nu T = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ (м)}.$ |
| $\nu = 6 \text{ (м/с)}$ | |
| $T = 0,5 \text{ (с)}$ | |
| Найти: $\lambda - ?$ | |

Номер правильного ответа: 2.

5.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

1. Начальная фаза гармонических колебаний частицы определяет

- 1) амплитуду колебаний;
- 2) период и частоту колебаний;
- 3) отклонение частицы от положения равновесия в момент времени $t = 0$;
- 4) скорость частицы в момент прохождения положения равновесия;
- 5) полную механическую энергию частицы.

2. Период собственных колебаний идеального колебательного контура зависит от...

A – емкости конденсатора; B – активного сопротивления;

C – индуктивности катушки; D – внутреннего сопротивления источника тока.

- 1) только A ; 2) B и C ; 3) только C ; 4) A и C ; 5) A , C и D .

3. Логарифмический декремент затухания – это величина,

- 1) равная времени, за которое амплитуда колебания уменьшается в e раз;
- 2) равная количеству полных колебаний, за которые амплитуда уменьшается в e раз;

3) равная увеличенному в 2π раз отношению энергии, первоначально запасенной осциллятором, к потерям энергии за один период;

4) равная натуральному логарифму отношения двух соседних амплитуд, отличающихся по времени на период (предыдущей к последующей);

5) обратная увеличенному в 2π раз отношению энергии, первоначально запасенной осциллятором, к потерям энергии за один период.

4. Резонанс силы тока происходит в последовательном колебательном контуре, содержащем следующие элементы:

1) L и C ; 2) L, R, C и $\mathcal{E}(t)$; 3) L, C и R ; 4) L, C и $\mathcal{E}(t)$; 5) R, C и \mathcal{E} (L – индуктивность, C – емкость, R – сопротивление, \mathcal{E} – ЭДС источника постоянного напряжения, $\mathcal{E}(t)$ – ЭДС источника переменного напряжения).

5. Под каким углом к направлению распространения поперечной волны совершают колебания частицы среды:

- 1) $\pi/3$; 2) $2\pi/3$; 3) $\pi/4$; 4) $\pi/2$; 5) 0 ?

Практическая часть

6. Груз массой 100 г совершает собственные колебания на пружине жесткостью 250 Н/м. Если амплитуда колебаний 15 см, то максимальное значение скорости груза равно

- 1) 7,5 м/с; 2) 5 м/с; 3) 0,3 м/с; 4) 5 см/с; 5) 0,3 см/с.

7. Чему равен период (в секундах) колебаний, которые удовлетворяют дифференциальному уравнению $\ddot{x} + 16x = 0$:

- 1) $\pi/2$; 2) 2π ; 3) 4π ; 4) 4; 5) 16?

8. Частица совершает колебания согласно уравнению $x(t) = 0,08e^{-0,2t} \times \cos(4\pi t - 0,8)$, м. Логарифмический декремент затухания равен

- 1) 2,5; 2) 0,8; 3) 0,1; 4) 0,04; 5) 0,08.

9. При какой циклической частоте, в радианах в секунду (рад/с), периодически действующей внешней силы будет наблюдаться резонанс в колебаниях, дифференциальное уравнение которых имеет вид: $\ddot{x} + 10^{-5}\dot{x} + 16\pi^2 x = 2\sin \omega t$:

- 1) 4π ; 2) π ; 3) $16\pi^2$; 4) 2π ; 5) $\pi/2$?

10. Волна распространяется в упругой среде со скоростью 100 м/с. Наименьшее расстояние между точками среды, разность фаз колебаний которых равна π , составляет 1 м. Частота колебаний равна

- 1) 65 Гц; 2) 58 Гц; 3) 50 Гц; 4) 45 Гц; 5) 42 Гц.

Библиографический список

1. Оселедчик Ю. С. Физика. Модульный курс [Электронный учебник] / Ю. С. Оселедчик, П. И. Самойленко, Т. Н. Точилина. М.: Юрайт, 2012.
2. Практикум по физике. Часть 2. Электричество и магнетизм. Колебания: Методические указания к решению задач по физике / Т. А. Аронова, С. В. Вознюки и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2014. 40 с.
3. Крохин С. Н. Контрольная работа № 2 по физике для студентов заочного факультета: Методические указания к решению задач и выполнению контрольных работ для студентов заочного факультета / С. Н. Крохин, Ю. М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 30 с.
4. Аронова Т. А. Электростатика. Примеры решения задач: Учебно-методическое пособие / Т. А. Аронова, И. А. Дроздова / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. 26 с.
5. Курманов Р. С. Постоянный электрический ток. Примеры решения задач: Учебно-методическое пособие / Р. С. Курманов, Г. Б. Тодер / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 27 с.
6. Гельвер С. А. Электромагнетизм. Примеры решения задач: Учебно-методическое пособие / С. А. Гельвер, С. Н. Смердин / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 32 с.
7. Минабудинова С. А. Колебания и волны. Примеры решения задач: Учебно-методическое пособие / С. А. Минабудинова, Н. А. Хмырова, С. В. Вознюк / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 36 с.
8. Гончар И. И. Электрические и магнитные свойства веществ: Учебное пособие / И. И. Гончар, С. Н. Крохин, М. В. Чушнюкова / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2013. 53 с.

Ответы к заданиям для самостоятельного решения

| Номер конт- рольной работы | Номер задания | Номер пра- вильного ответа | Номер конт- рольной работы | Номер задания | Номер пра- вильного ответа |
|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| 5 | 1 | 4 | 7 | 1 | 2 |
| | 2 | 4 | | 2 | 5 |
| | 3 | 1 | | 3 | 4 |
| | 4 | 4 | | 4 | 2 |
| | 5 | 1 | | 5 | 1 |
| | 6 | 3 | | 6 | 4 |
| | 7 | 5 | | 7 | 1 |
| | 8 | 2 | | 8 | 5 |
| | 9 | 3 | | 9 | 2 |
| | 10 | 1 | | 10 | 2 |
| 6 | 1 | 1 | 8 | 1 | 3 |
| | 2 | 2 | | 2 | 4 |
| | 3 | 4 | | 3 | 4 |
| | 4 | 1 | | 4 | 2 |
| | 5 | 4 | | 5 | 4 |
| | 6 | 1 | | 6 | 1 |
| | 7 | 2 | | 7 | 1 |
| | 8 | 2 | | 8 | 3 |
| | 9 | 2 | | 9 | 1 |
| | 10 | 2 | | 10 | 3 |

Учебное издание

АРОНОВА Тамара Алексеевна, ВОЗНЮК Сергей Викторович,
ГЕЛЬВЕР Сергей Александрович, ДРОЗДОВА Илга Анатольевна,
КРОХИН Сергей Николаевич, КУРМАНОВ Рамиль Султангареевич,
ЛИТНЕВСКИЙ Владимир Леонидович, МИНАБУДИНОВА Сания Анасовна,
СМЕРДИН Сергей Николаевич, ТОДЕР Георгий Борисович

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 2

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ,
ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК,
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ, КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова

Подписано в печать 12.03.2019. Формат $60 \times 84^{1/16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,3. Уч.-изд. л. 2,5.
Тираж 150 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа
Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35