

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

**Л. В. РАБЧУК, М. Т. ХАТМУЛЛИНА**

**КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

**Часть 2  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**



**Уфа 2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Л. В. РАБЧУК, М. Т. ХАТМУЛЛИНА

## **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

В двух частях

*Допущено Редакционно-издательским советом УГАТУ  
в качестве практикума для студентов очной и заочной форм обучения  
по направлению подготовки 15.00.00 Физика*

*2-е издание, переработанное и дополненное*

### *Часть 2* **ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

Учебное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ  
**ISBN 978-5-4221-1496-2**  
**ISBN 978-5-4221-1498-6 (Ч. 2)**

Уфа 2021

*Рецензенты:*

*кафедра общей и теоретической физики Стерлитамакского филиала БашГУ  
канд. физ.-мат. наук З. А. Ягафарова;*

*кафедра информационных технологий и компьютерной математики БашГУ  
канд. физ.-мат. наук В. И. Ткачев*

**Рабчук Л. В., Хатмуллина М. Т.**

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине «Физика» :  
практикум : в 2 частях [Электронный ресурс]. – 2-е изд., перераб. и доп. /  
Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2021.

ISBN 978-5-4221-1496-2

**Часть 2.** Электричество и магнетизм / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. –  
URL: [https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El\\_izd/2021-108.pdf](https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-108.pdf)

ISBN 978-5-4221-1498-6

Представлены тестовые задания и задачи, на базе которых формируются контрольно-измерительные материалы для проверки освоения студентами раздела «Электричество и магнетизм» для двух- и трехсеместрового курсов изучения дисциплины «Физика».

Предназначен для внеаудиторной работы студентов технических университетов, в том числе для проведения контролируемой самостоятельной работы, а также может быть использовано преподавателями при проведении практических занятий.

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Авторы: *Рабчук Людмила Васильевна*  
*Хатмуллина Маргарита Талгатовна*

Редактирование и верстка: *О. А. Соколова*  
Программирование и компьютерный дизайн: *М. В. Южакова*

Подписано к использованию: 30.07.2021  
Объем: 4,26 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»  
450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.  
Тел.: +7-908-35-05-007  
e-mail: rik@ugatu.su

Все права на размножение, распространение в любой форме остаются за разработчиком.  
Нелегальное копирование, использование данного продукта запрещено.

## ВВЕДЕНИЕ

Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования предъявляют высокие требования к уровню фундаментальной подготовки студентов технических университетов, поскольку именно фундаментальные исследования обеспечивают темп развития производства, возникновение новых отраслей техники, средств измерений, контроля, моделирования, автоматизации.

В соответствии с этими стандартами, студенты в процессе изучения дисциплины «Физика» должны понять и усвоить физические законы и явления, овладеть основными теоретическими и экспериментальными методами физических исследований, быть способными на практике применять базовые знания, иметь представления о материалах и методах, используемых в современной технике, уметь самостоятельно приобретать новые знания в областях физики, актуальных для развития современных технологий.

Переход к новым учебным программам, разработанным в соответствии с требованиями ФГОС 3+, привел к изменению трудоемкости естественно-научных дисциплин, изучаемых в технических вузах. Перераспределены часы, выделенные на изучение дисциплины «Физика»: сокращено число часов на аудиторные занятия, но увеличено время, отведенное на самостоятельную работу студентов (СРС). В связи с этим, чтобы стать квалифицированными специалистами, студенты должны уметь заниматься самостоятельно.

Данное пособие представляет собой переработанный и существенно расширенный вариант изданного в 2014 г. учебного пособия «Контрольно-измерительные материалы по дисциплине «Физика» (авторы М. Т. Хатмуллина, Л. В. Рабчук, Э. В. Сагитова, В. Р. Строкина).

В данном пособии представлены тестовые задания и задачи по темам «Электростатическое поле в вакууме и веществе», «Постоянный ток», «Магнитное поле в вакууме и в веществе», «Явление электромагнитной индукции. Основы теории Максвелла», «Энергия магнитного поля. Электромагнитные колебания и волны» раздела «Электричество и магнетизм».

Тестовые задания и задачи полностью охватывают теоретический и практический материал, рассматриваемый при изучении раздела «Электричество и магнетизм». На основе

представленных тестовых заданий и задач формируются контрольно-измерительные материалы для проверки освоения студентами раздела «Электричество и магнетизм» для двух- и трехсеместрового курсов изучения дисциплины «Физика».

По каждой из вышеперечисленных тем предложены тестовые задания и задачи.

Для облегчения самостоятельной работы студентов перед каждой темой приведены основные формулы. Содержание тестовых заданий и задач направлено на формирование у студентов знаний физических явлений, законов, формул, единиц измерения физических величин, умения применять законы для решения качественных и расчетных задач, графически представлять физические явления и законы, анализировать их.

В пособии приведены 36 вариантов индивидуальных заданий, предназначенных для организации контролируемой самостоятельной работы студентов. Номера вариантов и темы заданий определяет преподаватель. К выполнению индивидуальных заданий рекомендуется приступать после изучения материала, соответствующего данному разделу программы.

Задания и контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся следующие сведения:

- Ф.И.О. студента,
- группа,
- номер варианта.

Для замечаний преподавателя в тетради оставляются поля. Условия задач переписываются полностью, без сокращений. Все величины, входящие в условие задачи, должны быть выражены в единицах одной системы (преимущественно СИ) и для наглядности выписаны столбиком.

Во всех случаях когда это возможно, должен быть представлен чертеж, поясняющий задачу. Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями. В решении должны быть указаны основные законы и формулы, на которых базируется решение тестового задания или задачи, даны словесные формулировки этих законов, разъяснен смысл символов, употребляемых в записи формул. Если при решении задачи применена формула, справедливая для частного случая, не

выражающая какой-либо физический закон или не являющаяся определением физической величины, то она должна быть выведена.

Самостоятельная работа студентов с представленными тестовыми заданиями и задачами позволит им не только освоить различные темы раздела «Электричество и магнетизм», но и приобрести необходимые навыки и умения при подготовке к практическим занятиям, к зачету (экзамену), а также способствует более глубокому изучению раздела. Работа с пособием позволит каждому студенту строить свою индивидуальную образовательную траекторию, ритмично работать в течение семестра, формировать способность к самообразованию, обеспечить глубокую естественно-научную подготовку.

Практикум может быть использован преподавателями для контроля уровня усвоения студентами пройденного материала на практических занятиях.

# 1. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ И ВЕЩЕСТВЕ

## Основные формулы:

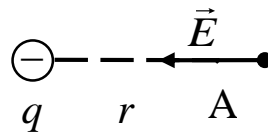
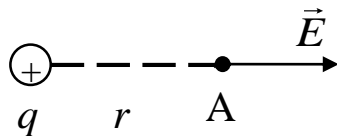
Закон Кулона

$$F = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 \cdot q_2|}{\epsilon r^2},$$

где  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ ,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$ ,  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,  $r$  – расстояние между зарядами.

Напряженность электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$



Напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом  $q$ , на расстоянии  $r$  от заряда

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}.$$

Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_1 + \dots + \vec{E}_n.$$

Линейная плотность заряда  $\tau = \frac{dq}{dl}$ .

Поверхностная плотность заряда  $\sigma = \frac{dq}{dS}$ .

Объемная плотность заряда  $\rho = \frac{dq}{dV}$ .

Напряженность электрического поля, создаваемого металлической сферой радиуса  $R$ , несущей заряд  $q$ , на расстоянии  $r$  от центра сферы

а) внутри сферы ( $r < R$ )

$$E = 0;$$



б) на поверхности сферы ( $r = R$ )

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2};$$

в) вне сферы ( $r > R$ )

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Напряженность электрического поля, создаваемого объемно заряженным шаром радиуса  $R$ , на расстоянии  $r$  от центра шара

а) внутри шара ( $r < R$ )

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^3} r;$$

б) на поверхности шара ( $r = R$ )

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2};$$

в) вне шара ( $r > R$ )

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Напряженность электрического поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}.$$

Напряженность электрического поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной нитью

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

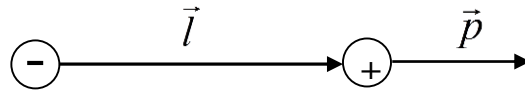
Напряженность электрического поля между двумя равномерно и разноименно заряженными бесконечными параллельными плоскостями

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}.$$

Электрический момент диполя

$$\vec{p} = q\vec{l},$$

где  $\vec{l}$  – плечо диполя.



Механический момент, действующий на диполь в однородном электрическом поле

$$\vec{M} = [\vec{p}, \vec{E}],$$

$$M = pE \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между направлениями векторов  $\vec{p}$  и  $\vec{E}$ .

Поток вектора напряженности электрического поля через поверхность  $S$

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E_n dS = \int_S E \cdot \cos \alpha \cdot dS,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{E}$  и  $d\vec{S}$ .

Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0},$$

где  $\Phi_E$  – поток вектора напряженности через замкнутую поверхность  $S$ ,  
 $\sum_{i=1}^n q_i$  – заряд, заключенный внутри поверхности  $S$ .

Потенциал электрического поля

$$\varphi = \frac{W}{q} \text{ или } \varphi = \frac{A_\infty}{q},$$

где  $W$  – потенциальная энергия заряда  $q$  в данной точке поля,  $A_\infty$  – работа сил электрического поля по перемещению заряда  $q$  из данной точки поля в бесконечность.

Потенциал поля, создаваемого точечным зарядом

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} = k \frac{q}{\epsilon r}.$$

Потенциал электрического поля, создаваемого заряженной металлической сферой (шаром) радиусом  $R$ , на расстоянии  $r$  от центра сферы

а) на поверхности и внутри сферы ( $r \leq R$ )

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R};$$

б) вне сферы ( $r > R$ )

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r},$$

где  $r$  – расстояние от центра сферы (шара).

Потенциал электрического поля, создаваемого системой  $n$  точечных зарядов, в данной точке поля

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i.$$

Связь напряженности электрического поля и потенциала

$$\vec{E} = \text{grad}\varphi = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\vec{k}\right).$$

В случае электрического поля, обладающего сферической симметрией

$$E = -\frac{\partial\varphi}{\partial r},$$

а в случае однородного электрического поля

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d},$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – потенциалы точек двух эквипотенциальных поверхностей,  $d$  – расстояние между этими поверхностями вдоль силовой линии электрического поля.

Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов

$$W = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

Энергия системы точечных зарядов

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (q_i \varphi_i).$$

Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении точечного заряда  $q$  из точки 1 в точку 2

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где  $\varphi_1 - \varphi_2$  – разность потенциалов между точками поля.

В случае однородного поля

$$A = qEl \cos \alpha,$$

где  $l$  – перемещение,  $\alpha$  – угол между направлениями  $\vec{E}$  и перемещения  $\vec{l}$ .

Циркуляция вектора напряженности электрического поля

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0.$$

Электрическое смещение

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}.$$

Поток вектора электрического смещения через поверхность  $S$

$$\Phi_D = \int_S \vec{D} d\vec{S} = \int_S D_n dS = \int_S D \cdot \cos \alpha \cdot dS,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{D}$  и  $d\vec{S}$ .

Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектриках

$$\Phi_D = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i,$$

где  $\Phi_D$  – поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность  $S$ ,  $\sum_{i=1}^n q_i$  – алгебраическая сумма свободных электрических зарядов, заключенных внутри поверхности  $S$ .

Поляризованность диэлектрика

$$\vec{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_i}{\Delta V},$$

где  $\sum_{i=1}^n \vec{p}_i$  – сумма электрических моментов диполей, заключенных в элементе объема  $\Delta V$ .

Связь поляризованности и напряженности электрического поля

$$\vec{P} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E},$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая восприимчивость ( $\varepsilon = \varepsilon - 1$ ).

Емкость уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}.$$

Емкость шара

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R.$$

Емкость конденсатора

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}.$$

Емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}.$$

Электрическая емкость последовательно соединенных конденсаторов

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}.$$

Электрическая емкость параллельно соединенных конденсаторов

$$C = \sum_{i=1}^n C_i.$$

Сила притяжения между обкладками конденсатора

$$F = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2 S}{2} = \frac{q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S}.$$

Энергия уединенного проводника

$$W = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2}.$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

Объемная плотность энергии электрического поля

$$\omega = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0\varepsilon}.$$

## А. Электростатическое поле в вакууме

### Тестовые задания

**1.1.** Модуль силы взаимодействия двух неподвижных заряженных шариков равен  $F$ . Если заряд  $q_1$  одного из них увеличить в  $n$  раз, а заряд  $q_2$  другого уменьшить в  $n$  раз, то модуль силы их взаимодействия станет равным ...

- 1)  $F$                       2)  $nF$                       3)  $n^2F$                       4)  $\frac{F}{n}$                       5)  $2nF$

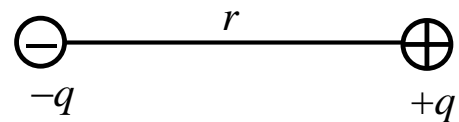
**1.2.** Для увеличения силы  $F$  взаимодействия между точечными зарядами в 2 раза, расстояние  $r$  между ними следует ...

- 1) увеличить в  $\sqrt{2}$  раза  
2) увеличить в 2 раза  
3) увеличить в 4 раза  
4) уменьшить в  $\sqrt{2}$  раза  
5) уменьшить в 2 раза

**1.3.** Расстояние  $r$  между двумя точечными зарядами увеличили в 3 раза, а один из зарядов  $q_1$  уменьшили в 3 раза. Сила  $F$  взаимодействия между ними ...

- 1) уменьшилась в 27 раз  
2) уменьшилась в 3 раза  
3) не изменилась  
4) увеличилась в 3 раза  
5) увеличилась в 27 раз

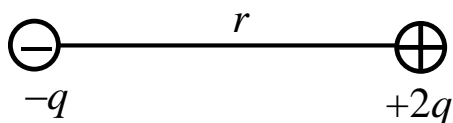
**1.4.** Два точечных заряда взаимодействуют с силой  $F_1$ . Если половину заряда от  $-q$  перенести на заряд  $+q$ , то сила  $F_2$  станет равной ...



- 1)  $F_2 = F_1$                       2)  $F_2 = 2F_1$                       3)  $F_2 = \frac{F_1}{2}$                       4)  $F_2 = \frac{F_1}{4}$                       5)  $F_2 = 4F_1$

**1.5.** Заряды  $-q$  и  $+2q$  притягиваются с силой  $F_1$ . Их на короткое время приводят в соприкосновение и разводят на прежнее расстояние  $r$ .

Сила  $F_2$  и характер взаимодействия зарядов характеризуются следующим образом ...



- 1)  $F_2 = 2F_1$ , притягиваются
- 2)  $F_2 = F_1$ , отталкиваются
- 3)  $F_2 = \frac{F_1}{12}$ , отталкиваются
- 4)  $F_2 = \frac{F_1}{4}$ , притягиваются
- 5)  $F_2 = \frac{F_1}{8}$ , отталкиваются

**1.6.** Два одинаковых металлических шарика с зарядами  $-q$  и  $+3q$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Их соединили тонкой проволокой, затем проволоку убрали. Сила  $F$  взаимодействия между шариками ...

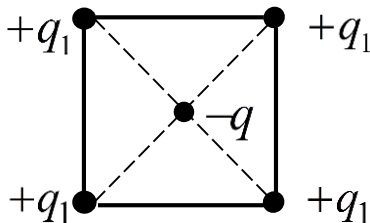
- 1) уменьшилась в 3 раза
- 2) увеличилась в 3 раза
- 3) не изменилась
- 4) уменьшилась в 2 раза
- 5) увеличилась в 2 раза

**1.7.** Одинаковые небольшие проводящие шарики с одноименными зарядами  $q_1 = 4q$  и  $q_2 = q$  находятся на расстоянии  $r_1$  друг от друга. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на расстояние  $r_2$ . Если сила  $F$  взаимодействия между шариками не изменилась, то отношение расстояний  $\frac{r_2}{r_1}$  равно ...

- 1) 0,5                      2) 0,75                      3) 1,25                      4) 2,25                      5) 6

**1.8.** В вершинах квадрата находятся точечные заряды  $+q_1$ , а в центре – точечный заряд  $-q$ . Система находится в равновесии.

Модуль отношения зарядов  $\frac{q}{q_1}$  равен ...



- 1) 2                      2)  $\sqrt{2}$                       3)  $\frac{1}{2}$                       4)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$                       5) 0,96

**1.9.** В вершинах равностороннего треугольника находятся точечные заряды  $+q_1$ , а в центре точечный заряд  $-q$ . Система находится

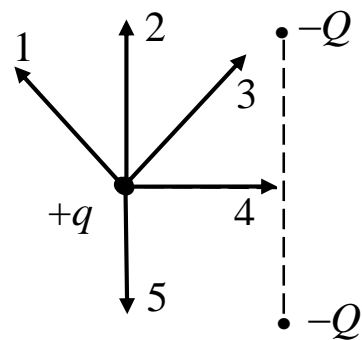
в равновесии. Модуль отношения зарядов  $\frac{q_1}{q}$  равен ...

- 1)  $\sqrt{2}$                       2)  $\sqrt{3}$                       3) 2                      4) 3                      5)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$

**1.10.** Маленький шарик массой  $m = 0,3$  г подвешен на тонкой невесомой нити и имеет заряд  $q_1 = 0,3$  мкКл. Если снизу к нему на расстояние  $r = 0,3$  м поднести другой шарик с одноименным зарядом  $q_2 = 5 \cdot 10^{-8}$  Кл, то сила  $F$  натяжения нити станет равной ... мН.

- 1) 1,5                      2) 3                      3) 4,5                      4) 6                      5) 7,5

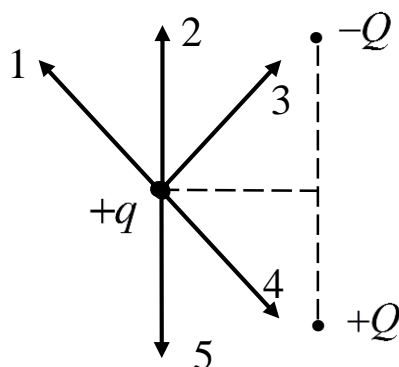
**1.11.** Заряд  $+q$  находится в поле двух неподвижных зарядов  $-Q$  и  $-Q$ . В начальный момент ускорение  $\vec{a}$  заряда  $+q$  имеет направление ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

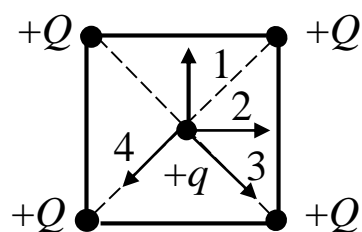


**1.12.** Заряд  $+q$  находится в поле двух неподвижных зарядов  $-Q$  и  $+Q$ . В начальный момент ускорение  $\vec{a}$  заряда  $+q$  имеет направление ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.13.** Положительный заряд  $+q$  находится в поле четырех неподвижных зарядов, расположенных в вершинах квадрата. В начальный момент времени ускорение  $\vec{a}$  заряда  $q$  направлено вдоль вектора ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) равно нулю

**1.14.** Сила  $F$ , действующая на заряд  $q$ , помещенный в центре сферы радиуса  $R$ , заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma$ , равна ...

- 1)  $\frac{q\sigma}{4\pi\epsilon_0 R^2}$                       2) 0                      3)  $\frac{\sigma^2}{2\epsilon_0}$                       4)  $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R^2}$                       5)  $\frac{q\sigma}{\epsilon_0}$

**1.15.** В однородное электрическое поле, образованное двумя вертикальными пластинами, помещен маленький шарик массой  $m = 2$  г, подвешенный на тонкой шелковой нити. Шарик у сообщен заряд  $q = 1$  мкКл. Если нить отклонилась на угол  $\alpha = 45^\circ$ , то напряженность  $E$  электростатического поля равна ... кВ/м.

- 1) 0,01                      2) 5                      3) 14                      4) 20                      5) 28

**1.16.** Протон, масса которого  $m$ , а заряд  $e$ , начинает движение в электрическом поле напряженностью  $E$ . Расстояние  $S$ , которое пройдет протон за время  $t$ , равно ...

- 1)  $\frac{eEt^2}{2m}$       2)  $\frac{eE}{m}$       3)  $\frac{eEt}{m}$       4)  $\frac{eEt}{2m}$       5)  $\frac{eEt^2}{m}$

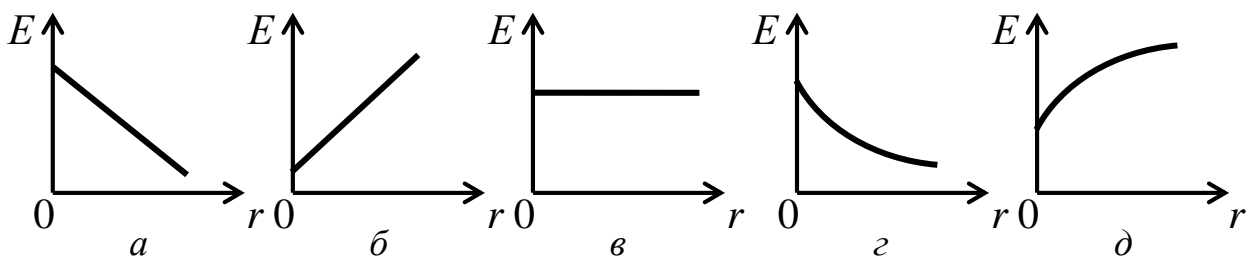
**1.17.** Электрон массой  $m$  и зарядом  $-e$ , попав в однородное электрическое поле, движется вдоль силовых линий. Если напряженность поля  $E$ , а начальная скорость  $v_0$ , то скорость  $v$  электрона станет равной нулю через время  $t$ , равное ...

- 1)  $\frac{eE}{m}$       2)  $\frac{eE}{v_0}$       3)  $\frac{mv_0}{eE}$       4)  $\sqrt{\frac{mv_0}{eE}}$       5)  $\sqrt{\frac{eE}{mv_0}}$

**1.18.** Капля масла массой  $m$  и зарядом  $q$  поднимается вертикально вверх с ускорением  $a$  над бесконечной равномерно заряженной пластиной. Поверхностная плотность  $\sigma$  заряда пластины равна ...

- 1)  $\frac{2\varepsilon_0 m(g+a)}{q}$       2)  $\frac{\varepsilon_0 m(g+a)}{q}$       3)  $\frac{2q}{m(g+a)}$   
 4)  $\frac{q}{2\varepsilon_0 m(g+a)}$       5)  $\frac{2m(g+a)}{\varepsilon_0 q}$

**1.19.** Зависимость величины напряженности  $E$  электростатического поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью, от расстояния  $r$  до этой плоскости верно изображена на рисунке ...



- 1) а      2) б      3) в      4) г      5) д

**1.20.** Электростатическое поле создается бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью зарядов  $\sigma = 17,7$  нКл/м<sup>2</sup>. Напряженность поля  $E$ , создаваемого этой плоскостью, равна ... кВ/м.

- 1) 1,0      2) 2,7      3) 3,5      4) 5,4      5) 6,3

**1.21.** Длинный прямой провод, расположенный в вакууме, несет заряд, равномерно распределенный по всей длине провода

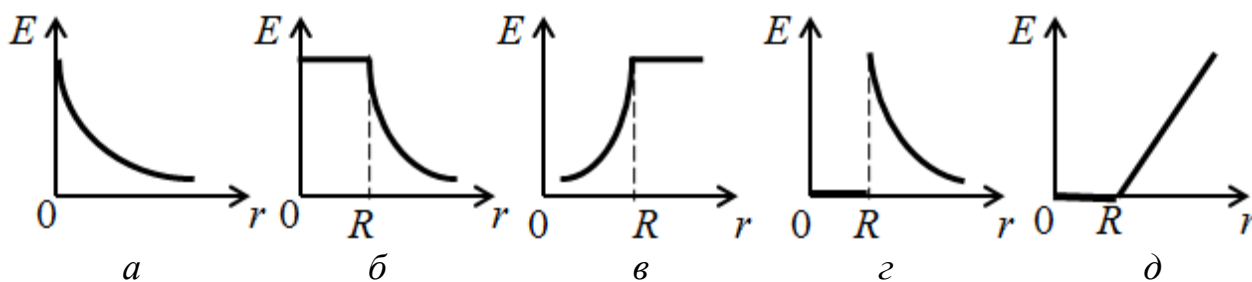
с линейной плотностью  $\tau = 4 \text{ нКл/м}$ . Напряженность  $E$  электростатического поля на расстоянии  $r = 2 \text{ м}$  от провода ... В/м.

- 1) 0                      2) 36                      3) 45                      4) 54                      5) 70

**1.22.** При увеличении расстояния  $r$  до заряженной нити в 2 раза и линейной плотности заряда  $\tau$  в 4 раза напряженность  $E$  электростатического поля ...

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) уменьшится в 8 раз
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 2 раза
- 5) увеличится в 8 раз

**1.23.** Зависимость напряженности  $E$  электростатического поля сферы радиуса  $R$  с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$  от расстояния  $r$  до центра сферы верно изображена на рисунке ...

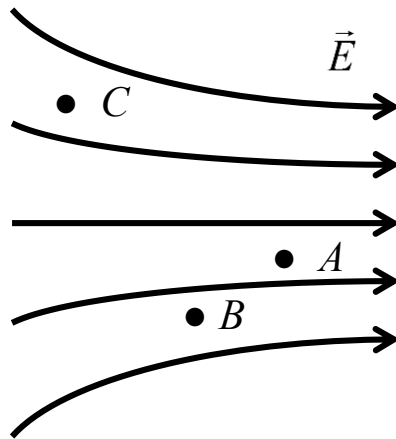


- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**1.24.** Силовая линия электростатического поля – это линия ...

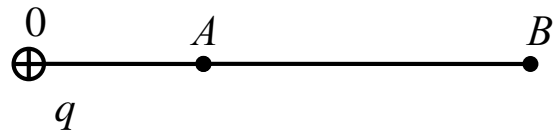
- 1) по которой движется положительный заряд
- 2) по которой движется отрицательный заряд
- 3) касательная к которой совпадает с направлением тока
- 4) касательная к которой совпадает с направлением вектора напряженности
- 5) вдоль которой напряженность постоянна

**1.25.** На рисунке изображены силовые линии электростатического поля. Соотношения напряженностей  $E_A$ ,  $E_B$  и  $E_C$  в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$  соответственно равны ...



- 1)  $E_A > E_B < E_C$
- 2)  $E_A > E_B > E_C$
- 3)  $E_A < E_B < E_C$
- 4)  $E_A < E_B > E_C$
- 5)  $E_A < E_B = E_C$

**1.26.** Соотношение между напряженностями  $E_A$  и  $E_B$  электростатического поля точечного заряда в точках  $A$  и  $B$  ( $OA = 0,5 AB$ ) равно ...

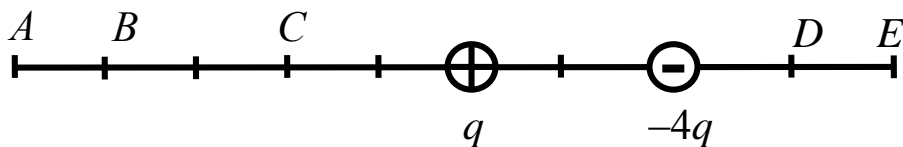


- 1)  $E_A = \sqrt{3}E_B$
- 2)  $E_A = 2E_B$
- 3)  $E_A = 3E_B$
- 4)  $E_A = 4E_B$
- 5)  $E_A = 9E_B$

**1.27.** Точка  $B$  находится в середине отрезка  $AC$ . Неподвижные точечные заряды  $+q$  и  $-2q$  расположены в точках  $A$  и  $C$ . Чтобы напряженность  $E$  электростатического поля в точке  $B$  увеличилась в 2 раза, в точке  $C$  следует поместить заряд  $q_1$ , равный ...

- 1)  $-5q$
- 2)  $-4q$
- 3)  $-q$
- 4)  $+4q$
- 5)  $+5q$

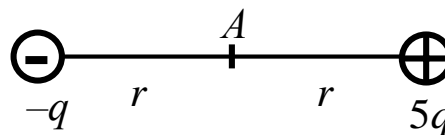
**1.28.** Напряженность  $E$  электростатического поля, создаваемого точечными зарядами  $+q$  и  $-4q$ , равна нулю в точке ...



- 1)  $A$
- 2)  $B$
- 3)  $C$
- 4)  $D$
- 5)  $E$

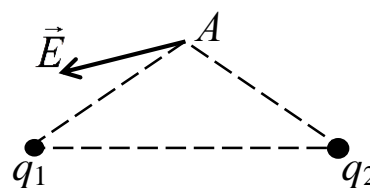
**1.29.** Даны два точечных заряда  $-q$  и  $+5q$ . Если убрать заряд  $-q$ , то величина напряженности  $E$  электростатического поля в точке  $A$  ...

- 1) увеличится в 1,25 раз
- 2) уменьшится в 1,25 раз
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 1,2 раза
- 5) уменьшится в 1,2 раза

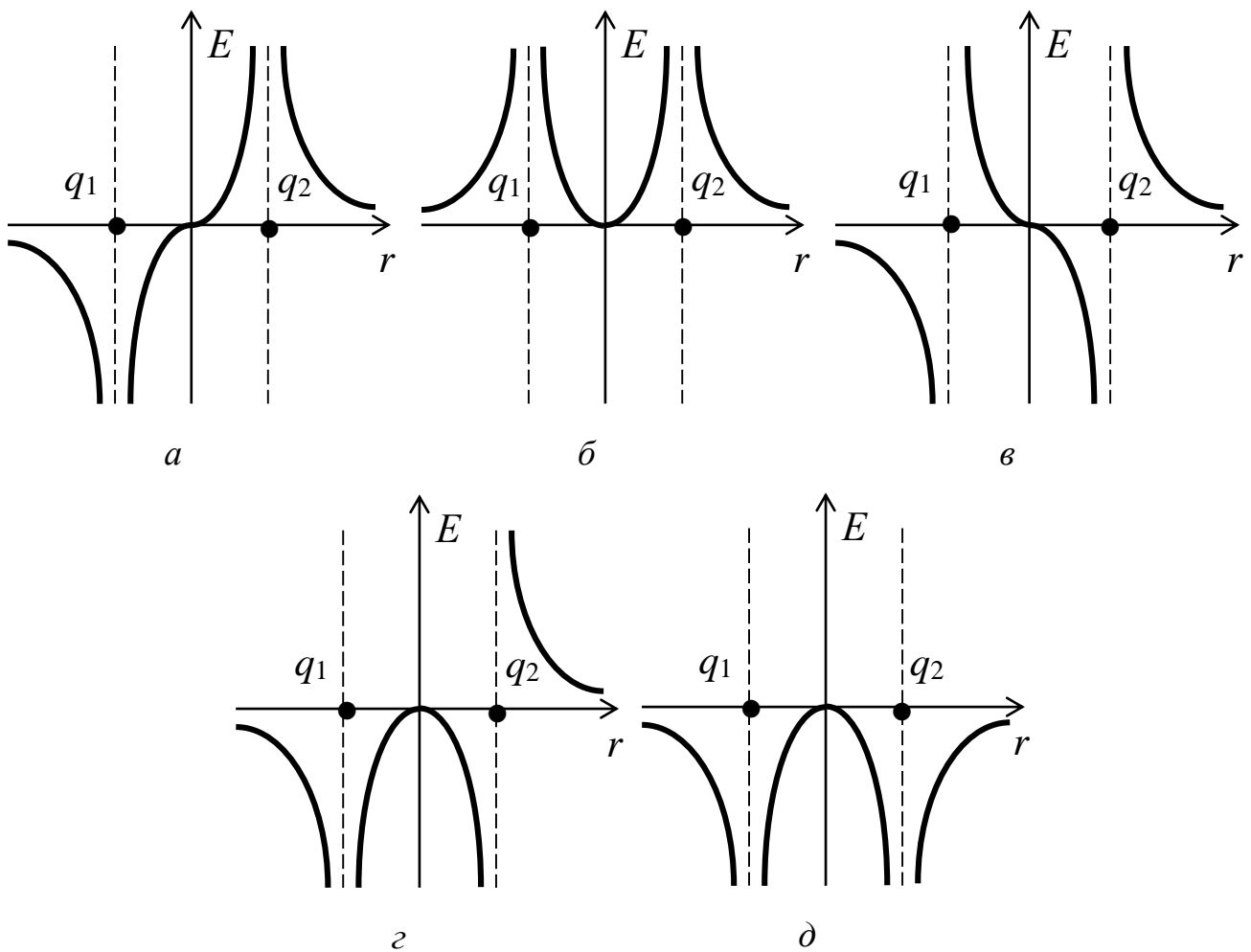


**1.30.** Электростатическое поле создано двумя точечными зарядами. В точке  $A$  показано направление вектора  $\vec{E}$  напряженности этого поля. Величина и знаки зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , создающих это поле, ...

- 1)  $|q_1| > |q_2|$ ,  $q_1 < 0$ ,  $q_2 > 0$
- 2)  $|q_1| < |q_2|$ ,  $q_1 < 0$ ,  $q_2 > 0$
- 3)  $|q_1| = |q_2|$ ,  $q_1 > 0$ ,  $q_2 > 0$
- 4)  $|q_1| = |q_2|$ ,  $q_1 > 0$ ,  $q_2 < 0$
- 5)  $|q_1| < |q_2|$ ,  $q_1 > 0$ ,  $q_2 < 0$



**1.31.** График зависимости напряженности  $E$  электростатического поля вдоль прямой, проходящей через заряды  $q_1$  и  $q_2$  ( $q_1 = q_2$ ), верно изображен на рисунке ... (Положительным считать поле, направленное вправо.)



1) а

2) б

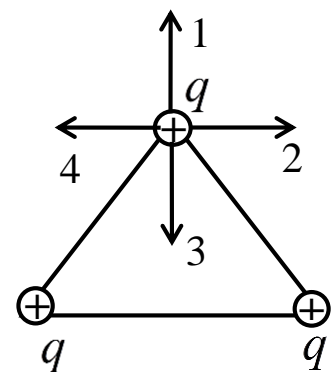
3) в

4) г

5) д

**1.32.** В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые по модулю заряды  $q$ . Направление силы  $\vec{F}$ , действующей на верхний заряд, и направление напряженности поля  $\vec{E}$  в месте нахождения этого заряда обозначены векторами ...

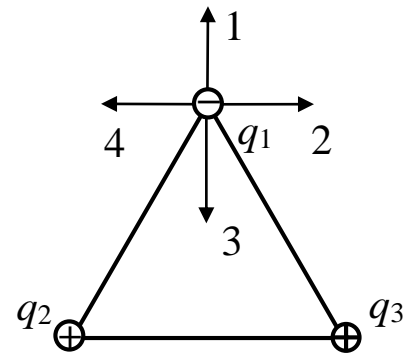
- 1) сила – вектор 1, напряженность – вектор 3
- 2) сила – вектор 1, напряженность – вектор 1
- 3) сила – вектор 3, напряженность – вектор 2
- 4) сила – вектор 2, напряженность – вектор 1
- 5) сила – вектор 4, напряженность – вектор 3



**1.33.** В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые по модулю заряды. Направление силы  $\vec{F}$ , действующей на верхний заряд и направление напряженности  $\vec{E}$  в месте

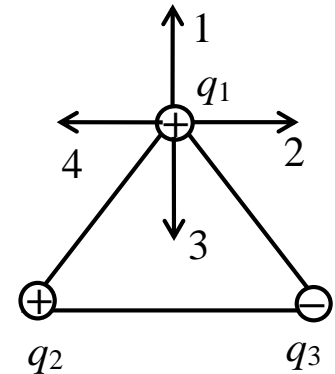
нахождения этого заряда обозначены векторами ...

- 1) сила – 1, напряженность – 1
- 2) сила – 2, напряженность – 4
- 3) сила – 4, напряженность – 2
- 4) сила – 4, напряженность – 4
- 5) сила – 3, напряженность – 1



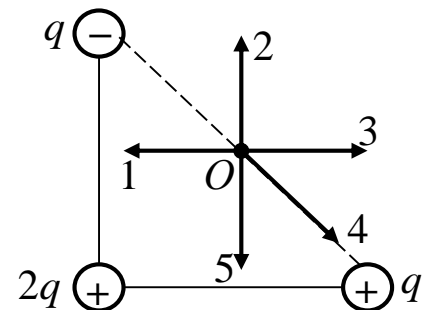
**1.34.** В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые по модулю заряды. Направление силы  $\vec{F}$ , действующей на верхний заряд, и направление напряженности поля  $\vec{E}$  в месте нахождения этого заряда обозначены векторами ...

- 1) сила – вектор 2, напряженность – вектор 4
- 2) сила – вектор 4, напряженность – вектор 2
- 3) сила – вектор 1, напряженность – вектор 2
- 4) сила – вектор 3, напряженность – вектор 3
- 5) сила – вектор 2, напряженность – вектор 2



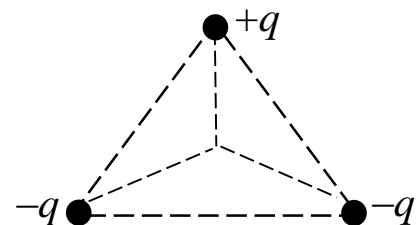
**1.35.** В вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника расположены заряды  $+q$ ,  $+2q$ ,  $-q$ . Напряженность  $\vec{E}$  в точке  $O$ , расположенной в середине гипотенузы, направлена по вектору ...

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

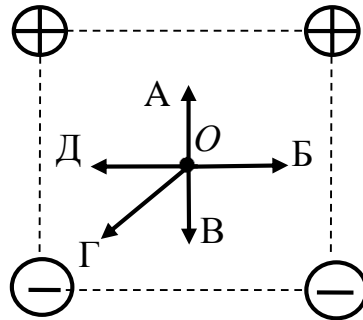


**1.36.** В вершинах равностороннего треугольника находятся заряды  $+q$ ,  $-q$  и  $-q$ . Если один из зарядов создает в центре треугольника напряженность поля  $E_0$ , то все три заряда создадут там же электростатическое поле напряженностью  $E$ , равной ...

- 1)  $E_0$
- 2)  $2E_0$
- 3)  $(1 + \sqrt{3})E_0$
- 4)  $4E_0$
- 5) 0

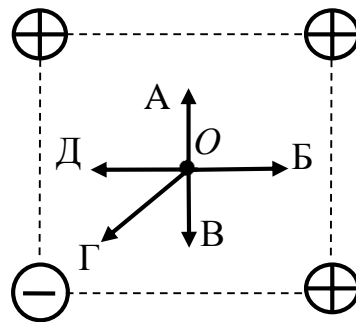


**1.37.** В вершинах квадрата расположены заряды  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$ . Напряженность  $\vec{E}$  электростатического поля в точке  $O$ , расположенной в центре квадрата, направлена по вектору ...



- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г                      5) Д

**1.38.** В вершинах квадрата расположены заряды  $+q$ ,  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ . Напряженность  $\vec{E}$  электростатического поля в точке  $O$ , расположенной в центре квадрата, направлена по вектору ...



- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г                      5) Д

**1.39.** Две бесконечные параллельные плоскости заряжены с поверхностными плотностями зарядов  $\sigma$  и  $-2\sigma$ . Напряженность  $E$  электрического поля между плоскостями равна ...

- 1)  $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$                       2)  $\frac{3\sigma}{\epsilon_0}$                       3)  $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$                       4)  $\frac{3\sigma}{2}$                       5)  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$

**1.40.** Две бесконечные параллельные пластины заряжены с поверхностной плотностью  $\sigma_1 = \sigma$  и  $\sigma_2 = 2\sigma$ . Напряженность  $E$  электростатического поля вне пластин равна ...

- 1)  $\frac{3\sigma}{\epsilon_0}$                       2)  $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$                       3)  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$                       4)  $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$                       5) 0



**1.41.** Электростатическое поле создано двумя одноименно заряженными бесконечными плоскостями. Величина напряженности электрического поля между плоскостями равна  $E_2$ . Напряженности  $E_1$  и  $E_3$  поля вне плоскостей равны ...

$$E_1 \left| \begin{array}{cc} +\sigma & +2\sigma \\ & E_2 \end{array} \right| E_3$$

- 1)  $E_1 = E_2, E_3 = \frac{E_2}{2}$       2)  $E_1 = E_2, E_3 = 2E_2$       3)  $E_1 = E_3 = 3E_2$   
 4)  $E_1 = 3E_2, E_3 = E_2$       5)  $E_1 = E_3 = E_2$

**1.42.** Электростатическое поле создано двумя равномерно заряженными бесконечными плоскостями. Величина напряженности между плоскостями равна  $E_2$ . Напряженности  $E_1$  и  $E_3$  поля вне плоскостей равны ...

$$E_1 \left| \begin{array}{cc} +3\sigma & -\sigma \\ & E_2 \end{array} \right| E_3$$

- 1)  $E_1 = E_2, E_3 = \frac{E_2}{2}$       2)  $E_1 = E_2, E_3 = 2E_2$       3)  $E_1 = E_3 = \frac{E_2}{2}$   
 4)  $E_1 = E_3 = 2E_2$       5)  $E_1 = \frac{E_2}{2}, E_3 = E_2$

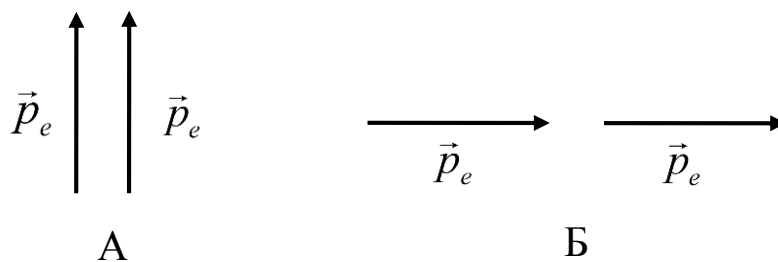
**1.43.** Сфера радиуса  $R$ , несущая на поверхности заряд  $q$ , помещена в центре сферы радиуса  $3R$ , имеющей на поверхности заряд  $-3q$ . Величина напряженности  $E$  электростатического поля на расстоянии  $\frac{3}{2}R$  от центра сферы равна ...

- 1)  $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$       2)  $\frac{q}{18\pi\epsilon_0 R^2}$       3)  $\frac{q}{12\pi\epsilon_0 R^2}$       4)  $\frac{q}{9\pi\epsilon_0 R^2}$       5)  $\frac{5q}{36\pi\epsilon_0 R^2}$

**1.44.** Напряженность  $E$  электрического поля диполя на продолжении оси диполя с расстоянием  $r$  от центра диполя убывает как ...

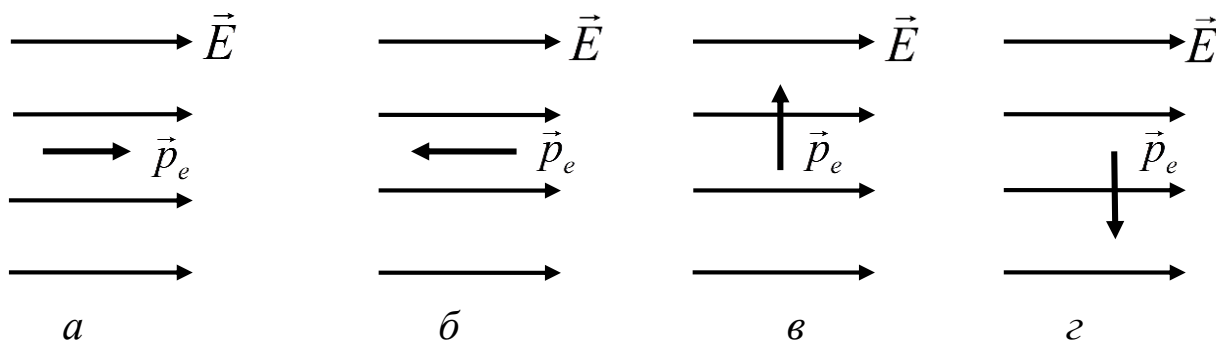
- 1)  $\frac{1}{r}$       2)  $\frac{1}{r^2}$       3)  $\frac{1}{r^3}$       4)  $\frac{1}{r^4}$       5)  $r^{-2/3}$

**1.45.** На рисунках А и Б изображены вектора дипольных моментов двух молекул. Характер взаимодействия между молекулами следующий ...



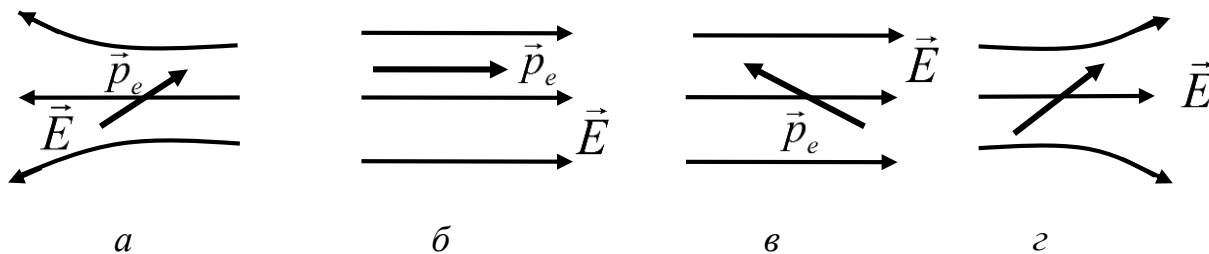
- 1) А, Б – притягиваются
- 2) А, Б – отталкиваются
- 3) А – притягиваются, Б – отталкиваются
- 4) А – отталкиваются, Б – притягиваются

**1.46.** Устойчивое равновесие электрического диполя в электрическом поле относительно поворота изображено на рисунке ...



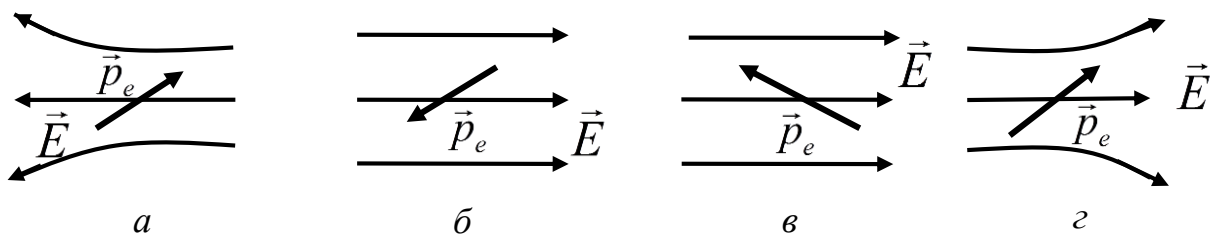
- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г

**1.47.** Диполь, помещенный в электрическое поле, может находиться в состоянии покоя в случае ...



- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г
- 5) среди ответов нет верного

**1.48.** Диполь, помещенный в электрическое поле, будет перемещаться справа налево в случае ...



- 1) а      2) б      3) в      4) г      5) среди ответов нет верного

**1.49.** В однородное электрическое поле напряженностью  $E = 10$  В/см внесли электрический диполь с зарядом  $q = 2$  мкКл так, что плечо диполя перпендикулярно полю и по модулю равно  $l = 5$  мкм. Момент сил  $M$ , действующий на диполь равен ... Н·м.

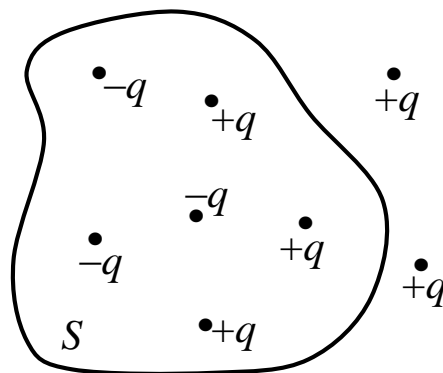
- 1)  $10^{-10}$       2)  $10^{-8}$       3)  $10^{-11}$       4)  $2,5 \cdot 10^3$       5) 2,5

**1.50.** В центре сферы находится электрический заряд  $q$ . Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электрического поля через поверхность сферы увеличится, если ...

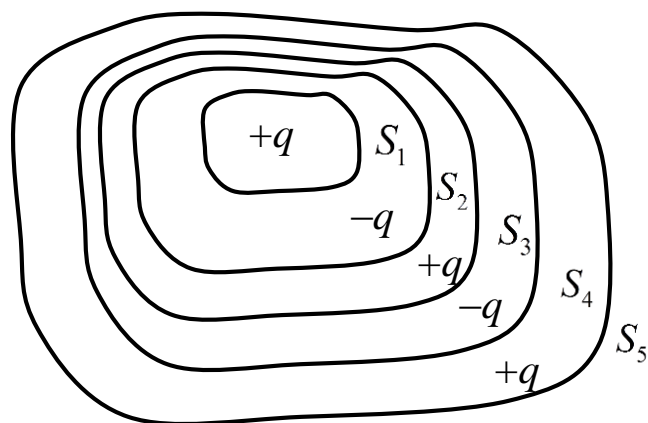
- 1) увеличить радиус сферы
- 2) уменьшить радиус сферы
- 3) увеличить заряд вне сферы
- 4) увеличить заряд внутри сферы
- 5) среди ответов 1–4 нет верного

**1.51.** Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электростатического поля через поверхность  $S$  равен ...

- 1)  $\frac{4q}{\epsilon_0}$       2) 0      3)  $\frac{6q}{\epsilon_0}$   
 4)  $\frac{2q}{\epsilon_0}$       5)  $\frac{5q}{\epsilon_0}$

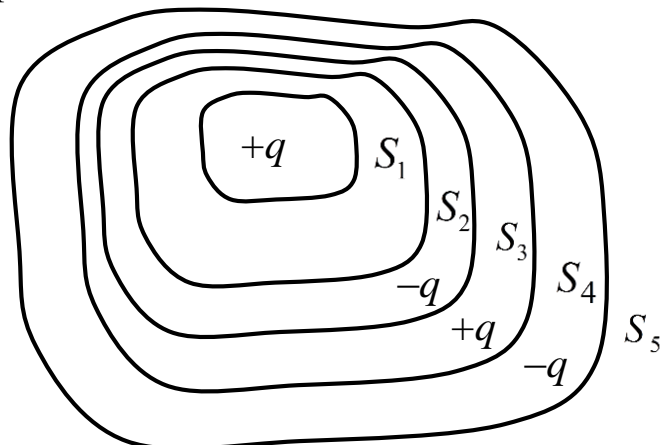


**1.52.** Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ . Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электростатического поля отличен от нуля через поверхности ...



- 1)  $S_1, S_2$       2)  $S_1, S_3$       3)  $S_3, S_4$       4)  $S_2, S_4, S_5$       5)  $S_1, S_3, S_5$

**1.53.** Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$ . Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности равен нулю через поверхность ...



- 1)  $S_1, S_2$       2)  $S_1, S_3$       3)  $S_3, S_4$       4)  $S_3, S_5$       5)  $S_4, S_5$

**1.54.** Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды  $Q_1 = 5$  нКл,  $Q_2 = 3$  нКл,  $Q_3 = -4$  нКл, равен ... В·м.

- 1) 113      2) 226      3) 400      4) 452      5) 1356

**1.55.** Точечный заряд  $q = 531$  нКл помещен в центре куба с длиной ребра  $a = 10$  см. Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электростатического поля через одну грань куба равен ... кВ·м.

- 1) 1      2) 5,31      3) 8,85      4) 10      5) 11,3

**1.56.** Точечный заряд  $q = 1,062$  мкКл помещен в центре куба с длиной ребра  $a = 5$  см. Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электрического поля через две грани куба равен ... кВ·м.

- 1) 120                      2) 60                      3) 40                      4) 20                      5) 10

**1.57.** Электростатическое поле создается тонкой бесконечно длинной нитью, равномерно заряженной с линейной плотностью заряда  $\tau = 10^{-10}$  Кл/м. Поток  $\Phi_E$  вектора напряженности через цилиндрическую поверхность длиной  $l = 2$  м, ось которой совпадает с нитью, равен ... В·м.

- 1) 11,4                      2) 22,6                      3) 34,0                      4) 45,2                      5) 90,4

**1.58.** Потенциальный характер электростатического поля выражается формулой ...

1.  $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$                       2.  $\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S}$                       3.  $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$

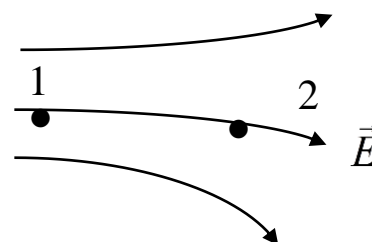
4.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$                       5.  $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$

- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.59.** Потенциал  $\phi$  электростатического поля равен ...

- 1) отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, к величине этого заряда
- 2) отношению работы при перемещении заряда из начальной точки в конечную к величине этого заряда
- 3) отношению заряда одного из проводников к разности потенциалов между этими проводниками
- 4) отношению потенциальной энергии положительного заряда, находящегося в данной точке поля, к величине этого заряда

**1.60.** На рисунке показаны силовые линии электростатического поля. Соотношения напряженностей  $E$  и потенциалов  $\phi$  в точках 1 и 2 имеют вид ...



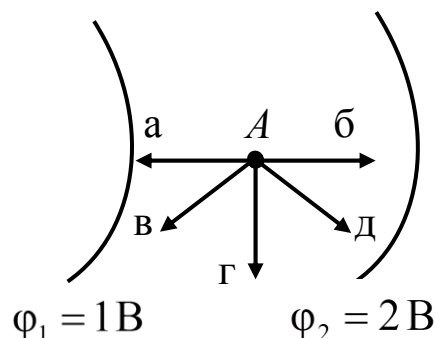
- 1)  $E_1 = E_2, \phi_1 > \phi_2$
- 2)  $E_1 > E_2, \phi_1 > \phi_2$
- 3)  $E_1 > E_2, \phi_1 < \phi_2$

4)  $E_1 < E_2, \varphi_1 > \varphi_2$

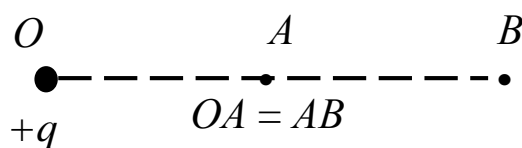
5)  $E_1 < E_2, \varphi_1 < \varphi_2$

**1.61.** Вектор  $\vec{E}$  напряженности электростатического поля в точке  $A$  направлен по стрелке ...

- 1) а      2) б      3) в      4) г      5) д

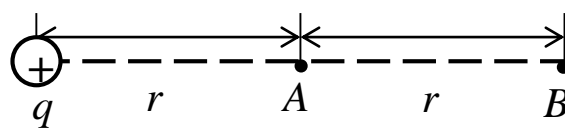


**1.62.** Соотношение между потенциалами  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$  электростатического поля положительного точечного заряда  $+q$  в точках  $A$  и  $B$  имеет вид ...



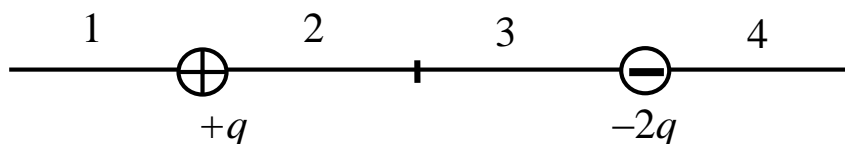
- 1)  $\varphi_A = \varphi_B$       2)  $\varphi_A = 2\varphi_B$       3)  $\varphi_A = 4\varphi_B$   
 4)  $\varphi_A = 0,5\varphi_B$       5)  $\varphi_A = 0,25\varphi_B$

**1.63.** Если потенциал точки  $B$  принят за нулевой уровень, то потенциал  $\varphi_A$  точки  $A$  электростатического поля точечного положительного заряда  $q$ , равен ...



- 1)  $\frac{kq}{r}$       2)  $\frac{kq}{2r}$       3)  $-\frac{kq}{r}$       4)  $\frac{kq}{3r}$       5)  $-\frac{kq}{2r}$

**1.64.** Потенциал  $\varphi$  электростатического поля вдоль линии, соединяющей заряды  $+q$  и  $-2q$  равен нулю в точке, находящейся в области ...

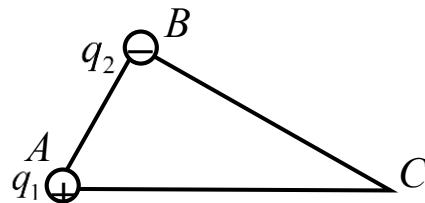


- 1) 1      2) 2      3) 1 и 2      4) 2 и 3      5) 3 и 4

**1.65.** Два точечных равных одноименных заряда  $q$  находятся на расстоянии  $a$ . Потенциал  $\varphi$  поля в точке, где напряженность  $E$  равна нулю, равен ...

- 1)  $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 a}$       2)  $\frac{q}{\pi\epsilon_0 a}$       3)  $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$       4)  $\frac{q}{8\pi\epsilon_0 a}$       5) 0

**1.66.** Потенциал  $\varphi$  электростатического поля, создаваемого двумя зарядами  $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$  Кл и  $q_2 = -4 \cdot 10^{-6}$  Кл, находящимися в вершинах  $A$  и  $B$  треугольника  $ABC$ , в его третьей вершине  $C$  равен ... В. ( $AB = 30$  см,  $BC = 40$  см,  $AC = 50$  см)



- 1)  $18 \cdot 10^4$       2)  $9 \cdot 10^4$       3)  $-9 \cdot 10^4$       4)  $-18 \cdot 10^4$       5) 0

**1.67.** Потенциал заряженного шара радиуса  $R = 10$  см равен  $\varphi_0 = 2$  кВ. Потенциал  $\varphi$  электростатического поля в точке, отстоящей на расстоянии  $r = 1$  м от поверхности этого шара, равен ... В.

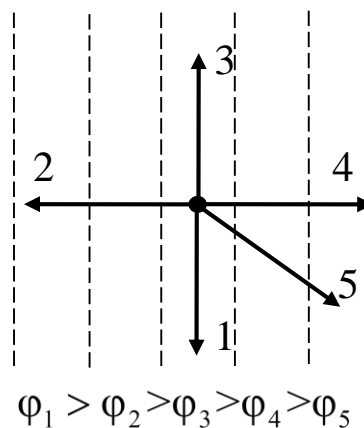
- 1) 16,5      2) 100      3) 165      4) 182      5) 200

**1.68.**  $N$  заряженных капель с потенциалом  $\varphi_0$  соединяют в одну с потенциалом  $\varphi$ . Отношение потенциалов  $\frac{\varphi}{\varphi_0} = N^k$ . Значение  $k$

равно ...

- 1)  $\frac{3}{2}$       2)  $\frac{4}{3}$       3) 1      4)  $\frac{2}{3}$       5)  $\frac{1}{3}$

**1.69.** На рисунке показаны эквипотенциальные поверхности электростатического поля. Вектор  $\vec{E}$  напряженности электростатического поля имеет направление ...



- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4      5) 5

**1.70.** Если пробный заряд перемещается в направлении оси  $x$ , перпендикулярной линии вектора  $\vec{E}$  напряженности электростатического поля, то изменение потенциала  $\frac{d\varphi}{dx}$  в этом направлении будет ...

- 1)  $\frac{d\varphi}{dx} > 0$       2)  $\frac{d\varphi}{dx} = 0$       3)  $\frac{d\varphi}{dx} = 1$       4)  $\frac{d\varphi}{dx} < 0$       5)  $\frac{d\varphi}{dx} = \infty$

**1.71.** Шарик, заряженный до потенциала  $\varphi = 792$  В, имеет поверхностную плотность заряда  $\sigma = 33$  нКл/м<sup>2</sup>. Радиус  $R$  шарика равен ... см.

- 1) 0,7                      2) 35                      3) 7,2                      4) 91                      5) 21

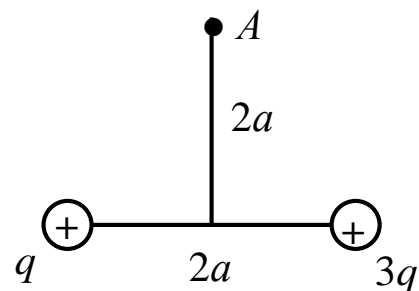
**1.72.** На кольце радиуса  $R = 1$  м равномерно распределен заряд  $q = 10$  нКл. Потенциал  $\varphi$  в центре кольца равен ... В.

- 1) 90                      2) 100                      3) 150                      4) 200                      5) 250

**1.73.** Внутри заряженной сферы с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$  напряженность  $E$  электростатического поля и потенциал  $\varphi$  равны ...

- 1)  $E = \text{const}, \varphi = 0$   
 2)  $E = 0, \varphi = 0$   
 3)  $E = 0, \varphi = \text{const}$   
 4)  $E = \text{const}, \varphi = \text{const}$   
 5)  $E$  и  $\varphi$  зависят от диэлектрической проницаемости среды внутри сферы

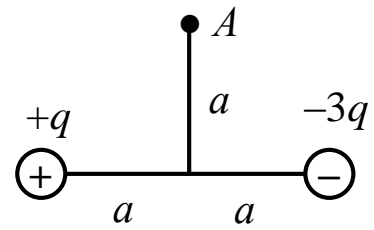
**1.74.** Два заряда величиной  $q$  и  $3q$  расположены на расстоянии  $2a$  друг от друга. Потенциал  $\varphi$  электростатического поля в точке  $A$ , находящейся на перпендикуляре, восстановленном из середины отрезка длиной  $2a$ , на расстоянии  $2a$  от основания перпендикуляра равен ...



- 1)  $\frac{\sqrt{5}q}{10\pi\epsilon_0 a}$       2)  $\frac{\sqrt{5}q}{4\pi\epsilon_0 a}$       3)  $\frac{\sqrt{5}q}{2\pi\epsilon_0 a}$       4)  $\frac{5q}{4\pi\epsilon_0 a}$       5)  $\frac{\sqrt{5}q}{5\pi\epsilon_0 a}$



**1.75.** Два заряда величиной  $+q$  и  $-3q$  расположены на расстоянии  $2a$  друг от друга. Потенциал  $\varphi$  электростатического поля в точке  $A$ , находящейся на перпендикуляре, восстановленном из середины отрезка длиной  $2a$  на расстоянии  $a$  от основания перпендикуляра, равен ... В.



- 1)  $\frac{\sqrt{2}q}{2\pi\epsilon_0 a}$       2)  $\frac{\sqrt{2}q}{4\pi\epsilon_0 a}$       3)  $-\frac{\sqrt{2}q}{4\pi\epsilon_0 a}$       4)  $-\frac{\sqrt{2}q}{2\pi\epsilon_0 a}$       5)  $\frac{\sqrt{2}q}{8\pi\epsilon_0 a}$

**1.76.** Расстояние между одинаковыми зарядами  $q = \pm 5$  нКл равно  $l = 10$  см. Потенциал  $\varphi$  поля, создаваемый зарядом в точке, удаленной на  $r = 5$  см как от первого, так и от второго заряда, равен ... В.

- 1) 1800      2) 900      3) 180      4) 90      5) 0

**1.77.** Два проводящих шара радиусами  $R_1$  и  $R_2$  расположены на расстоянии  $r$ , во много раз большем их радиусов. Шару радиуса  $R_1$  сообщили заряд  $q$ . Если второй шар первоначально не заряжен, то после соединения шаров проводником заряд  $q_2$  второго шара станет равным ...

- 1)  $q \frac{R_1}{R_1 + R_2}$       2)  $q \frac{R_2}{R_1 + R_2}$       3)  $2q \frac{R_1}{R_1 + R_2}$       4)  $q \frac{R_2}{R_1}$       5)  $q \frac{R_1}{R_2}$

**1.78.** Два шара, радиусы которых  $R_1 = 8$  мм и  $R_2 = 32$  мм, находятся на большом расстоянии  $r$  друг от друга. Заряд первого шара равен  $q = 30$  мКл, второй шар не заряжен. Если их соединить проводником, то заряд  $q_1$  первого шара станет равным ... мКл.

- 1) 15      2) 10      3) 7,5      4) 6      5) 4

**1.79.** Металлические шары, заряженные одинаковым зарядом  $q$ , имеют потенциалы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . При соединении шаров проводником потенциалы  $\varphi$  шаров будут равны ...

- 1)  $\frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2}$       2)  $\varphi_1 + \varphi_2$       3)  $\frac{2\varphi_1 \cdot \varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2}$       4)  $\frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{2(\varphi_1 + \varphi_2)}$       5) 0

**1.80.** Два шарика радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , заряженные до потенциалов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  соответственно, находятся на большом расстоянии  $r$  друг

от друга. Шарики соединяют длинным тонким проводником. Потенциал  $\varphi$ , установившийся на шариках после соединения, равен ...

1)  $\frac{\varphi_1 R_1 - \varphi_2 R_2}{R_1 + R_2}$

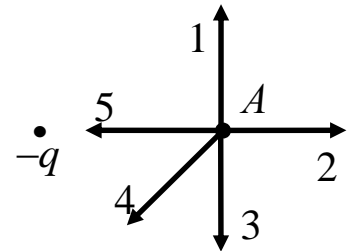
2)  $(\varphi_1 - \varphi_2) \frac{R_1}{2R_2}$

3)  $\frac{\varphi_2 R_1 - \varphi_1 R_2}{R_1 + R_2}$

4)  $(\varphi_1 + \varphi_2) \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

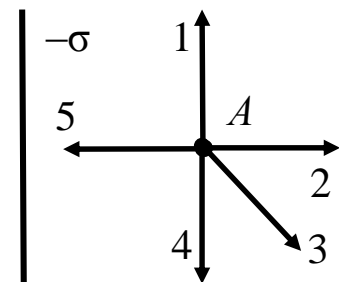
5)  $\frac{\varphi_1 R_1 + \varphi_2 R_2}{R_1 + R_2}$

**1.81.** Поле создано точечным зарядом  $-q$ . Вектор градиента потенциала  $\text{grad}\varphi$  в точке  $A$  имеет направление ...



- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4      5) 5

**1.82.** Поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью  $-\sigma$ . Вектор градиента потенциала  $\text{grad}\varphi$  в точке  $A$  имеет направление ...



- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4      5) 5

**1.83.** Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, заряженной равномерно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 7,08 \text{ нКл/м}^2$ . Числовое значение вектора градиента потенциала  $\text{grad}\varphi$  этого поля равно ... В/м.

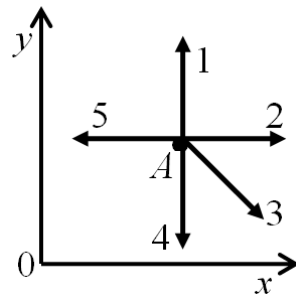
- 1) 900      2) 700      3) 500      4) 400      5) 300

**1.84.** Электростатическое поле создается бесконечной прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью заряда  $\tau = 30 \text{ нКл/м}$ . Градиент потенциала  $\text{grad}\varphi$  на расстоянии  $r = 0,3 \text{ см}$  от нити равен ... кВ/м.

- 1) 10      2) 25      3) 30      4) 90      5) 180

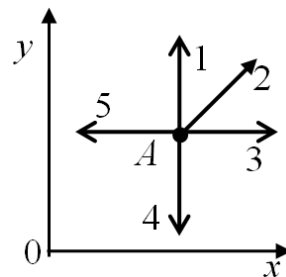
**1.85.** В некоторой области пространства создано электростатическое поле, потенциал которого описывается функцией  $\varphi = -3x^2$ . Вектор  $\vec{E}$

напряженности электростатического поля в точке  $A$  направлен по вектору ...



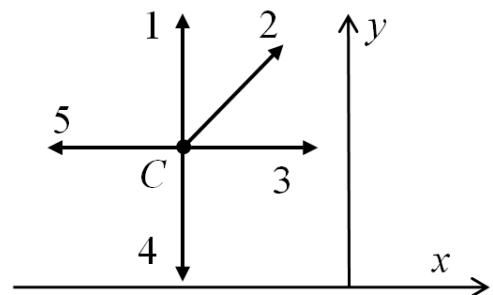
- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.86.** В некоторой области пространства создано электростатическое поле, потенциал которого изменяется по закону  $\varphi = -4y^2 + 3$ . Вектор  $\vec{E}$  напряженности электрического поля в точке  $A$  направлен по вектору ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.87.** В некоторой области пространства создано электростатическое поле, потенциал которого описывается функцией  $\varphi = 5x^2 - 2$ . Вектор  $\vec{E}$  напряженности поля в точке  $C$  направлен по вектору ...

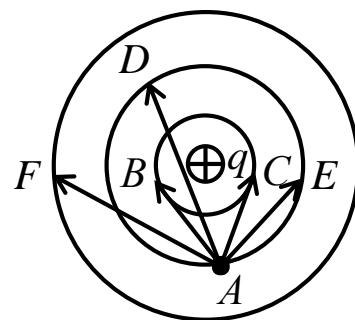


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.88.** Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 17,7 \text{ нКл/м}^2$ . Разность потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$  между двумя точками этого поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 0,4 \text{ м}$  и  $r_2 = 0,5 \text{ м}$  от плоскости, равна ... В.

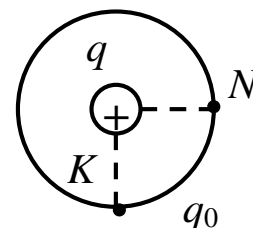
- 1) 25                      2) 50                      3) 75                      4) 90                      5) 100

**1.89.** В электростатическом поле точечного заряда  $+q$  из точки  $A$  в точки  $B, C, D, E$  и  $F$  перемещается один и тот же пробный заряд. Работа  $A$  сил электростатического поля по перемещению заряда равна нулю на участках ...



- 1)  $AE$  и  $AC$     2)  $AD$  и  $AE$     3)  $AC$  и  $AB$     4)  $AD$  и  $AB$     5)  $AD$  и  $AF$

**1.90.** Работа, совершаемая полем точечного заряда  $q$  при перемещении заряда  $q_0$  по дуге  $KN$  длиной  $l = 2$  м под действием силы  $F = 10$  Н, равна ... Дж.



- 1) 0,2    2) 20    3) 5    4) 0    5) 2

**1.91.** Работа по перемещению заряда  $q = 5,85$  нКл вдоль эквипотенциальной поверхности, потенциал которой  $\varphi = 3$  В, равна ... Дж.

- 1) 0    2)  $5,9 \cdot 10^{-9}$     3)  $11,7 \cdot 10^{-9}$     4)  $17,6 \cdot 10^{-9}$     5)  $24,3 \cdot 10^{-9}$

**1.92.** Работа по перемещению точечного заряда  $q$  в электростатическом поле из точки  $A$  в точку  $B$  положительная, если ...

- 1)  $\varphi_A = \varphi_B, q > 0$     2)  $\varphi_A > \varphi_B, q > 0$     3)  $\varphi_A = \varphi_B, q < 0$   
 4)  $\varphi_A > \varphi_B, q < 0$     5)  $\varphi_A < \varphi_B, q > 0$

**1.93.** Заряд  $q = 4$  нКл перемещают в однородном электростатическом поле напряженностью  $E = 600$  В/см. Если направление перемещения составляет с направлением силовых линий угол  $\alpha = 60^\circ$ , то работа  $A$ , совершаемая при перемещении заряда на пути  $S = 5$  см, равна ... Дж.

- 1)  $6 \cdot 10^{-6}$     2)  $6 \cdot 10^{-3}$     3)  $3 \cdot 10^{-6}$     4)  $3 \cdot 10^{-5}$     5)  $3 \cdot 10^{-2}$

**1.94.** Если заряженная частица ( $q = 2e$ ) прошла ускоряющую разность потенциалов  $U$  и приобрела скорость  $v$ , то масса  $m$  этой частицы ...

- 1)  $\frac{4eU}{v^2}$     2)  $\frac{v^2}{4eU}$     3)  $\frac{2eU}{v^2}$     4)  $\frac{eU}{v^2}$     5)  $\frac{4eU}{v}$

**1.95.** Работа  $A$ , которую надо совершить, чтобы заряды  $q_1 = 1$  нКл и  $q_2 = 2$  нКл, находящиеся в воздухе на расстоянии  $r_1 = 0,5$  м, сблизить до  $r_2 = 0,1$  м, равна ... мкДж.

- 1) 0,036      2) 0,18      3) 0,144      4) 0,216      5) 0

**1.96.** Диполь с электрическим моментом  $p = 100$  пКл/м свободно установился в однородном электрическом поле с напряженностью  $E = 150$  кВ/м. Чтобы повернуть диполь на угол  $\alpha = 180^\circ$ , необходимо совершить работу  $A$ , равную ... мкДж.

- 1) 0      2) 15      3) 30      4) 75      5) 667

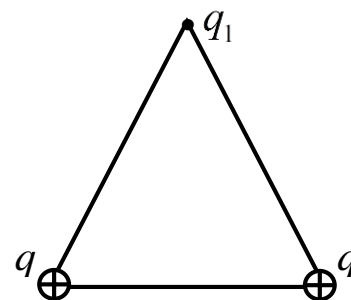
**1.97.** Потенциальная энергия  $W$  точечного заряда  $q$  при его приближении к одноименному заряду ...

- 1) увеличивается  
 2) уменьшается  
 3) не изменяется  
 4) увеличивается, если заряды положительные  
 5) увеличивается, если заряды отрицательные

**1.98.** Потенциальная энергия  $W$  системы двух точечных зарядов  $q_1 = 100$  нКл и  $q_2 = 10$  нКл, находящихся на расстоянии  $r = 10$  см друг от друга, равна ... мкДж.

- 1) 9000      2) 900      3) 90      4) 9      5) 0,9

**1.99.** Три точечных заряда расположены в вершинах равностороннего треугольника. Два из них одноименные и равные друг другу. Чтобы потенциальная энергия  $W$  взаимодействия зарядов была равна нулю, третий заряд  $q_1$  должен быть равным ...



- 1)  $\frac{q}{2}$       2)  $-\frac{q}{2}$       3)  $q$       4)  $-q$       5)  $-2q$

**1.100.** Два маленьких шарика с зарядом  $q$  и массой  $m$  закреплены на расстоянии  $a$  друг от друга. Если шарики освободить, то их скорость  $v$  на бесконечно большом расстоянии друг от друга равна ...

- 1)  $\frac{q}{\sqrt{2\pi\epsilon_0 m a}}$     2)  $\frac{q}{2\sqrt{\pi\epsilon_0 m a}}$     3)  $\sqrt{\frac{q}{2\pi\epsilon_0 m a}}$     4)  $\frac{q}{a\sqrt{2\pi\epsilon_0 m}}$     5)  $\frac{q}{2a\sqrt{\pi\epsilon_0 m a}}$

## Б. Электростатическое поле в веществе

### Тестовые задания

**1.101.** Два маленьких одинаковых металлических шарика с зарядами  $+5q$  и  $-q$  находятся на некотором расстоянии друг от друга в вакууме. Шарики привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние  $r$ , поместив их в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ . Модуль силы  $F$  взаимодействия шариков ...

- 1) увеличился в 3 раза
- 2) увеличился в 2,5 раза
- 3) не изменился
- 4) уменьшился в 2,5 раза
- 5) уменьшился в 3 раза

**1.102.** Два заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находясь на расстоянии  $r$  друг от друга в воде ( $\epsilon = 81$ ), взаимодействуют с силой  $F$ . Чтобы сила взаимодействия осталась прежней, их следует поместить в вакууме на расстоянии ...

- 1)  $81r$
- 2)  $9r$
- 3)  $3r$
- 4)  $\frac{r}{3}$
- 5)  $\frac{r}{9}$

**1.103.** Два тела малых размеров с равными по величине и одинаковыми по знаку зарядами  $q$ , связанные непроводящей пружиной, перенесли из вакуума в воду ( $\epsilon = 81$ ). Чтобы расстояние  $r$  между телами не изменилось, заряд каждого тела необходимо увеличить в ... раз. (Выталкивающей силой пренебречь.)

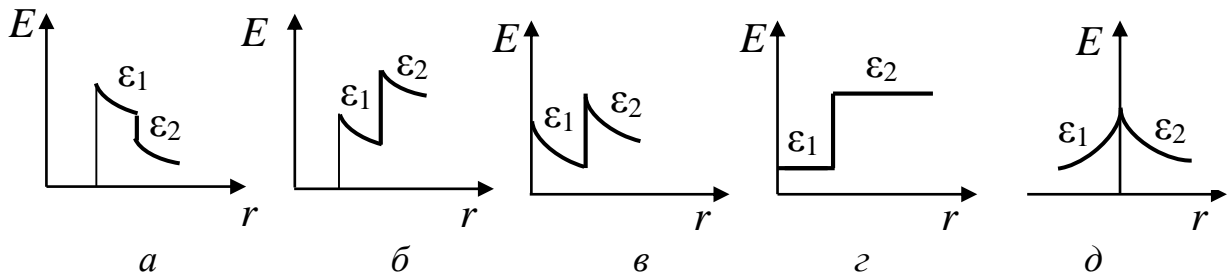
- 1) 3
- 2) 2
- 3) 9
- 4) 81
- 5)  $\sqrt{3}$

**1.104.** На кольце радиуса  $R = 1$  м равномерно распределен заряд  $q = 10$  нКл. Если кольцо поместить в диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 1,5$ , то потенциал  $\phi$  в центре кольца станет равным ... В.

- 1) 60
- 2) 66,7
- 3) 100
- 4) 133,3
- 5) 166,7

**1.105.** График зависимости напряженности  $E$  электростатического поля заряженной сферы, окруженной двумя сферическими слоями

диэлектриков с  $\epsilon_1 = 2$  и  $\epsilon_2 = 1$ , от расстояния  $r$  до центра сферы верно изображен на рисунке ...



1) а

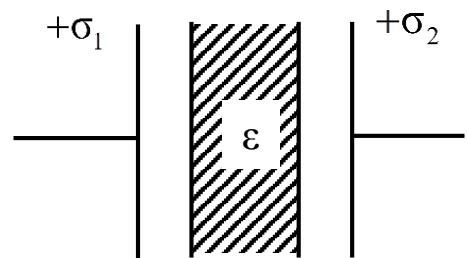
2) б

3) в

4) г

5) д

**1.106.** Между двумя параллельными пластинами с поверхностными плотностями зарядов  $+\sigma_1$  и  $+\sigma_2$  ( $\sigma_1 > \sigma_2$ ) расположена пластина из диэлектрика. Напряженность  $E$  электростатического поля внутри диэлектрика равна ...



1)  $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0\epsilon}$

2)  $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\epsilon_0\epsilon}$

3)  $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\epsilon_0\epsilon}$

4)  $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\epsilon_0\epsilon}$

5)  $\frac{2(\sigma_1 + \sigma_2)}{\epsilon_0\epsilon}$

**1.107.** Две параллельные металлические заряженные пластины с поверхностными плотностями зарядов  $\sigma_1 = 3 \text{ мкКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = 2 \text{ мкКл/м}^2$  расположены в диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,2$ . Напряженность  $E$  электростатического поля между пластинами равна ... кВ/м.

1) 26

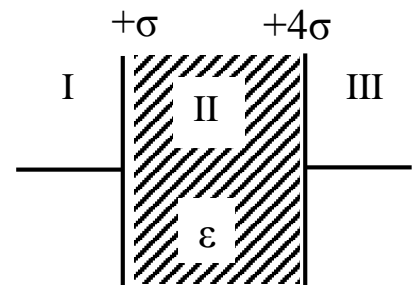
2) 128

3) 51

4) 76

5) 256

**1.108.** Между двумя параллельными пластинами с поверхностными плотностями зарядов  $+\sigma$  и  $+4\sigma$  расположена пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Напряженность  $E$  электростатического поля в области I равна ...



1)  $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$

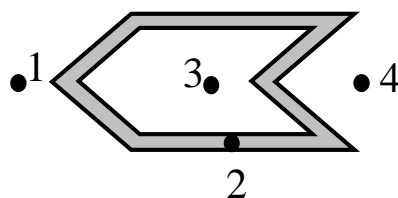
2)  $\frac{3\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$

3)  $\frac{5\sigma}{2\epsilon_0}$

4)  $\frac{5\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$

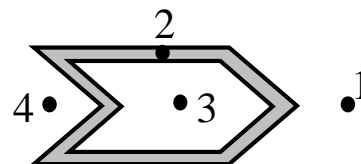
5) 0

**1.109.** Металлическому полому телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщен положительный заряд  $q$ . Напряженность  $E$  электрического поля равна нулю в точках ...



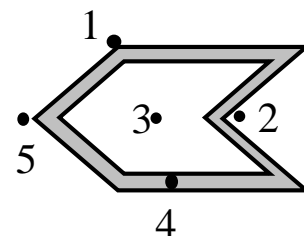
- 1) 3 и 4                      2) 1 и 3                      3) 2 и 3                      4) 1 и 2                      5) 1

**1.110.** Металлическому полому телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщили положительный заряд  $q$ . Напряженность  $E$  электрического поля отлична от нуля в точках ...



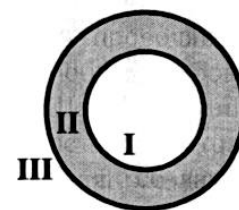
- 1) 1 и 4                      2) 1 и 3                      3) 2 и 3                      4) 1 и 2                      5) 2 и 4

**1.111.** Металлическому полому телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщен положительный заряд  $q$ . Напряженность  $E$  электрического поля имеет наибольшее значение в точке ...



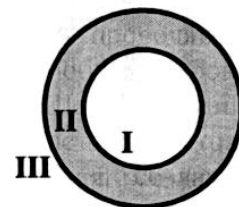
- 1) 1                              2) 2                              3) 3                              4) 4                              5) 5

**1.112.** На рисунке изображен уединенный проводящий полый шар. I – область полости, II – область проводника, III – область вне проводника. Шару сообщили отрицательный заряд  $-q$ . Напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого шаром, равна нулю в области ...



- 1) только в I                      2) только в II                      3) только в III  
4) в I и II                      5) таких областей нет на рисунке

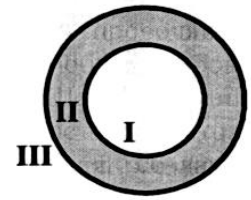
**1.113.** На рисунке изображен уединенный проводящий полый шар. I – область полости, II – область проводника, III – область вне проводника. Шару сообщили отрицательный заряд  $-q$ . Напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого шаром, отлична от нуля в области ...



- 1) только в I                      2) только в II                      3) только в III  
4) в I и II                      5) таких областей нет на рисунке



**1.114.** Проводящему полому шару с толстыми стенками сообщили положительный заряд  $+q$ . На рисунке показано сечение шара. Потенциал  $\varphi$  бесконечно удаленных от шара точек считать равным нулю. Потенциал электрического поля шара равен нулю в области ...



- 1) только в I
- 2) только в II
- 3) только в III
- 4) в I и II
- 5) таких областей нет на рисунке

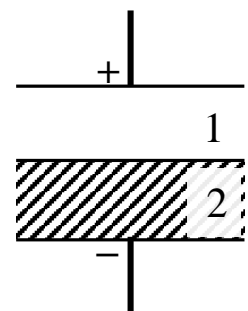
**1.115.** Силовой характеристикой электрического поля, не зависящей от свойств среды, является ...

- 1) напряженность
- 2) электрическое смещение
- 3) напряжение
- 4) потенциал
- 5) электродвижущая сила

**1.116.** Силовой характеристикой электрического поля, зависящей от свойств среды, является ...

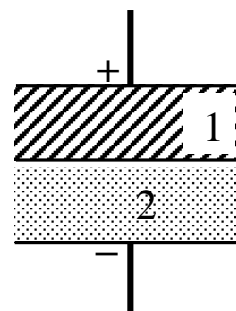
- 1) напряженность
- 2) электрическое смещение
- 3) напряжение
- 4) электродвижущая сила
- 5) электрический заряд

**1.117.** Конденсатор частично заполнен диэлектриком. Напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в областях 1 и 2 между обкладками соотносятся как ...



- 1)  $E_1 > E_2, D_1 > D_2$
- 2)  $E_1 < E_2, D_1 = D_2$
- 3)  $E_1 > E_2, D_1 = D_2$
- 4)  $E_1 = E_2, D_1 > D_2$
- 5)  $E_1 = E_2, D_1 < D_2$

**1.118.** Конденсатор заполнен двумя диэлектриками с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  ( $\epsilon_1 > \epsilon_2$ ) как показано на рисунке. Напряженность  $E$  и смещение  $D$  электростатического поля в областях 1 и 2 между обкладками соотносятся как ...



- 1)  $E_1 > E_2, D_1 > D_2$
- 2)  $E_1 < E_2, D_1 = D_2$
- 3)  $E_1 > E_2, D_1 = D_2$
- 4)  $E_1 = E_2, D_1 > D_2$
- 5)  $E_1 = E_2, D_1 < D_2$

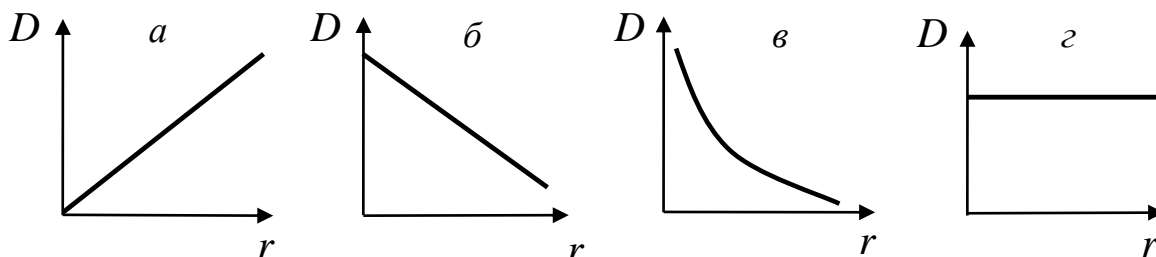
**1.119.** Модуль вектора электрического смещения  $\vec{D}$  шара радиуса  $R = 1$  см, заряд которого  $q = 3,14 \cdot 10^{-8}$  Кл, в точке, отстоящей на расстоянии  $r = 4$  см от поверхности шара, равен ... Кл/м<sup>2</sup>.

- 1)  $10^{-6}$
- 2)  $1,56 \cdot 10^{-6}$
- 3)  $0,25 \cdot 10^{-6}$
- 4)  $1,3 \cdot 10^{-7}$
- 5)  $1 \cdot 10^{-8}$

**1.120.** При внесении диэлектрика в электростатическое поле модуль вектора  $\vec{D}$  электрического смещения ...

- 1) не изменится
- 2) увеличится в  $\epsilon$  раз
- 3) уменьшится в  $\epsilon$  раз
- 4) уменьшится в  $(\epsilon - 1)$  раз
- 5) увеличится в  $(\epsilon - 1)$  раз

**1.121.** Электростатическое поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Зависимость электрического смещения  $D$  от расстояния  $r$  между данной точкой поля и плоскостью верно изображена на рисунке ...



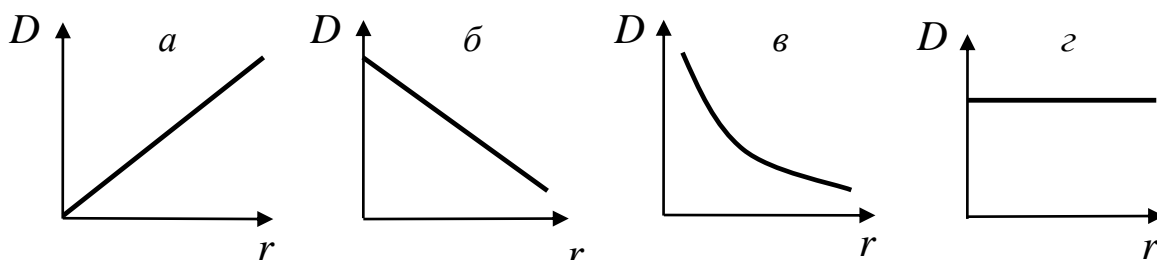
1) а

2) б

3) в

4) г

**1.122.** Электростатическое поле создается бесконечной равномерно заряженной нитью с линейной плотностью заряда  $\tau$ . Зависимость электрического смещения  $D$  от расстояния  $r$  между данной точкой поля и нитью верно изображена на рисунке ...



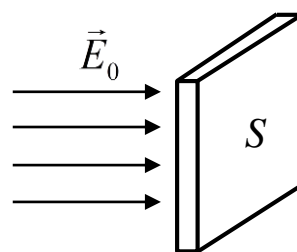
1) а

2) б

3) в

4) г

**1.123.** В однородное электростатическое поле напряженностью  $E_0 = 700$  В/м перпендикулярно полю поместили плоскопараллельную стеклянную пластину ( $\epsilon = 7$ ). Электрическое смещение  $D$  внутри пластины равно ... нКл/м<sup>2</sup>.



1) 5,31

2) 6,2

3) 10,6

4) 100

5) 700

**1.124.** Поверхностная плотность заряда на пластинах плоского конденсатора  $\sigma = 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>. Модуль вектора электрического смещения  $\vec{D}$  равен ... Кл/м<sup>2</sup>.

1)  $10^{-13}$

2)  $10^{-5}$

3)  $8,85 \cdot 10^{-3}$

4)  $1,1 \cdot 10^3$

5)  $10^7$

**1.125.** Две параллельные металлические пластины, расположенные в диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 7$ , обладают поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1 = 2$  мкКл/см<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 3$  мкКл/см<sup>2</sup>. Электрическое смещение  $D$  поля между пластинами равно ... мКл/м<sup>2</sup>.

1) 0,71

2) 5,0

3) 7,1

4) 25

5) 50

**1.126.** Две параллельные металлические пластины, расположенные в диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 5,4$ , обладают поверхностной плотностью зарядов  $\sigma_1 = 2$  мкКл/см<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 3$  мкКл/см<sup>2</sup>. Электрическое смещение  $D$  поля вне пластин равно ... мКл/м<sup>2</sup>.

1) 0,93

2) 5,0

3) 7,1

4) 25

5) 50

**1.127.** Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через замкнутую поверхность  $S$ , охватывающую свободный заряд  $q$ , зависит от ...

А. Знака заряда

Б. Величины заряда

В. Диэлектрической проницаемости среды

Г. Конфигурации поверхности

Д. Расположения заряда внутри замкнутой поверхности

1) А, Б

2) А, В

3) Б, Г

4) Б

5) В

**1.128.** Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через замкнутую поверхность  $S$  равен ...

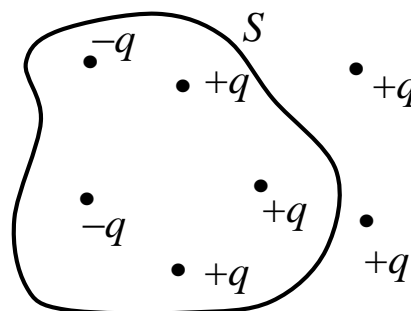
1)  $\frac{4q}{\epsilon_0}$

2)  $q$

3)  $\frac{q}{\epsilon_0}$

4)  $2q$

5)  $6q$



**1.129.** В центре сферы находится точечный заряд  $q = 12$  мкКл. Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через поверхность сферы равен ... мкКл.

1)  $8,85 \cdot 10^{12}$

2)  $1,4 \cdot 10^{12}$

3) 9,0

4) 12,0

5) 0

**1.130.** Внутри сферы находятся точечные заряды  $q_1 = 12$  мкКл и  $q_2 = -3$  мкКл. Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через поверхность сферы равен ... мкКл.

1) 6,3

2) 3,7

3) 9,0

4) 12,0

5) 0

**1.131.** Заряды  $q_1 = 2$  нКл,  $q_2 = -10$  нКл и  $q_3 = +20$  нКл расположены так, как показано на рисунке. Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через поверхность куба равен ... нКл.

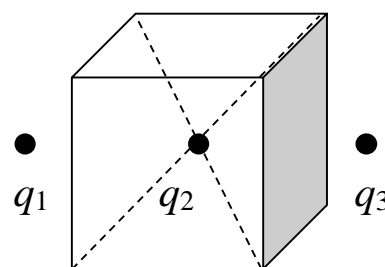
1) +12

2) +22

3) +10

4) -10

5) 0



**1.132.** Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через поверхность куба со стороной  $a = 3$  см, в вершинах которого находятся точечные заряды по  $q = 24$  нКл, равен ... нКл.

1) 24

2) 8

3) 6

4) 0

5) 96

**1.133.** Внутри куба расположены заряды  $q_1 = 19$  нКл и  $q_2 = -7$  нКл. Поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через одну из граней куба равен ... нКл.

- 1) 24                      2) 2,7                      3) 4,3                      4) 12                      5) 2

**1.134.** Если перемещать заряд  $q$ , находящийся внутри сферической поверхности, то поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через эту поверхность ...

- 1) увеличится
- 2) не изменится
- 3) уменьшится
- 4) при приближении заряда к поверхности сначала увеличивается, потом уменьшается
- 5) при приближении заряда к поверхности сначала уменьшается, потом увеличивается

**1.135.** Тангенциальные составляющие векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и электрического смещения  $\vec{D}$  на границе двух диэлектриков соотносятся как ...

1)  $E_{2\tau} = E_{1\tau}, D_{2\tau} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} D_{1\tau}$

2)  $E_{2\tau} = E_{1\tau}, D_{2\tau} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} D_{1\tau}$

3)  $E_{2\tau} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} E_{1\tau}, D_{2\tau} = D_{1\tau}$

4)  $E_{2\tau} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} E_{1\tau}, D_{2\tau} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} D_{1\tau}$

5)  $E_{2\tau} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} E_{1\tau}, D_{2\tau} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} D_{1\tau}$

**1.136.** Нормальные составляющие векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и электрического смещения  $\vec{D}$  на границе двух диэлектриков соотносятся как ...

$$1) E_{2n} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} E_{1n}, D_{2n} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} D_{1n}$$

$$2) E_{2n} = E_{1n}, D_{2n} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} D_{1n}$$

$$3) E_{2n} = E_{1n}, D_{2n} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} D_{1n}$$

$$4) E_{2n} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} E_{1n}, D_{2n} = D_{1n}$$

$$5) E_{2n} = E_{1n}, D_{2n} = D_{1n}$$

**1.137.** Физической величиной, характеризующей степень поляризации диэлектрика, является ...

- 1) напряженность электрического поля
- 2) электрическое смещение
- 3) поляризованность
- 4) диэлектрическая проницаемость
- 5) температура

**1.138.** Поляризованностью диэлектрика называют ...

- 1) произведение заряда диполя на плечо диполя
- 2) электрический дипольный момент
- 3) дипольный момент единицы объема диэлектрика
- 4) отношение электрического смещения к диэлектрической проницаемости среды

**1.139.** Поляризованность  $\vec{P}$  диэлектрика определяется формулой ...

- |                            |                                |                      |  |  |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------|--|--|
| А. $\varepsilon_0 \vec{E}$ | Б. $\frac{\vec{E}_0}{\vec{E}}$ | В. $1 + \varepsilon$ | Г. $\varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$ | Д. $\frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_A}{\Delta V}$ |
| 1) А                       | 2) А, В                        | 3) Б, Г              | 4) Г, Д                                | 5) А, Д                                      |

**1.140** Диэлектрическая восприимчивость диэлектрика равна ...

- |                                  |  |                  |                      |                              |
|----------------------------------|--|------------------|----------------------|------------------------------|
| А. $\varepsilon_0 \varepsilon E$ | Б. $\frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon}$ | В. $\frac{P}{E}$ | Г. $\varepsilon - 1$ | Д. $\frac{E}{\varepsilon_0}$ |
| 1) А                             | 2) Б                                     | 3) В             | 4) Г                 | 5) Д                         |

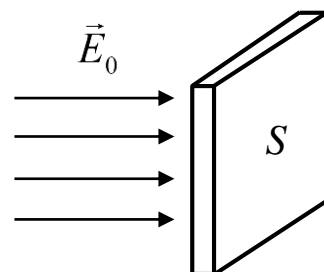
**1.141.** В некоторой точке изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  электрическое смещение имеет значение  $\vec{D}$ . Поляризованность  $\vec{P}$  в этой точке равна ...

- 1)  $\varepsilon_0 \varepsilon \vec{D}$       2)  $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \vec{D}$       3)  $\frac{\vec{D}}{\varepsilon_0 \varepsilon}$       4)  $\varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \vec{D}$       5)  $\frac{\vec{D}}{\varepsilon_0}$

**1.142.** В некоторой точке изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  поляризованность равна  $\vec{P}$ . Электрическое смещение  $\vec{D}$  в этой точке равно ...

- 1)  $\varepsilon_0 \varepsilon \vec{P}$       2)  $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \vec{P}$       3)  $\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \vec{P}$       4)  $\varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \vec{P}$       5)  $\frac{\vec{P}}{\varepsilon_0 \varepsilon}$

**1.143.** В однородное электростатическое поле напряженностью  $E_0 = 700$  В/м перпендикулярно полю помещают плоскопараллельную стеклянную пластину ( $\varepsilon = 7$ ). Поверхностная плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на поверхности  $S$  пластины равна ... нКл/м<sup>2</sup>.



- 1) 5,31      2) 6,2      3) 10,6      4) 100      5) 700

**1.144.** В однородное электростатическое поле перпендикулярно полю внесли три одинаковые плоскопараллельные пластинки из разных диэлектриков ( $\varepsilon_1 = 2$ ,  $\varepsilon_2 = 3$ ,  $\varepsilon_3 = 6$ ). Поверхностные плотности  $\sigma'_1$ ,  $\sigma'_2$ ,  $\sigma'_3$  связанных зарядов на поверхностях  $S$  пластин соотносятся как ...

- 1) 1:1:1      2) 2:3:6      3) 1:2:5      4) 3:4:5      5) 20:15:6

**1.145.** Для неполярного диэлектрика справедливы утверждения ...

А. Дипольные моменты молекул диэлектрика в отсутствие внешнего электрического поля равны нулю

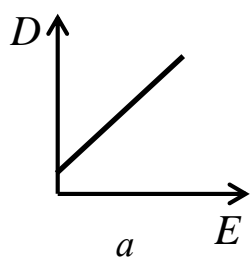
Б. Диэлектрическая восприимчивость обратно пропорциональна температуре

В. Поляризованность не зависит от температуры

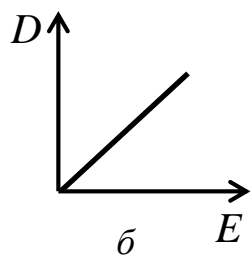
Г. Дипольные моменты молекул диэлектрика в отсутствие внешнего электрического поля отличны от нуля

- 1) А, Б      2) А, В      3) Б, Г      4) В, Г      5) А, Г

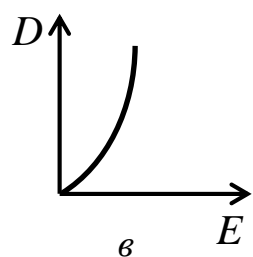
**1.146.** Связь между электрическим смещением  $D$  и напряженностью  $E$  электрического поля для неполярных диэлектриков верно изображена на графике ...



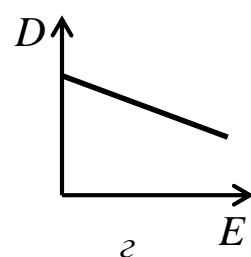
a



б



в



г

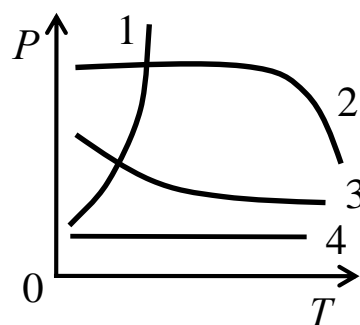
1) а

2) б

3) в

4) г

**1.147.** На рисунке представлены графики, отражающие характер температурной зависимости поляризованности  $P$  различных диэлектриков. Зависимость, соответствующая неполярным диэлектрикам, представлена на графике ...



1) 4

2) 3

3) 2

4) 1

**1.148.** Для полярного диэлектрика справедливы утверждения ...

А. Дипольные моменты молекул диэлектрика в отсутствие внешнего электрического поля равны нулю

Б. Диэлектрическая восприимчивость обратно пропорциональна температуре

В. Диэлектрическая проницаемость прямо пропорциональна температуре

Г. Дипольные моменты молекул полярного диэлектрика в отсутствие внешнего электрического поля отличны от нуля

1) А, Б

2) А, В

3) Б, Г

4) В, Г

**1.149.** Диэлектрическая восприимчивость полярного диэлектрика ...

1) зависит от напряженности электрического поля

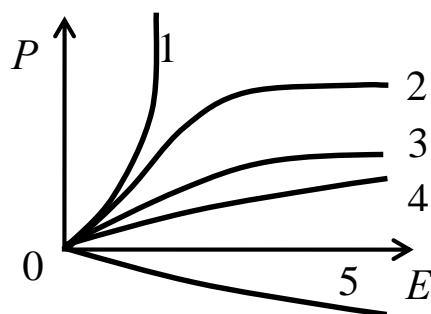
2) не зависит от температуры

3) прямо пропорциональна абсолютной температуре

4) обратно пропорциональна абсолютной температуре

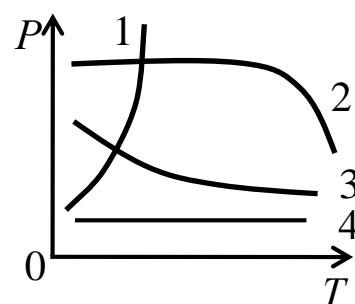


**1.150.** Зависимость поляризованности  $P$  полярного диэлектрика от напряженности  $E$  электростатического поля в не очень сильных электрических полях представлена на графике ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

**1.151.** На рисунке представлены графики зависимости поляризованности  $P$  от температуры для различных диэлектриков. Зависимость, соответствующая полярным диэлектрикам, показана на графике ...

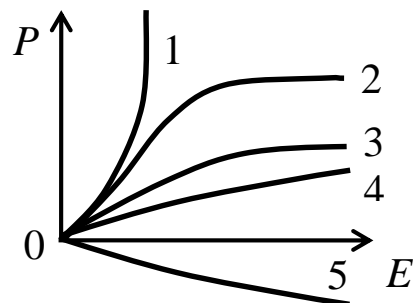


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**1.152.** Напряженность электростатического поля в вакууме  $E_0 = 5,4 \cdot 10^5$  В/м, а напряженность того же поля в титанате бария  $E = 4,5 \cdot 10^2$  В/м. Титанат бария является диэлектриком ...

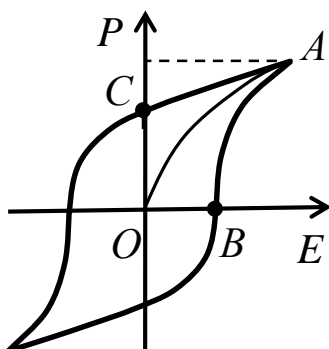
- 1) полярным
- 2) неполярным
- 3) кристаллическим
- 4) сегнетоэлектриком

**1.153.** Зависимость поляризованности  $P$  сегнетоэлектрика от напряженности электростатического поля представлена на графике ...



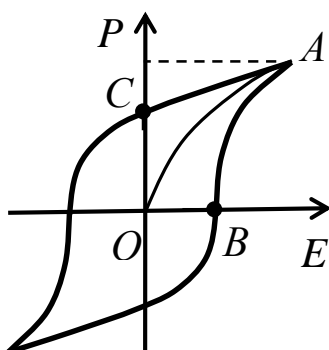
- 1) 5                      2) 4                      3) 3                      4) 2                      5) 1

**1.154.** На рисунке показана зависимость поляризованности  $P$  сегнетоэлектрика от напряженности  $E$  внешнего электрического поля. Участок  $OC$  соответствует ...



- 1) спонтанной поляризации
- 2) остаточной поляризации
- 3) поляризации насыщения
- 4) коэрцитивной силе

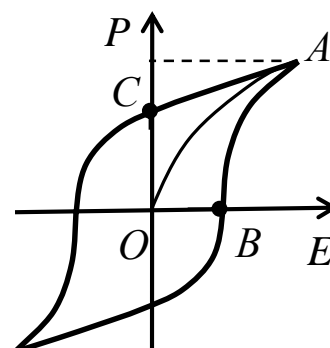
**1.155.** На рисунке показана зависимость поляризованности  $P$  сегнетоэлектрика от напряженности  $E$  внешнего электрического поля. Поляризованность в точке  $A$  определяет значение ...



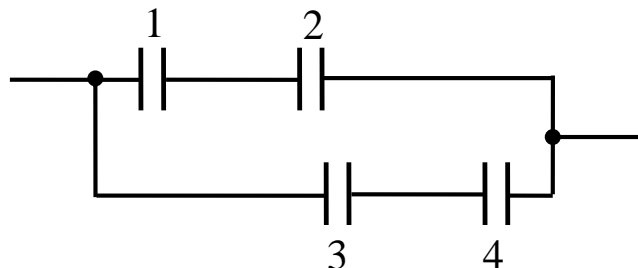
- 1) спонтанной поляризации
- 2) остаточной поляризации
- 3) поляризации насыщения
- 4) коэрцитивной силы

**1.156.** На рисунке показана зависимость поляризации  $P$  сегнетоэлектрика от напряженности  $E$  внешнего электрического поля. Участок  $OB$  соответствует ...

- 1) спонтанной поляризации
- 2) остаточной поляризации
- 3) поляризации насыщения
- 4) коэрцитивной силе

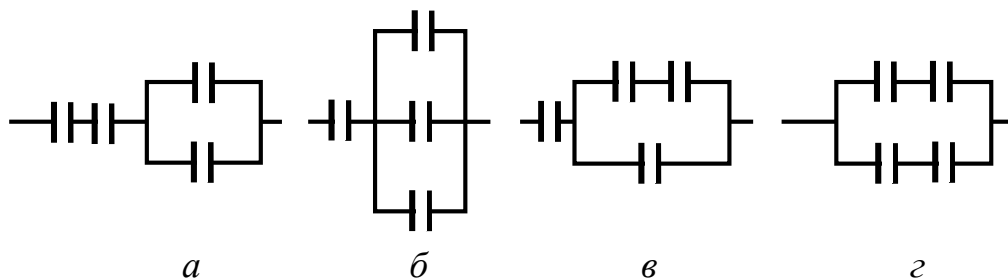


**1.157.** Электроемкость системы одинаковых конденсаторов, изображенной на рисунке, равна  $C$ . Электроемкость  $C_1$  каждого конденсатора равна ...



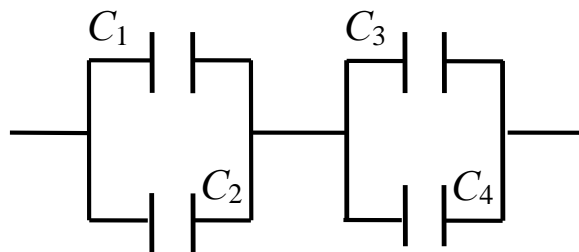
- 1)  $\frac{C}{3}$       2)  $\frac{2C}{3}$       3)  $C$       4)  $\frac{3C}{2}$       5)  $2C$

**1.158.** Имеется четыре одинаковых конденсатора емкостью  $C$  каждый. Чтобы общая емкость была равна  $\frac{3C}{4}$ , их нужно соединить по схеме ...



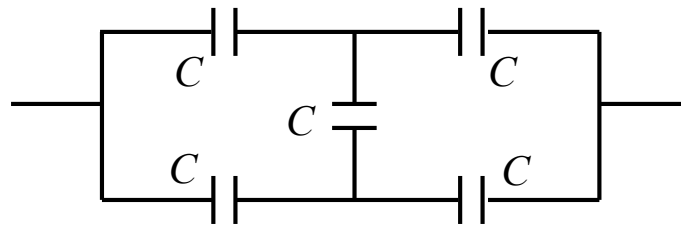
- 1) а      2) б      3) в      4) г

**1.159.** Конденсаторы соединены так, как показано на рисунке. Электроемкости конденсаторов  $C_1 = 0,2$  мкФ,  $C_2 = 0,1$  мкФ,  $C_3 = 0,3$  мкФ,  $C_4 = 0,4$  мкФ. Электроемкость  $C$  батареи ... мкФ.



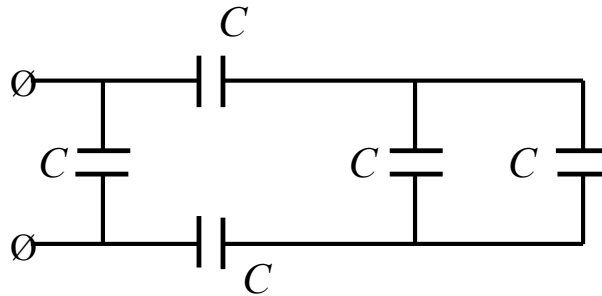
- 1) 0,19      2) 0,21      3) 0,3      4) 0,7      5) 1,0

**1.160.** Если емкость каждого конденсатора  $C = 1$  мкФ, то емкость  $C_6$  батареи конденсаторов равна ... мкФ.



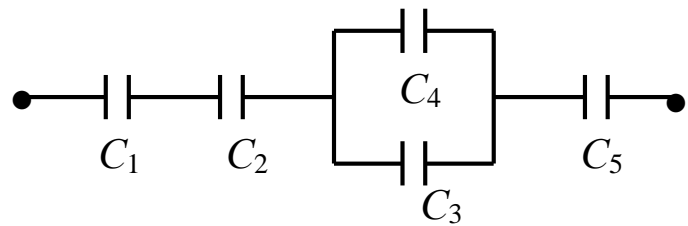
- 1) 0,3                      2) 1,0                      3) 1,5                      4) 2,0                      5) 2,3

**1.161.** Если емкость каждого конденсатора  $C = 2$  мкФ, то емкость  $C_6$  батареи конденсаторов равна ... мкФ.



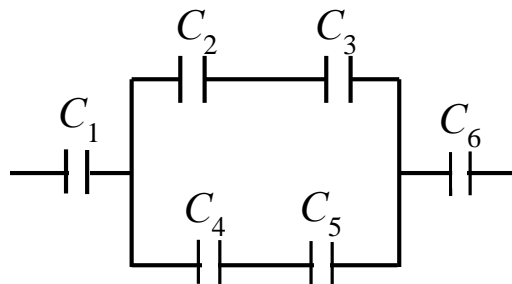
- 1) 0,7                      2) 1,4                      3) 2,8                      4) 7                      5) 10

**1.162.** Емкость каждого конденсатора равна  $C = 1$  мкФ. Емкость  $C_6$  батареи конденсаторов равна ... мкФ.



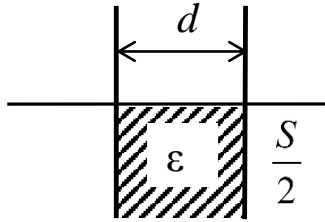
- 1) 0,286                      2) 0,562                      3) 2,5                      4) 3                      5) 6

**1.163.** Если емкость каждого конденсатора равна  $C = 1$  мкФ, то емкость  $C_6$  системы конденсаторов равна ... мкФ.



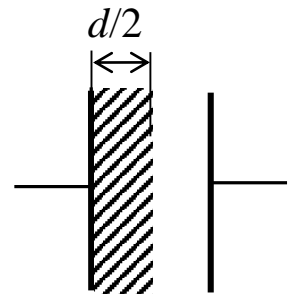
- 1) 0,33                      2) 2                      3) 2,33                      4) 2,5                      5) 3

**1.164.** Электроемкость  $C$  конденсатора, наполовину заполненного диэлектриком, определяется по формуле ...



- 1)  $\frac{\epsilon_0 S}{2d}(\epsilon+1)$     2)  $\frac{2\epsilon_0 \epsilon S}{d}$     3)  $\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$     4)  $\frac{2d}{\epsilon_0 \epsilon S}(\epsilon+1)$     5)  $\frac{\epsilon_0 S}{d}(\epsilon+1)$

**1.165.** Между обкладками плоского воздушного конденсатора емкости  $C$  с расстоянием между обкладками  $d$  поместили металлическую пластину толщиной  $l = 0,5d$  так, как показано на рисунке, и поместили в диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Емкость  $C'$  конденсатора станет равной ...



- 1)  $\frac{C}{2}$     2)  $2C$     3)  $2\epsilon C$     4)  $\frac{2C}{\epsilon}$     5)  $\frac{C}{2\epsilon}$

**1.166.** В середину плоского конденсатора параллельно его обкладкам поместили тонкую металлическую пластинку. Емкость  $C$  конденсатора при этом ...

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась
- 4) стала равной нулю
- 5) нельзя дать однозначного ответа

**1.167.** Воздушный конденсатор присоединен к источнику постоянного напряжения  $U_0 = 10$  В. Между пластинами конденсатора поместили парафиновую пластину ( $\epsilon = 2$ ). Напряжение  $U$  между пластинами конденсатора ...

- 1) увеличилось в 2 раза
- 2) уменьшилось в 2 раза
- 3) не изменилось
- 4) увеличилось в 4 раза
- 5) уменьшилось в 4 раза

**1.168.** Расстояние  $d$  между обкладками плоского конденсатора, присоединенного к источнику постоянной ЭДС, удвоили в 2 раза и

заменяли в нем эбонитовую пластину ( $\epsilon_1 = 2$ ) стеклянной ( $\epsilon_2 = 4$ ).  
Емкость  $C$  конденсатора ...

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

**1.169.** Если воздушный заряженный конденсатор отключить от источника и затем заполнить диэлектриком, то ...

- 1) емкость увеличится, напряжение не изменится
- 2) емкость уменьшится, заряд увеличится
- 3) заряд уменьшится, емкость увеличится
- 4) напряжение уменьшится, заряд не изменится
- 5) напряжение не изменится, заряд увеличится

**1.170.** Заряженный до разности потенциалов  $U$  плоский воздушный конденсатор отсоединили от источника тока. Если такой конденсатор заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , то разность потенциалов  $U'$  между обкладками конденсатора станет равной ...

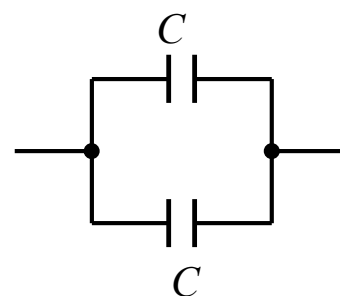
- 1)  $\epsilon U$                       2)  $(\epsilon - 1)U$                       3)  $\frac{U}{\epsilon - 1}$                       4)  $\frac{U}{\epsilon}$                       5)  $U$

**1.171.** Конденсатор, заряженный до напряжения  $U_0 = 10$  В, отключили от источника тока и увеличили расстояние  $d$  между пластинами в 2 раза. Напряжение  $U$  между пластинами конденсатора стало равным ... В.

- 1) 5                      2) 10                      3) 20                      4) 30                      5) 40

**1.172.** Два одинаковых плоских конденсатора соединены параллельно и заряжены до напряжения  $U_0$ . После отключения конденсатора от источника тока расстояние  $d$  между пластинами одного из конденсаторов уменьшили в 3 раза. При этом напряжение  $U$  ...

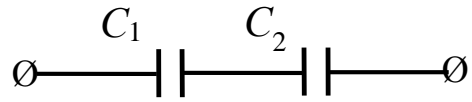
- 1) увеличилось в 2 раза
- 2) увеличилось в 3 раза



- 3) не изменилось
- 4) уменьшилось в 2 раза
- 5) уменьшилось в 4 раза

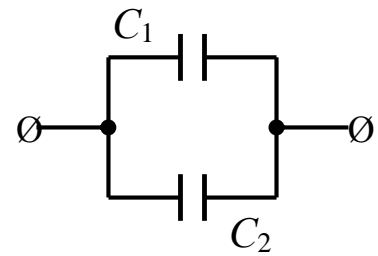
**1.173.** На систему конденсаторов  $C_1 = 1$  мкФ и  $C_2 = 3$  мкФ подано напряжение  $U = 100$  В. Напряжение  $U_1$  на первом конденсаторе равно ... В.

- 1) 100
- 2) 75
- 3) 50
- 4) 25
- 5) 20



**1.174.** На систему конденсаторов  $C_1 = 1$  мкФ и  $C_2 = 3$  мкФ подано напряжение  $U = 100$  В. На пластинах второго конденсатора находится заряд  $q$ , равный ... мкКл.

- 1) 400
- 2) 300
- 3) 100
- 4) 50
- 5) 25



**1.175.** Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $U = 1$  кВ, заряд каждой пластины  $q = 4 \cdot 10^{-3}$  Кл. Емкость  $C$  конденсатора равна ... мкФ.

- 1) 0,25
- 2) 4
- 3) 40
- 4)  $4 \cdot 10^3$
- 5)  $0,25 \cdot 10^6$

**1.176.** Пластины плоского слюдяного ( $\epsilon = 6$ ) конденсатора площадью  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> притягиваются с силой  $F = 30$  мН. Заряд  $q$  пластин конденсатора равен ... нКл.

- 1) 518
- 2) 425
- 3) 218
- 4) 178
- 5) 95

**1.177.** Плоский воздушный конденсатор, площадь пластин которого равна  $S$ , заряжен до разности потенциалов  $U$ . При напряженности поля в конденсаторе  $E$ , поверхностная плотность  $\sigma$  заряда на пластинах определяется выражением ...

- 1)  $\frac{\epsilon_0 E^2 S}{2}$
- 2)  $\frac{\epsilon_0 E^2 S U}{2}$
- 3)  $\frac{\epsilon_0 E S}{2}$
- 4)  $\frac{\epsilon_0 E S}{2U}$
- 5)  $\epsilon_0 E$

**1.178.** Заряд плоского воздушного конденсатора, подсоединенного к источнику напряжения, равен  $q = 10^{-6}$  Кл. Не отключая конденсатор от источника, между его обкладками вдвигается диэлектрическая пластина, полностью заполняющая пространство между обкладками.

В результате заряд конденсатора возрастает в два раза. Диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  материала пластины равна ...

- 1) 4                      2) 2                      3) 3                      4) 1,5                      5) 6

**1.179.** Если плоский воздушный конденсатор отключить от источника тока и затем заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 5$ , то емкость  $C$  конденсатора и напряжение  $U$  между обкладками ... соответственно.

- 1) увеличится в 5 раз, уменьшится в 5 раз  
2) увеличится в 5 раз, увеличится в 5 раз  
3) не изменится, увеличится в 5 раз  
4) не изменится, уменьшится в 5 раз  
5) увеличится в 5 раз, не изменится

**1.180.** Батарея последовательно соединенных конденсаторов заряжена и отключена от источника постоянной ЭДС. Один из конденсаторов в результате утечки разрядился. Емкость батареи  $C'$  и напряжение  $U'$  на ней стали ... ( $C$  и  $U$  – емкость и напряжение батареи до отключения)

- 1)  $C' > C, U' > U$                       2)  $C' > C, U' < U$                       3)  $C' > C, U' = U$   
4)  $C' < C, U' < U$                       5)  $C' < C, U' > U$

**1.181.** Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C$  подсоединен к источнику тока, который поддерживает разность потенциалов между обкладками, равную  $U$ . При заполнении такого конденсатора диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  через источник пройдет заряд  $q$ , равный по величине ...

- 1)  $\epsilon CU$                       2)  $(\epsilon - 1)CU$                       3)  $CU$                       4)  $\frac{CU}{\epsilon}$                       5) 0

**1.182.** Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C$ , подключенный к аккумулятору, заряжен до разности потенциалов  $U$ . Если расстояние между пластинами конденсатора увеличить в  $k$  раз, то через аккумулятор потечет заряд  $q$ , равный по величине ...

- 1)  $kCU$                       2)  $(k - 1)CU$                       3)  $\frac{k - 1}{k}CU$                       4)  $CU$                       5) 0



**1.183.** Энергия плоского воздушного конденсатора  $W = 0,4$  нДж, разность потенциалов на обкладках  $U = 60$  В, площадь пластин  $S = 1$  см<sup>2</sup>. Расстояние  $d$  между обкладками равно ... мм.

- 1) 0,75                      2) 2,4                      3) 4,0                      4) 5,1                      5) 6,3

**1.184.** Плоский заряженный воздушный конденсатор обладает энергией  $W$ . Если при этом же заряде  $q$  конденсатора все его геометрические размеры увеличить в  $k$  раз, то энергия конденсатора станет равной ...

- 1)  $\frac{W}{k^2}$                       2)  $k^2W$                       3)  $kW$                       4)  $\frac{W}{k}$                       5)  $W$

**1.185.** Первый конденсатор емкостью  $3C$  подключен к источнику тока с ЭДС, равной  $\varepsilon$ , второй конденсатор емкостью  $C$  подключен к источнику тока с ЭДС, равной  $3\varepsilon$ . Отношение энергии  $W_1$  электростатического поля первого конденсатора к энергии  $W_2$  второго равно ...

- 1)  $\frac{1}{3}$                       2)  $\frac{2}{3}$                       3) 3                      4) 6                      5) 9

**1.186.** Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $S = 1$  см<sup>2</sup>, расстояние между обкладками  $d = 4$  мм. Если разность потенциалов на обкладках  $U = 60$  В, то объемная плотность  $\omega$  энергии поля конденсатора равна ... мДж/м<sup>3</sup>.

- 1) 0,5                      2) 0,7                      3) 1,0                      4) 1,5                      5) 2,1

**1.187.** Два конденсатора емкостями  $C$  и  $4C$  последовательно подключили к источнику тока. Если заряд на обкладках первого конденсатора  $q$ , то энергия  $W$  электростатического поля батареи равна ...

- 1)  $\frac{q^2}{10C}$                       2)  $\frac{q^2}{5C}$                       3)  $\frac{q^2}{2C}$                       4)  $\frac{q^2}{C}$                       5)  $\frac{5q^2}{8C}$

**1.188.** К источнику тока подключены два конденсатора емкостями  $C$  и  $4C$ . Если конденсаторы соединены параллельно и заряд на обкладке первого конденсатора равен  $q$ , то энергия  $W$  электростатического поля батареи равна ...

- 1)  $\frac{q^2}{10C}$       2)  $\frac{q^2}{5C}$       3)  $\frac{q^2}{2C}$       4)  $\frac{5q^2}{2C}$       5)  $\frac{25q^2}{8C}$

**1.189.** Конденсатор присоединен к источнику тока. Энергия электростатического поля этого конденсатора равна  $W$ . Если между обкладками конденсатора поместить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 4$ , энергия  $W'$  электростатического поля конденсатора будет равна ...

- 1)  $\frac{W}{4}$       2)  $W$       3)  $4W$       4)  $\frac{W}{2}$       5)  $2W$

**1.190.** Площадь пластин плоского слюдяного ( $\varepsilon = 6$ ) конденсатора равна  $S = 1,1 \text{ см}^2$ , зазор между ними  $d = 3 \text{ мм}$ , разность потенциалов между обкладками  $U = 1014 \text{ В}$ . При разряде конденсатора выделится энергия  $W$ , равная ... мкДж.

- 1) 0,5      2) 0,75      3) 1,0      4) 1,2      5) 15

**1.191.** Расстояние  $d$  между обкладками плоского конденсатора, присоединенного к источнику постоянной ЭДС, увеличили в 2 раза и заменили в нем эбонитовую пластину ( $\varepsilon = 2$ ) стеклянной ( $\varepsilon = 4$ ). Энергия  $W$  конденсатора ...

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

**1.192.** Чтобы удалить пластину диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  из заряженного отключенного от источника напряжения плоского конденсатора, обладающего энергией  $W$ , нужно совершить работу  $A$ , равную ...

- 1)  $\varepsilon W$       2)  $\frac{W}{\varepsilon}$       3)  $(\varepsilon - 1)W$       4)  $(\varepsilon + 1)W$       5)  $\frac{(\varepsilon - 1)}{\varepsilon} W$

**1.193.** Энергия плоского воздушного конденсатора, отключенного от источника тока, равна  $W$ . Чтобы увеличить расстояние между пластинами такого конденсатора в  $k$  раз, необходимо совершить работу  $A$ , равную ...

- 1)  $\frac{W}{k}$       2)  $(k-1)W$       3)  $kW$       4)  $\frac{(k-1)}{k}W$       5)  $\frac{W}{k-1}$

**1.194.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ( $\epsilon = 6$ ). На пластины конденсатора, расстояние между которыми  $d = 4$  мм, подана разность потенциалов  $U = 1,2$  кВ. Поверхностная плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на поверхности стекла равна ... мкКл/м<sup>2</sup>.

- 1) 13,3      2) 15,9      3) 1,59      4) 1,33      5) 0,053

**1.195.** Расстояние между пластинами плоского конденсатора составляет  $d = 5$  мм. После зарядки конденсатора до разности потенциалов  $U = 500$  В между пластинами конденсатора вдвинули стеклянную пластинку ( $\epsilon = 7$ ). Поверхностная плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на стеклянной пластинке равна ... мкКл/м<sup>2</sup>.

- 1) 106,2      2) 53,1      3) 10,6      4) 6,2      5) 5,3

**1.196.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого  $\epsilon$ . Поверхностная плотность связанных зарядов на диэлектрике равна  $\sigma'$ , расстояние между пластинами составляет  $d$ . Напряжение  $U$  между обкладками конденсатора равно ...

- 1)  $\frac{\sigma'}{(\epsilon-1)\epsilon_0 d}$       2)  $\frac{\sigma' \cdot d}{(\epsilon-1)\epsilon_0}$       3)  $\frac{\sigma' \cdot d}{\epsilon_0 \epsilon}$       4)  $\frac{\sigma'}{\epsilon_0 \epsilon d}$       5)  $\frac{\sigma' \cdot d}{\epsilon-1}$

**1.197.** Пространство между пластинами плоского конденсатора, расстояние между которыми  $d$ , заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Емкость конденсатора равна  $C$ . Поверхностная плотность связанных зарядов на поверхности диэлектрика равна  $\sigma'$ . Поляризованность  $P$  диэлектрика равна ...

- 1)  $\frac{\epsilon C}{\sigma'}$       2)  $\frac{\sigma'}{\epsilon d}$       3)  $\frac{\sigma'}{\epsilon C}$       4)  $\epsilon \sigma'$       5)  $\sigma'$

**1.198.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено фарфором ( $\epsilon = 5$ ), расстояние между пластинами  $d = 5$  мм. Поверхностная плотность связанных зарядов на поверхности

фарфора  $\sigma' = 7,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Разность потенциалов  $U$  между пластинами конденсатора равна ... В.

- 1) 802                    2) 997                    3) 1003                    4) 1246                    5) 1590

**1.199.** Поверхностная плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на слюдяной пластинке ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $d = 1$  мм, служащей изолятором плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами конденсатора  $U = 300$  В, равна ... мкКл/м<sup>2</sup>.

- 1) 0,7                    2) 1,4                    3) 2,6                    4) 15,9                    5) 18,6

**1.200.** Напряженность электростатического поля между обкладками подключенного к источнику тока плоского воздушного конденсатора равна  $E = 300$  В/м. Если, не отключая конденсатор от источника тока, между его обкладками поместить пластину из диэлектрика ( $\epsilon = 5$ ), то поверхностная плотность  $\sigma'$  заряда на пластине будет равна ... нКл/м<sup>2</sup>. Толщина пластины равна расстоянию между обкладками конденсатора.

- 1) 2,1                    2) 10,6                    3) 13,3                    4) 15,9                    5) 53,1

### Задачи

**1.201.** Два точечных положительных заряда находятся в керосине ( $\epsilon = 2$ ) на расстоянии  $l = 1$  см друг от друга и взаимодействуют с силой  $F = 2,7$  Н. Величина одного заряда в 3 раза больше другого. Определите величину каждого заряда. [ $q_1 = 0,141$  мкКл;  $q_2 = 0,424$  мкКл]

**1.202.** Два заряда  $9Q$  и  $Q$  закреплены на расстоянии  $2l$  друг от друга. Третий заряд  $q$  может перемещаться вдоль прямой, проходящей через заряды. Определите положение заряда  $q$ , при котором он будет находиться в равновесии. [ $x_1 = \frac{3}{2}l$  от заряда  $9Q$  и  $x_2 = \frac{1}{2}l$  от заряда  $Q$ ]

**1.203.** Три одинаковых точечных заряда  $q_1 = q_2 = q_3 = 9$  нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой точечный заряд  $q_0$  нужно поместить в центре треугольника, чтобы система находилась в равновесии? [ $q_0 = -5,2$  нКл]

**1.204.** В центре квадрата расположен положительный заряд  $q_0 = 0,25$  мкКл. Какой заряд  $q$  надо поместить в каждой вершине квадрата, чтобы система зарядов находилась в равновесии? [ $q = -0,261$  мкКл]

**1.205.** Два маленьких шарика одинакового объема массой  $m = 0,6$  мг каждый подвешены на шелковых нитях длиной  $l = 0,4$  м так, что их поверхности соприкасаются. Угол, на который разошлись нити при сообщении шарикам одинаковых зарядов, равен  $\varphi = 60^\circ$ . Найдите величину зарядов  $q_1$  и  $q_2$ , а также силу  $F$  электрического отталкивания. [ $q_1 = q_2 = 7,8$  нКл;  $F = 3,4$  мкН]

**1.206.** Свинцовый шарик ( $\rho = 11,3$  г/см<sup>3</sup>) радиуса  $R = 0,5$  см помещен в глицерин ( $\rho = 1,26$  г/см<sup>3</sup>). Определите заряд  $q$  шарика, если в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в глицерине. Электростатическое поле направлено вертикально вверх и его напряженность  $E = 4$  кВ/см. [ $q = 129$  нКл]

**1.207.** Между плоскими горизонтальными пластинами конденсатора, заряженными равномерно, помещена пылинка массой  $m = 10^{-15}$  кг с зарядом  $q = 4,8 \cdot 10^{-19}$  Кл. Какова поверхностная плотность зарядов  $\sigma$  пластин, если пылинка находится в равновесии? [ $\sigma = 1,8 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup>]

**1.208.** Электрон движется по направлению силовых линий однородного электростатического поля напряженностью  $E = 2,4$  В/м. Какое расстояние  $S$  он пролетит в вакууме до полной остановки, если его начальная скорость  $v = 2 \cdot 10^6$  м/с? Сколько времени  $t$  будет длиться полет? [ $S = 4,7$  м;  $t = 4,7 \cdot 10^{-6}$  с]

**1.209.** Тонкий стержень длиной  $l = 10$  см заряжен равномерно. Линейная плотность заряда равна  $\tau = 1$  мкКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии  $a = 20$  см от ближайшего его конца находится точечный заряд  $q = 100$  нКл. Определите силу  $F$  взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда. [ $F = 1,5$  мН]

**1.210.** По тонкому кольцу радиуса  $R = 10$  см равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 1$  нКл/м. Определите напряженность  $E$  электростатического поля в точке, равноудаленной

от всех точек кольца, на расстоянии  $a = 10$  см от его центра.  
[ $E = 200$  В/м]

**1.211.** Два равных заряда по  $q = -9$  нКл находятся в воде на расстоянии  $r = 8$  см друг от друга. Определите напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  поля в точке, расположенной на расстоянии  $l = 5$  см от каждого из зарядов. [ $E = 480$  В/м;  $\varphi = -40$  В]

**1.212.** Точечные заряды по  $q = 1$  нКл помещены в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 0,2$  м. Равнодействующая сил, действующих на четвертый одноименный заряд, помещенный на середине одной из сторон треугольника, равна  $F = 0,6$  мкН. Определите этот заряд  $q_0$ , напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  поля в точке его расположения. [ $q_0 = 2$  нКл;  $E = 300$  В/м;  $\varphi = 232$  В]

**1.213.** Две длинные одноименно заряженные нити расположены параллельно на расстоянии  $r = 10$  см друг от друга, линейная плотность зарядов на нитях  $\tau_1 = \tau_2 = 10$  мкКл/м. Найдите модуль напряженности  $\vec{E}$  результирующего электростатического поля в точке, находящейся на расстоянии  $a = 10$  см от каждой нити.  
[ $E = 3,12$  МВ/м]

**1.214.** Тонкое кольцо радиуса  $R = 8$  см несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Определите напряженность  $E$  электростатического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние  $r = 10$  см. [ $E = 2,71$  кВ/м]

**1.215.** Кольцо радиуса  $r = 10$  см из тонкой проволоки несет равномерно распределенный заряд  $Q = 5$  нКл. Определите потенциал  $\varphi$  электростатического поля: 1) в центре кольца, 2) на оси, проходящей через центр кольца, в точке, удаленной на расстояние  $a = 10$  см от центра кольца. [ $\varphi_0 = 450$  В,  $\varphi = 318$  В]

**1.216.** На отрезке тонкого прямого проводника равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Вычислите потенциал  $\varphi$ , создаваемый этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца отрезка на расстояние, равное длине этого отрезка. [ $\varphi = 62,4$  В]

**1.217.** Электростатическое поле создано длинным цилиндром радиусом  $R = 1$  см, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau = 20$  нКл/м. Определите разность потенциалов  $U$  между двумя точками этого поля, находящимися на расстояниях  $a_1 = 0,5$  см и  $a_2 = 2$  см от поверхности цилиндра, в средней его части. [ $U = 250$  В]

**1.218.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 1$  см друг от друга. Плоскости несут равномерно распределенные по поверхности заряды с плотностями  $\sigma_1 = 0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 0,5$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определите разность потенциалов  $U$  между пластинами. [ $U = 169$  В]

**1.219.** Электростатическое поле создано положительным точечным зарядом. Потенциал поля в точке, удаленной от заряда на расстояние  $r = 12$  см, равен  $\varphi = 24$  В. Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке. [ $|\text{grad}\varphi| = 200$  В/м; градиент потенциала направлен к заряду]

**1.220.** Бесконечная плоскость несет заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  мкКл/м<sup>2</sup>. На некотором расстоянии от плоскости параллельно ей расположен круг радиуса  $r = 10$  см. Определите поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электрического поля через этот круг. [ $\Phi_E = 1,77$  кВ·м]

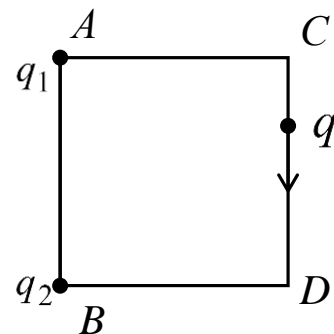
**1.221.** В центре сферы радиуса  $R = 20$  см находится точечный заряд  $q = 10$  нКл. Определите поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электрического поля через часть сферической поверхности площадью  $S = 20$  см<sup>2</sup>. [ $\Phi_E = 4,5$  В·м]

**1.222.** Определите поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электрического поля сквозь замкнутую поверхность, внутри которой находятся три точечных заряда  $q_1 = +2$  нКл,  $q_2 = -3$  нКл и  $q_3 = +5$  нКл. Рассмотреть случаи, когда система зарядов находится в вакууме и в воде. [ $\Phi_1 = 452$  В·м;  $\Phi_2 = 5,6$  В·м]

**1.223.** Плоская квадратная пластина со стороной  $a = 10$  см находится на некотором расстоянии от бесконечной равномерно заряженной пластины. Поверхностная плотность заряда пластины  $\sigma = 1$  мкКл/м<sup>2</sup>.

Плоскость пластины составляет угол  $\beta = 30^\circ$  с линиями поля. Определите поток  $\Phi_D$  вектора электрического смещения через пластину. [ $\Phi_D = 2,5$  нКл]

**1.224.** Заряды  $q_1 = 2$  мкКл и  $q_2 = 5$  мкКл расположены на расстоянии  $AB = 40$  см друг от друга. Определите абсолютную величину работы  $A$  электрических сил при перемещении заряда  $q = 10$  нКл из точки  $C$  в точку  $D$ , если  $AC = 30$  см. [ $A = 360$  мкДж]



**1.225.** Заряд  $q_1 = -1$  нКл переместился в поле заряда  $q_2 = +1,5$  нКл вдоль силовой линии из точки с потенциалом  $\varphi_1 = 100$  В в точку с потенциалом  $\varphi_2 = 600$  В. Определите работу  $A$  сил поля и расстояние  $l$  между точками. [ $A = 0,5$  мкДж;  $l = 11,25$  см]

**1.226.** Заряд  $q_1 = 1$  нКл переносится из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии  $r = 1$  см от поверхности заряженного шара радиуса  $R = 9$  см. Поверхностная плотность заряда шара  $\sigma = 1$  мКл/м<sup>2</sup>. Определите совершаемую при этом работу  $A_1$ . Какая работа  $A_2$  совершается на последних  $S = 10$  см пути, если заряд перемещается вдоль силовой линии электростатического поля? [ $A_1 = 0,92$  мДж;  $A_2 = 0,46$  мДж]

**1.227.** В поле бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 10$  мкКл/м<sup>2</sup> перемещается заряд из точки, находящейся на расстоянии  $r_1 = 10$  см от плоскости, в точку на расстоянии  $r_2 = 50$  см от нее. Определите заряд  $q$ , если при этом совершается работа  $A = 1$  мДж. [ $q = 4,4 \cdot 10^{-9}$  Кл]

**1.228.** Электростатическое поле образовано положительно заряженной бесконечной длинной нитью. Двигаясь под действием этого поля от точки, находящейся на расстоянии  $r_1 = 1$  см от нити, до точки на расстоянии  $r_2 = 4$  см от нити,  $\alpha$ -частица изменила свою скорость от  $v_1 = 2 \cdot 10^5$  м/с до  $v_2 = 3 \cdot 10^6$  м/с. Найдите линейную плотность заряда  $\tau$  на нити. [ $\tau = 3,7$  мкКл/м]



**1.229.** Два электрона движутся под действием сил электростатического отталкивания. Какую скорость  $v$  будут иметь электроны, когда расстояние между ними станет бесконечно большим? В начальный момент времени электроны находились на расстоянии  $a = 1$  см друг от друга и находились в покое. [ $v = 159$  м/с]

**1.230.** Три точечных заряда расположены вдоль прямой на расстоянии  $a = 0,2$  м друг от друга. Какую работу  $A$  необходимо совершить, чтобы поместить заряды в вершины равностороннего треугольника? Величина каждого заряда  $q = 1$  нКл, сторона треугольника  $a = 0,2$  м. [ $A = 22,5$  нДж]

**1.231.** Электрон влетел в плоский конденсатор, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины и имея скорость  $v = 10$  Мм/с, направленную параллельно пластинам. Расстояние между пластинами равно  $d = 2$  см, длина каждой пластины  $l = 10$  см. Какую наименьшую разность потенциалов  $U$  нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел из конденсатора? [ $U = 22,75$  В]

**1.232.** Электрон влетел в плоский конденсатор, имея скорость  $v = 10^7$  м/с, направленную параллельно пластинам. В момент вылета из конденсатора направление скорости электрона составляло угол  $\alpha = 35^\circ$  с первоначальным направлением. Определите разность потенциалов  $U$  между пластинами, если длина пластин  $l = 10$  см, а расстояние между ними  $d = 2$  см. [ $U = 79,6$  В]

**1.233.** Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины к другой, приобретает скорость  $v = 10^6$  м/с. Расстояние между пластинами  $d = 5,3$  мм. Найдите разность потенциалов  $U$  между пластинами, напряженность  $E$  электрического поля внутри конденсатора и поверхностную плотность заряда  $\sigma$  на пластинах. [ $U = 2,8$  В;  $E = 537$  В/м;  $\sigma = 4,7$  нКл/м<sup>2</sup>]

**1.234.** Со скоростью  $v = 2 \cdot 10^7$  м/с протон влетает в пространство между обкладками плоского конденсатора в середине зазора в направлении, параллельном обкладкам. Длина конденсатора  $l = 10$  см, а расстояние между его обкладками  $d = 1$  см. При какой

минимальной разности потенциалов  $U$  на обкладках электрон не вылетит из конденсатора? [ $U = 42$  кВ]

**1.235.** Диполь с электрическим моментом  $p_e = 2$  нКл·м находится в однородном электростатическом поле с напряженностью  $E = 30$  кВ/м. Вектор  $\vec{p}_e$  электрического момента составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением силовых линий поля. Определите произведенную внешними силами работу  $A$  поворота диполя на угол  $\beta = 30^\circ$ . [ $A_1 = 30$  мкДж;  $A_2 = -21,9$  мкДж]

**1.236.** Диполь с электрическим моментом  $p_e = 10^{-10}$  Кл·м свободно устанавливается в однородном электростатическом поле напряженностью  $E = 150$  кВ/м. Вычислите работу  $A$ , необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол  $\alpha = 180^\circ$ . [ $A = 30 \cdot 10^{-6}$  Дж]

**1.237.** В однородное электростатическое поле напряженностью  $E_0 = 700$  В/м перпендикулярно полю поместили стеклянную пластину ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $d = 1,5$  мм и площадью  $S = 200$  см<sup>2</sup>. Определите: 1) поверхностную плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на стекле; 2) энергию  $W$  электростатического поля, сосредоточенную в пластине. [ $\sigma' = 5,31$  нКл/м<sup>2</sup>;  $W = 9,3$  пДж]

**1.238.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено парафином ( $\epsilon = 2$ ). Расстояние между пластинами  $d = 8,85$  мм. Какую разность потенциалов  $U$  необходимо подать на пластины, чтобы поверхностная плотность связанных зарядов на парафине составила  $\sigma' = 0,1$  нКл/см<sup>2</sup>? [ $U = 1000$  В]

**1.239.** Между пластинами плоского конденсатора помещено два слоя диэлектрика – слюдяная пластинка ( $\epsilon_1 = 7$ ) толщиной  $d_1 = 1$  мм и парафин ( $\epsilon_2 = 2$ ) толщиной  $d_2 = 0,5$  мм. Определите: 1) напряженность электрических полей  $E_1$  и  $E_2$  в слоях диэлектрика; 2) электрическое смещение  $D$ , если разность потенциалов между пластинами конденсатора  $U = 500$  В. [ $E_1 = 182$  кВ/м;  $E_2 = 636$  кВ/м;  $D = 11,3$  мкКл/м<sup>2</sup>]

**1.240.** Металлический шар радиуса  $R = 5$  см равномерно окружен слоем фарфора ( $\epsilon = 5$ ) толщиной  $d = 2$  см. Определите поверхностные плотности  $\sigma_1'$  и  $\sigma_2'$  связанных зарядов соответственно на внутренней

и внешней поверхностях диэлектрика. Заряд шара равен  $q = 10$  нКл.  
[ $\sigma_1' = -0,255$  мкКл/м<sup>2</sup>;  $\sigma_2' = 0,130$  мкКл/м<sup>2</sup>]

**1.241.** Конденсатор с парафиновым диэлектриком ( $\epsilon = 2$ ) заряжен до разности потенциалов  $U = 150$  В. Напряженность поля в нем  $E = 6 \cdot 10^6$  В/м. Площадь пластин  $S = 6$  см<sup>2</sup>. Определите емкость  $C$  конденсатора и поверхностную плотность  $\sigma$  заряда на обкладках.  
[ $C = 425$  пФ;  $\sigma = 106$  мкКл/м<sup>2</sup>]

**1.242.** Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость такой батареи конденсаторов  $C = 89$  пФ. Площадь пластин  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Между обкладками конденсаторов расположены стеклянные пластины ( $\epsilon = 6$ ). Какова толщина  $d$  каждой стеклянной пластины? [ $d = 2$  мм]

**1.243.** Площадь каждой обкладки плоского воздушного конденсатора  $S = 150$  см<sup>2</sup>, расстояние между обкладками  $d = 6$  мм. Конденсатор зарядили до напряжения  $U = 400$  В и отключили от батареи. Как изменятся емкость  $C$  и энергия  $W$  конденсатора, если к одной из обкладок прижать плоскопараллельную металлическую пластину толщиной  $d_1 = 1$  мм и площадью  $S = 150$  см<sup>2</sup>? [ $\Delta C = 4,43 \cdot 10^{-12}$  Ф;  $\Delta W = -2,95 \cdot 10^{-7}$  Дж]

**1.244.** Заряд на каждом из двух последовательно соединенных заряженных конденсаторов емкостями  $C_1 = 18$  пФ и  $C_2 = 10$  пФ равен  $q = 0,09$  нКл. Определите напряжение  $U$  на батарее конденсаторов и на каждом конденсаторе. [ $U = 14$  В;  $U_1 = 5$  В;  $U_2 = 9$  В]

**1.245.** Два конденсатора емкостями  $C_1 = 3$  мкФ и  $C_2 = 6$  мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС  $\epsilon = 120$  В. Определите заряды  $q_1$  и  $q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно. [1)  $q_1 = 360$  мкКл,  $q_2 = 720$  мкКл,  $U_1 = U_2 = 120$  В; 2)  $q_1 = q_2 = 240$  мкКл,  $U_1 = 80$  В,  $U_2 = 40$  В]

**1.246.** Конденсатор емкостью  $C_1 = 0,2$  мкФ был заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 320$  В. После того как его соединили параллельно одноименно заряженным обкладкам со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов  $U_2 = 450$  В,

напряжение на нем изменилось до  $U = 400$  В. Определите емкость  $C_2$  второго конденсатора. [ $C_2 = 0,32$  мкФ]

**1.247.** Два конденсатора емкостью по  $C = 3$  мкФ заряжены один до напряжения  $U_1 = 100$  В, а другой до  $U_2 = 200$  В. Чему будет равно напряжение  $U$  между обкладками конденсаторов, если их соединить параллельно разноименно заряженными обкладками. [ $U = 50$  В]

**1.248.** Заряд конденсатора  $q = 1$  мкКл, площадь пластин  $S = 0,1$  м<sup>2</sup>, зазор между пластинами заполнен слюдой ( $\epsilon = 6$ ). Определите объемную плотность энергии  $\omega$  электрического поля конденсатора. [ $\omega = 0,94$  Дж/м<sup>3</sup>]

**1.249.** Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d_1 = 2$  см, разность потенциалов на обкладках  $U = 3$  кВ. Пластины раздвигают до расстояния  $d_2 = 5$  см, не отключая от источника напряжения. Найдите энергию  $W_1$  конденсатора до и  $W_2$  после раздвижения пластин. [ $W_1 = 20$  мкДж;  $W_2 = 8$  мкДж]

**1.250.** Обкладки плоского конденсатора помещены в керосин ( $\epsilon = 2$ ). Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы раздвинуть обкладки конденсатора на расстояние от  $d_1 = 2$  см до  $d_2 = 11$  см, если они заряжены до напряжения  $U = 600$  В и отключены от источника? Площадь каждой обкладки  $S = 628$  см<sup>2</sup>. [ $A = 45$  мкДж].

## 2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

### Основные формулы:

Сила тока

$$I = \frac{dq}{dt},$$

где  $dq$  – заряд, переносимый за время  $dt$  через поперечное сечение проводника.

Плотность тока

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}},$$

где  $dS_{\perp}$  – площадь поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.

Если  $I = \text{const}$ , то

$$I = \frac{q}{t},$$

$$j = \frac{I}{S},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника.

Если каждый носитель тока имеет элементарный заряд  $e$ , то

$$\vec{j} = en \langle \vec{v} \rangle,$$

$$j = en \langle v \rangle,$$

$$I = en \langle v \rangle S,$$

где  $n$  – концентрация носителей тока (зарядов),  $\langle \vec{v} \rangle$  – вектор средней скорости направленного движения зарядов.

Сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление материала проводника,  $l$  – длина проводника.

Зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где  $\rho$  и  $\rho_0$  – удельные электрические сопротивления соответственно при  $t$  и  $0$  °С,  $t$  – температура по шкале Цельсия,  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

Сопротивление соединения проводников:

последовательного 
$$R = \sum_{i=1}^n R_i,$$

параллельного 
$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i},$$

где  $R_i$  – сопротивление  $i$ -го проводника,  $n$  – число проводников.

Закон Ома для неоднородного участка цепи

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon_{12}}{R} = \frac{U}{R},$$

где  $\varphi_1 - \varphi_2$  – разность потенциалов на концах участка цепи,  $\varepsilon_{12}$  – ЭДС источников тока, входящих в участок,  $U$  – напряжение на участке цепи,  $R$  – полное сопротивление участка.

Закон Ома для однородного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}.$$

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

где  $\varepsilon$  – ЭДС всех источников тока в цепи,  $R$  – внешнее сопротивление,  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока.

Сила тока короткого замыкания

$$I = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Закон Ома в дифференциальной форме

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \gamma \vec{E},$$

где  $\gamma$  – удельная электрическая проводимость материала проводника,  $E$  – напряженность электрического поля в проводнике.

Правила Кирхгоффа для разветвленных цепей:  
первое правило (для узлов)

$$\sum_{i=1}^n I = 0,$$

где  $\sum_{i=1}^n I$  – алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле;

второе правило (для контуров)

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{k=1}^m \varepsilon_k,$$

где  $\sum_{i=1}^n I_i R_i$  – алгебраическая сумма падений напряжений на сопротивлениях контура,  $\sum_{k=1}^m \varepsilon_k$  – алгебраическая сумма ЭДС, действующих в этом контуре.

Работа, совершаемая электрическим полем и сторонними силами, в участке цепи постоянного тока за время  $t$

$$A = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

Мощность тока

$$P = \frac{dA}{dt} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

Полная мощность, выделяемая в цепи,

$$P = \varepsilon I.$$

Закон Джоуля-Ленца (справедлив, если участок цепи неподвижен и в нем не совершаются химические превращения)

$$Q = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t,$$

где  $Q$  – количество теплоты, выделяющееся в участке цепи за время  $t$ .

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме

$$\omega = \rho j^2 = \gamma E^2,$$

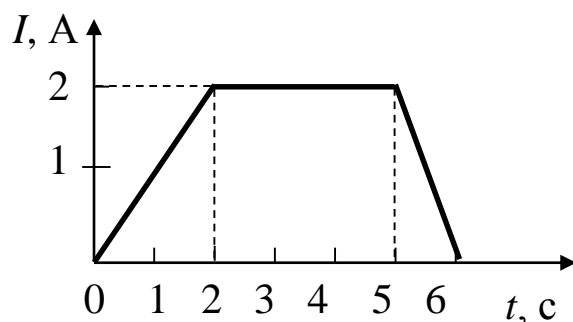
где  $\omega$  – удельная тепловая мощность тока или объемная плотность тепловой мощности.

## Тестовые задания

**2.1.** Если через поперечное сечение контактного провода за время  $t = 2$  с проходит  $N = 6 \cdot 10^{21}$  электронов, то сила тока  $I$  в проводе равна ... А.

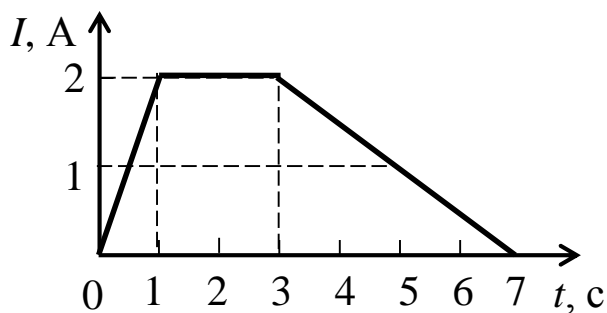
- 1) 133                      2) 480                      3) 48                      4) 600                      5) 60

**2.2.** Ток в проводнике меняется со временем, как показано на рисунке. За время  $t = 6$  с по проводнику прошел заряд  $q$ , равный ... Кл.



- 1) 1                      2) 3                      3) 6                      4) 9                      5) 12

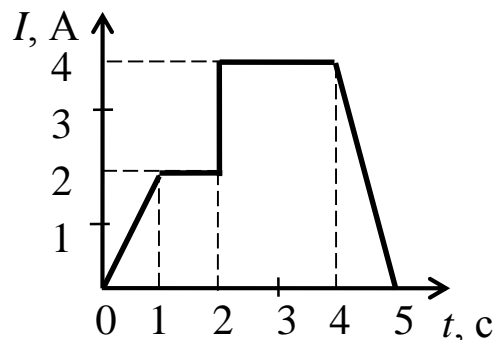
**2.3.** Ток в проводнике меняется со временем так, как показано на рисунке. Заряд  $q = 8$  Кл прошел по проводнику за время  $t$ , равное ... с.



- 1) 9                      2) 8                      3) 6                      4) 5                      5) 4

**2.4.** Ток в проводнике меняется со временем, как показано на рисунке. За время  $t = 5$  с через поперечное сечение проводника проходит заряд  $q$ , равный ... Кл.

- 1) 13    2) 16    3) 18    4) 20    5) 21





**2.5.** Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  А до  $I = 2$  А в течение времени  $\tau = 15$  с. Заряд  $q$ , прошедший по проводнику за это время, равен ... Кл.

- 1) 3                      2) 5                      3) 5                      4) 10                      5) 15

**2.6.** Сила тока в проводнике изменяется по закону  $I = 10t$ , А. Заряд  $q$ , прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t = 5$  с от момента включения тока, равен ... Кл.

- 1) 5                      2) 25                      3) 50                      4) 75                      5) 125

**2.7.** Ток в проводнике меняется со временем по закону:  $I = 4 + 2t$ , где  $I$  – в амперах,  $t$  – в секундах. За время от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 6$  с через поперечное сечение проводника проходит заряд  $q$ , равный ... Кл.

- 1) 4                      2) 16                      3) 32                      4) 48                      5) 64

**2.8.** Сила тока в проводнике в течение интервала времени  $t$  равномерно увеличивается от 0 до  $I$ , затем в течение такого же промежутка времени остается постоянной, а затем за тот же интервал времени равномерно уменьшается до нуля. За все время через проводник прошел заряд  $q$ , равный ...

- 1)  $q = It$                       2)  $q = 2It$                       3) 0                      4)  $q = 3It$                       5)  $q = 4It$

**2.9.** По проводнику длиной  $l$  течет ток  $I$ . Суммарный импульс электронов в проводнике равен ...

- 1)  $Il \frac{e}{m}$                       2)  $I^2 l \frac{e}{m}$                       3)  $\frac{Ie}{lm}$                       4)  $Il \frac{m}{e}$                       5)  $\frac{I^2 lm}{e}$

**2.10.** Концентрация свободных зарядов в проводнике  $n = 8,4 \cdot 10^{28}$  1/м<sup>3</sup>. Средняя скорость  $v$  упорядоченного движения электронов в проводнике поперечного сечения  $S = 1$  мм<sup>2</sup>, по которому течет ток  $I = 10$  А, равна ... м/с.

- 1) 14,8                      2)  $3 \cdot 10^8$                       3)  $7,4 \cdot 10^{-2}$                       4)  $7,4 \cdot 10^{-4}$                       5)  $14,8 \cdot 10^2$

**2.11.** Если не изменяя силу тока  $I$  в проводнике и его поперечное сечение, увеличить длину  $l$  проводника вдвое, то средняя скорость  $v$  направленного движения электронов в проводнике ...

- 1) увеличится в 4 раза  
2) увеличится в 2 раза

- 3) не изменится
- 4) уменьшится в 2 раза
- 5) уменьшится в 4 раза

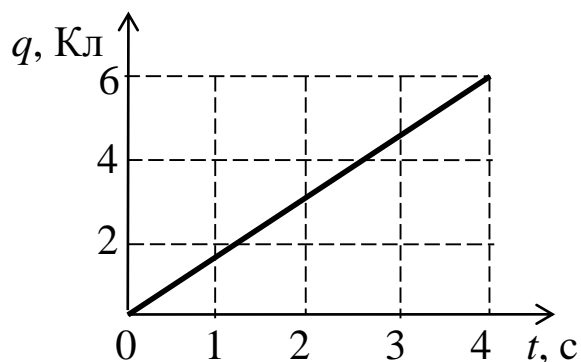
**2.12.** Если при неизменных размерах и температуре  $T$  проводника средняя скорость  $v$  направленного движения электронов в проводнике уменьшилась в 2 раза, то напряжение  $U$  на его концах ...

- 1) уменьшилось в 4 раза
- 2) уменьшилось в 2 раза
- 3) не изменилось
- 4) увеличилось в 4 раза
- 5) уменьшилось в 4 раза

**2.13.** Напряжение между концами медного провода диаметром  $d$  длиной  $l$  равно  $U$ . При увеличении длины провода в 3 раза средняя скорость  $v$  направленного движения электронов вдоль проводника ...

- 1) увеличится в 6 раз
- 2) увеличится в 3 раза
- 3) не изменится
- 4) уменьшится в  $\sqrt{3}$  раз
- 5) уменьшится в 3 раза

**2.14.** По проводнику сечением  $S = 1 \text{ мм}^2$  течет постоянный электрический ток. Величина заряда  $q$ , проходящего через проводник, возрастает с течением времени  $t$  согласно графику. Плотность тока  $j$  в проводнике равна ...  $\text{МА/мм}^2$ .

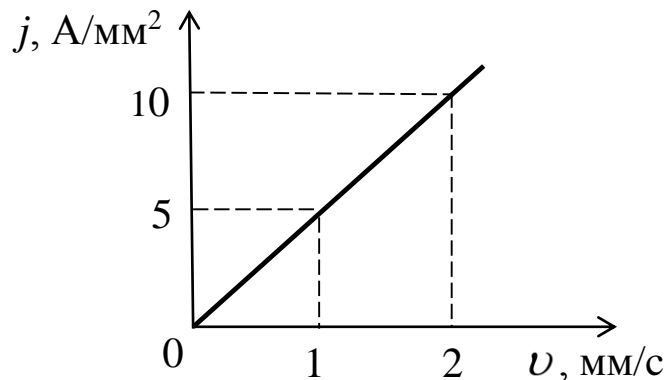


- 1) 24
- 2) 12
- 3) 6
- 4) 3
- 5) 1,5

**2.15.** Если за время  $t = 2 \text{ с}$  через проводник сечением  $S = 1,6 \text{ мм}^2$  прошло  $N = 2 \cdot 10^{19}$  электронов, то плотность тока  $j$  равна ...  $\text{А/мм}^2$ .

- 1) 0,3
- 2) 0,7
- 3) 1,0
- 4) 1,5
- 5) 1,8

**2.16.** Из графика зависимости плотности тока  $j$  от скорости  $v$  направленного движения свободных электронов следует, что суммарный заряд  $q$  свободных электронов в единице объема проводника равен ... Кл.



- 1)  $5 \cdot 10^3$       2)  $5 \cdot 10^6$       3)  $5 \cdot 10^9$       4)  $20 \cdot 10^9$       5)  $5 \cdot 10^{12}$

**2.17.** Длина медного ( $\rho = 0,0175 \cdot 10^{-6}$  Ом·м) провода диаметром  $d = 2$  мм, который надо взять, чтобы получить шунт сопротивлением  $R_{ш} = 0,02$  Ом, равна ... м.

- 1) 5,4      2) 7,5      3) 1,8      4) 1,0      5) 3,6

**2.18.** Чтобы при параллельном соединении проводников получить сопротивление  $R = 3$  Ом, надо проволоку сопротивлением  $R_0 = 48$  Ом разрезать на количество  $n$  одинаковых частей, равное ...

- 1) 24      2) 16      3) 12      4) 6      5) 4

**2.19.** Два проводника из железной проволоки имеют равные массы  $m$  и длины  $l_1$  и  $l_2 = 2l_1$ . Отношение сопротивлений  $\frac{R_1}{R_2}$  этих проводников

равно ...

- 1) 1:1      2) 1:2      3) 1:4      4) 2:1      5) 4:1

**2.20.** Два проводника из железной проволоки имеют одинаковые сечения и массы  $m_1$  и  $m_2 = 2m_1$ . Отношение сопротивлений  $\frac{R_1}{R_2}$  этих

проводников равно ...

- 1) 1:2      2) 1:4      3) 1:1      4) 4:1      5) 2:1

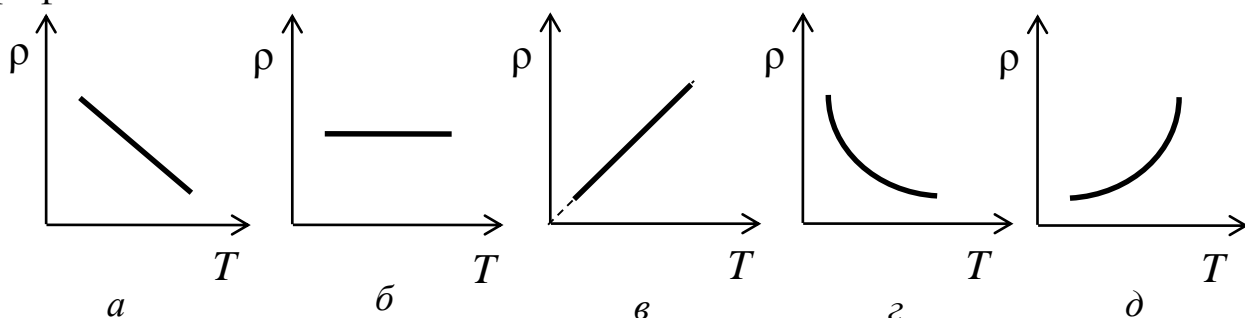
**2.21.** Сопротивление проволоки  $R$ , если ее разрезать на  $n$  частей и соединить параллельно, ...

- 1) увеличится в  $n$  раз
- 2) увеличится в  $n^2$  раз
- 3) не изменится
- 4) уменьшится в  $n$  раз
- 5) уменьшится в  $n^2$  раз

**2.22.** Если медную проволоку свернуть пополам и скрутить, то ее сопротивление  $R$  ...

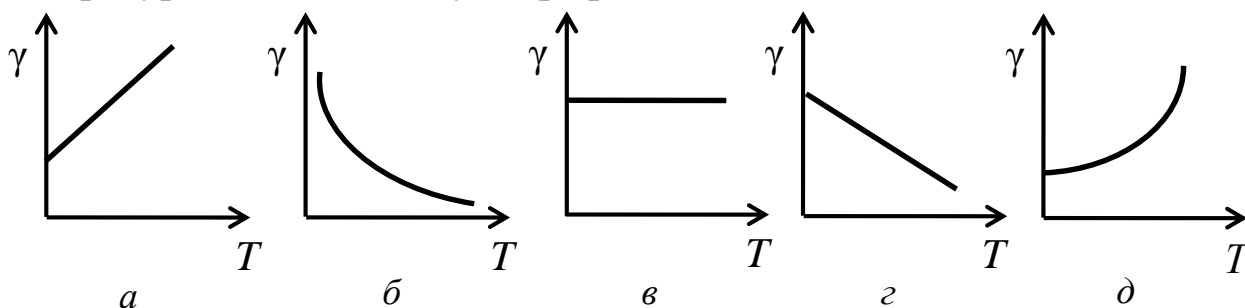
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) не изменится
- 4) уменьшится в 2 раза
- 5) уменьшится в 4 раза

**2.23.** Зависимости удельного электрического сопротивления  $\rho$  металлического проводника от температуры  $T$  соответствует график ...



- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г
- 5) д

**2.24.** Зависимости удельной проводимости  $\gamma$  металлов от температуры  $T$  соответствует график ...



- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г
- 5) д

**2.25.** При повышении температуры резистора от  $t_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$  на  $\Delta T$  его сопротивление  $R$  увеличилось в 2 раза ( $\alpha = 0,004\text{ 1/K}$ ). Изменение температуры  $\Delta T$  равно ...

- 1)  $20\text{ }^\circ\text{C}$       2)  $250\text{ K}$       3)  $200\text{ }^\circ\text{C}$       4)  $270\text{ K}$       5)  $2500\text{ K}$

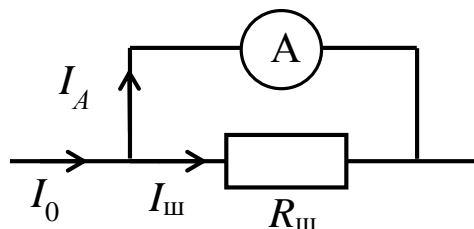
**2.26.** Начальная температура резистора сопротивлением  $R = 1\text{ Ом}$  равна  $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ . При повышении температуры резистора на  $\Delta T$  его сопротивление увеличилось в 2 раза ( $\alpha = 0,004\text{ K}^{-1}$ ). Изменение температуры  $\Delta T$  равно ...

- 1)  $20\text{ }^\circ\text{C}$       2)  $25\text{ K}$       3)  $200\text{ }^\circ\text{C}$       4)  $250\text{ K}$       5)  $2500\text{ K}$

**2.27.** Температурный коэффициент сопротивления алюминия равен  $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ . При изменении температуры алюминиевого проводника от  $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_1 = -50\text{ }^\circ\text{C}$  его сопротивление  $R$  уменьшится в ... раза.

- 1) 1,21      2) 1,27      3) 1,94      4) 2,5      5) 4,76

**2.28.** Амперметр с сопротивлением  $R_A = 0,16\text{ Ом}$  зашунтирован сопротивлением  $R_{ш} = 0,04\text{ Ом}$ . Амперметр показывает ток  $I_A = 0,8\text{ A}$ . Ток  $I_0$  в цепи равен ... А.



- 1) 4      2) 10      3) 5      4) 3      5) 2,5

**2.29.** Амперметр, накоротко присоединенный к гальваническому элементу с ЭДС  $\varepsilon = 1,6\text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,2\text{ Ом}$ , показывает ток  $I = 4\text{ A}$ . Если амперметр зашунтировать сопротивлением  $R_{ш} = 0,1\text{ Ом}$ , то его показание будет ... А.

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

**2.30.** Для расширения в  $n = 10$  раз пределов измерения амперметра с внутренним сопротивлением  $R_A = 1\text{ Ом}$  к нему надо подключить сопротивление  $R$  ...

- 1)  $1/9\text{ Ом}$ , последовательно

- 2) 9 Ом, последовательно
- 3) 1/9 Ом, параллельно
- 4) 1 Ом, параллельно
- 5) 10 Ом, параллельно

**2.31.** Для расширения в  $n = 10$  раз пределов измерения вольтметра с внутренним сопротивлением  $R_V = 1$  кОм к нему нужно подключить сопротивление  $R \dots$

- 1) 10 кОм, параллельно
- 2) 10 кОм, последовательно
- 3) 9 кОм, параллельно
- 4) 9 кОм, последовательно
- 5) 11 кОм, параллельно

**2.32.** Чтобы с помощью вольтметра с внутренним сопротивлением  $R_V = 1$  кОм, рассчитанным на напряжение  $U_0 = 10$  В, иметь возможность измерять напряжение до  $U = 100$  В (расширить пределы измерения в  $n = 10$  раз), к вольтметру нужно подключить последовательно добавочное сопротивление  $R \dots$  кОм.

- 1) 0,1
- 2) 1
- 3) 9
- 4) 10
- 5) 90

**2.33.** Сопротивление вольтметра  $R_V = 400$  Ом, предел измерения  $U_0 = 4$  В. Чтобы данным вольтметром можно было измерять напряжение до  $U = 36$  В, к нему нужно подключить добавочное сопротивление  $R \dots$  Ом.

- 1) 0,09
- 2) 2,88
- 3) 3,2
- 4) 44,4
- 5) 3200

**2.34.** Вольтметр с внутренним сопротивлением  $R_V = 3$  кОм, включенный в городскую осветительную сеть, показал напряжение  $U_1 = 125$  В. При включении вольтметра в сеть через сопротивление  $R$  его показания уменьшились до  $U_2 = 115$  В. Сопротивление  $R$  равно  $\dots$  Ом.

- 1) 0,003
- 2) 24
- 3) 240
- 4) 261
- 5) 276

**2.35.** Вольтметр с некоторым пределом измерения напряжения  $U_0$  имеет сопротивление  $R_V$ . При подключении последовательно с вольтметром резистора с сопротивлением  $R$  предел измерения

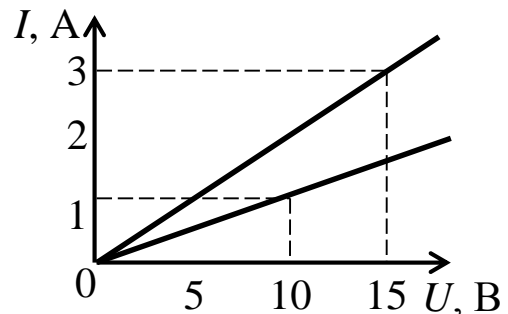
напряжения увеличился в  $n = 400$  раз. Отношение  $\frac{R}{R_V}$  равно ...

- 1) 100                      2) 299                      3) 399                      4) 400                      5) 401

**2.36.** Гальванометр сопротивлением  $R_0 = 160$  Ом используют для измерения токов. Для увеличения чувствительности гальванометра в  $n = 100$  раз к нему необходимо подключить шунт сопротивлением  $R$  ...

- 1) 1,6 Ом, последовательно с прибором  
 2) 1,62 Ом, параллельно прибору  
 3) 1,66 Ом, последовательно с прибором  
 4) 16 Ом, параллельно прибору  
 5) 166 Ом, параллельно прибору

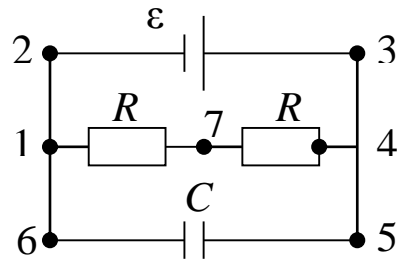
**2.37.** Вольтамперные характеристики двух нагревательных спиралей изображены на рисунке. Из графиков следует, что сопротивление  $R_1$  одной спирали больше сопротивления  $R_2$  другой на ... Ом.



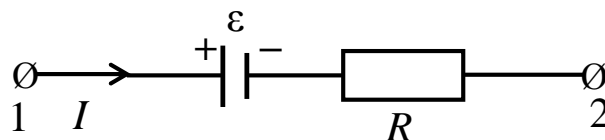
- 1) 0,1    2) 2    3) 5    4) 10    5) 25

**2.38.** В схеме, показанной на рисунке, сторонние силы действуют на участке цепи ...

- 1) 1 – 7                      2) 2 – 3                      3) 3 – 4  
 4) 4 – 7                      5) 5 – 6

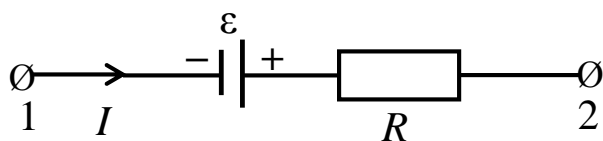


**2.39.** Правильное выражение закона Ома для участка цепи имеет вид ...



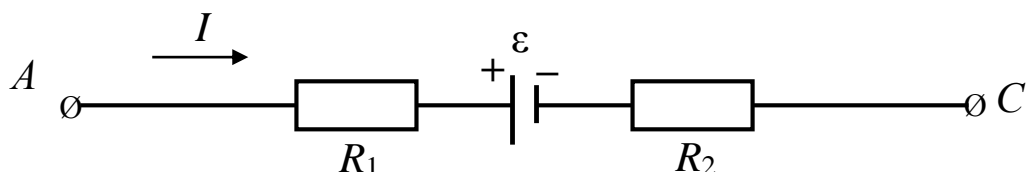
- 1)  $IR = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon$                       2)  $IR = (\varphi_1 - \varphi_2) - \varepsilon$                       3)  $IR = \varphi_1 - \varphi_2$   
 4)  $IR = \varepsilon$     5)  $IR = (\varphi_2 - \varphi_1) + \varepsilon$

**2.40.** Правильное выражение закона Ома для участка цепи имеет вид ...



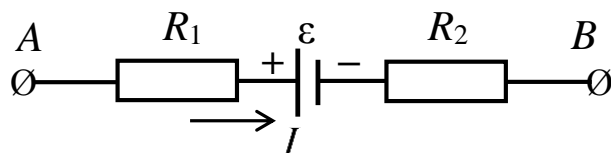
- 1)  $IR = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon$       2)  $IR = (\varphi_1 - \varphi_2) - \varepsilon$       3)  $IR = \varphi_1 - \varphi_2$   
 4)  $IR = \varepsilon$       5)  $IR = (\varphi_2 - \varphi_1) + \varepsilon$

**2.41.** На участке неоднородной цепи, содержащей сопротивления  $R_1 = 3,7 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5,6 \text{ Ом}$  и источник с  $\varepsilon = 5 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление  $r$  которого пренебрежительно мало, течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Напряжение  $U$  на участке  $AC$  равно ... В.



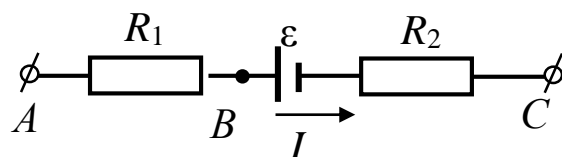
- 1) 14,3      2) 10,6      3) 9,3      4) 6,9      5) 4,3

**2.42.** На участке неоднородной цепи, содержащей сопротивления  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5,6 \text{ Ом}$  и источник с ЭДС  $\varepsilon = 6 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление которого пренебрежимо мало, течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_B$  между точками  $A$  и  $B$  равна ... В.



- 1) 14,6      2) 8,6      3) 3,4      4) 2,7      5) 2,6

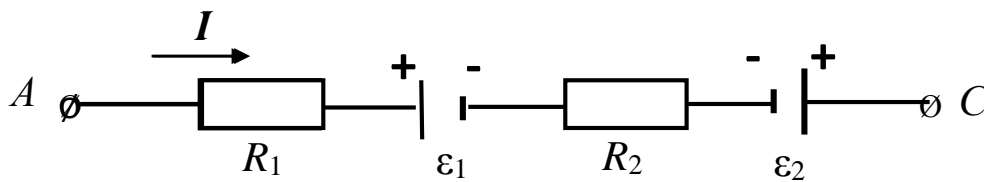
**2.43.** На участке неоднородной цепи, содержащей сопротивления  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5,6 \text{ Ом}$  и источник с ЭДС  $\varepsilon = 6 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление  $r$  которого пренебрежимо мало, течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Напряжение  $U$  на участках  $AB$ ,  $BC$ ,  $AC$  равно ... В.





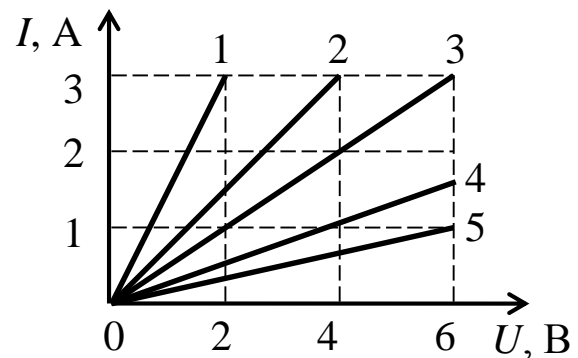
- 1)  $U_{AB} = 3 \text{ В}, U_{BC} = 5,6 \text{ В}, U_{AC} = 8,6 \text{ В}$
- 2)  $U_{AB} = 3 \text{ В}, U_{BC} = 11,6 \text{ В}, U_{AC} = 14,6 \text{ В}$
- 3)  $U_{AB} = 3 \text{ В}, U_{BC} = 11,6 \text{ В}, U_{AC} = 8,6 \text{ В}$
- 4)  $U_{AB} = 3 \text{ В}, U_{BC} = 0,4 \text{ В}, U_{AC} = 3,4 \text{ В}$
- 5)  $U_{AB} = 3 \text{ В}, U_{BC} = 0,4 \text{ В}, U_{AC} = 2,6 \text{ В}$

**2.44.** На участке неоднородной цепи, содержащей сопротивления  $R_1 = 2 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом}$ , источники тока с  $\varepsilon_1 = 5 \text{ В}$  и  $\varepsilon_2 = 7 \text{ В}$ , внутренние сопротивления  $r$  которых малы, течет ток  $I = 2 \text{ А}$ . Разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_C$  на участке  $AC$  равна ... В.



- 1) 4
- 2) 6
- 3) 8
- 4) 10
- 5) 12

**2.45.** Через лампу, подключенную к источнику тока с ЭДС  $\varepsilon = 8 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,5 \text{ Ом}$ , протекает ток  $I_0 = 2 \text{ А}$ . Зависимость силы тока  $I$  от приложенного к лампе напряжения  $U$  показана на графике ...



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

**2.46.** Две проволоки равной длины из одинакового материала, но с разными сечениями ( $S_1 > S_2$ ), включены последовательно. Плотности тока в проводниках связаны соотношением ...

- 1)  $j_1 > j_2$
- 2)  $j_1 = j_2$
- 3)  $j_1 < j_2$
- 4) для правильного ответа данных недостаточно

**2.47.** Две проволоки равной длины из одинакового материала, но с разными сечениями ( $S_1 > S_2$ ), включены параллельно. Плотности тока в проводниках связаны соотношением ...

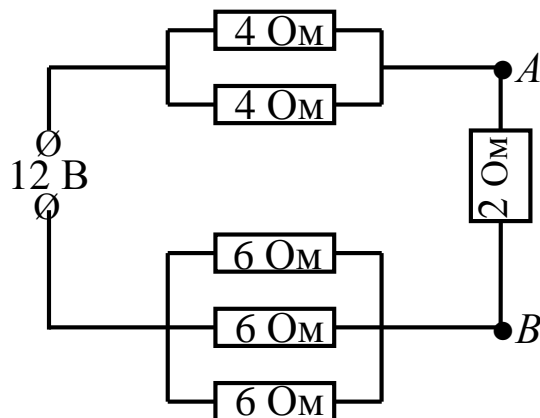
- 1)  $j_1 > j_2$
- 2)  $j_1 = j_2$
- 3)  $j_1 < j_2$
- 4) для правильного ответа данных недостаточно

**2.48.** Два проводника  $R_1 = 2 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 3 \text{ Ом}$  соединены параллельно. Через них течет суммарный ток  $I = 10 \text{ А}$ . Через проводники протекают токи  $I_1$  и  $I_2$ , равные соответственно ... А.

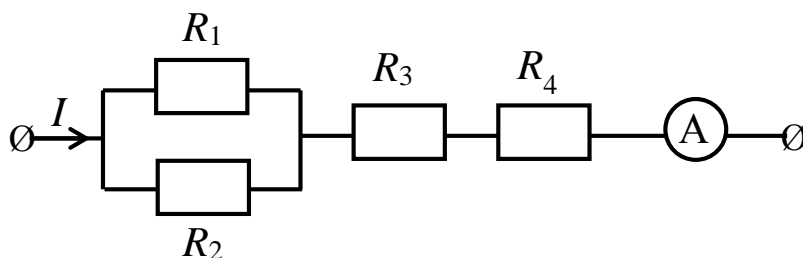
- 1) 10; 10      2) 5; 5      3) 6; 4      4) 4; 6      5) 2; 8

**2.49.** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, разность потенциалов  $\varphi_A - \varphi_B$  между точками  $A$  и  $B$  равна ... В.

- 1) 4  
2) 8  
3) 10  
4) 12  
5) 24

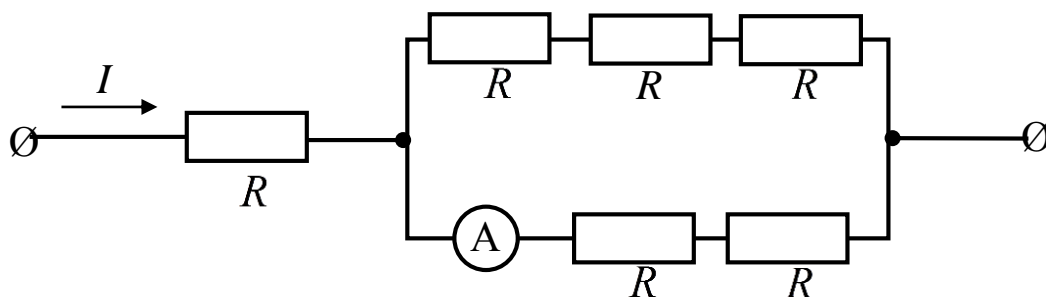


**2.50.** Участок цепи состоит из четырех резисторов  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 0,8 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 3 \text{ Ом}$ . К концам участка приложено напряжение  $U = 20 \text{ В}$ . Показание амперметра равно ... А. Сопротивлением амперметра пренебречь.



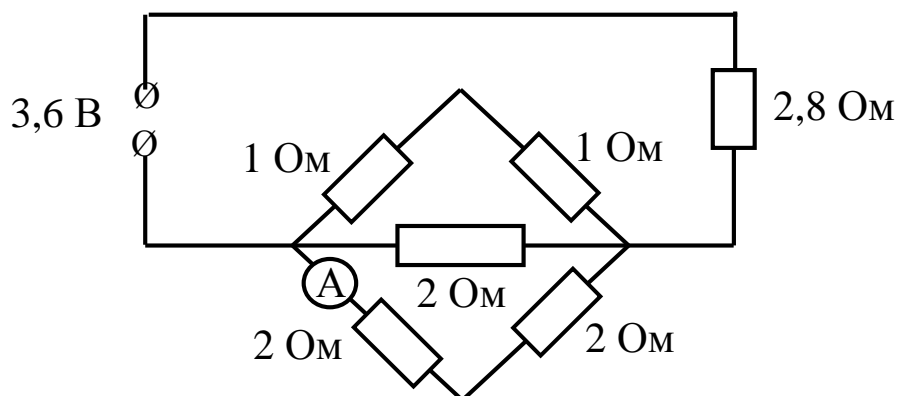
- 1) 4,0      2) 3,6      3) 2,4      4) 0,6      5) 1,8

**2.51.** Через участок цепи течет ток  $I = 10 \text{ А}$ . Сопротивление  $R = 2 \text{ Ом}$ . Идеальный амперметр показывает ток  $I_A$ , равный ... А.



- 1) 2,0      2) 2,4      3) 4,0      4) 4,8      5) 6,0

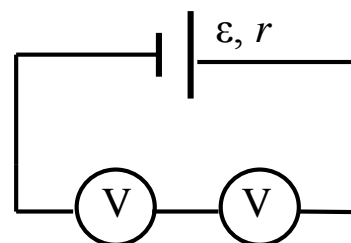
**2.52.** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, показание идеального амперметра равно ... А.



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

**2.53.** Если вольтметры одинаковы, то каждый из них показывает напряжение, равное ...

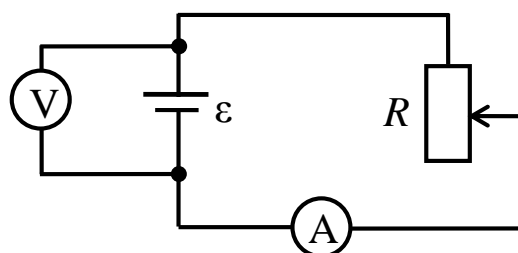
- 1)  $\frac{\varepsilon}{2}$     2)  $\varepsilon + Ir$     3)  $\frac{\varepsilon - Ir}{2}$     4)  $\frac{\varepsilon + Ir}{2}$     5)  $\varepsilon - Ir$



**2.54.** Батарея замкнута на реостат. При увеличении сопротивления  $R$  реостата в 4 раза напряжение на нем увеличивается с  $U_1 = 2$  В до  $U_2 = 4$  В. ЭДС батареи  $\varepsilon$  равна ... В.

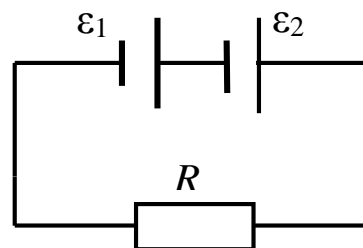
- 1) 6                      2) 5                      3) 4                      4) 3                      5) 2

**2.55.** При одном положении движка реостата вольтметр показывает  $U_1 = 6$  В, амперметр показывает  $I_1 = 1$  А. При другом положении движка реостата показания приборов  $U_2 = 4$  В и  $I_2 = 2$  А. Амперметр и вольтметр считаются идеальными. ЭДС источника тока  $\varepsilon$  равна ... В.



- 1) 10                      2) 8                      3) 6                      4) 4                      5) 2

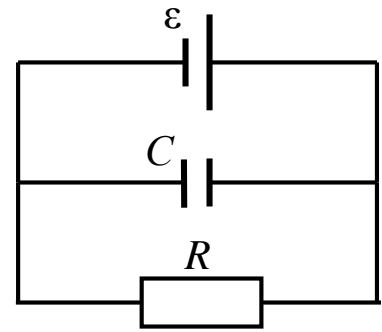
**2.56.** Два последовательно соединенных элемента с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 1$  Ом и  $r_2 = 1,5$  Ом замкнуты на внешнее сопротивление  $R = 0,5$  Ом. Разность потенциалов  $U_1$  на зажиме первого элемента равна ... В.



- 1) 0,5                      2) 1,6                      3) 2,75                      4) 0,67                      5) 0,87

**2.57.** В схеме на рисунке ЭДС источника  $\varepsilon = 4$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом, внешнее сопротивление  $R = 14$  Ом. Если емкость конденсатора  $C = 1$  мкФ, то заряд  $q$  на обкладках конденсатора равен ... мкКл.

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



**2.58.** Ток  $I_{к.з.}$  короткого замыкания источника тока с ЭДС  $\varepsilon = 5$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом равен ... А.

- 1) 5                      2) 20                      3) 30                      4) 50                      5) 10

**2.59.** При замыкании источника тока на внешнее сопротивление  $R_1 = 4$  Ом в цепи протекает ток  $I_1 = 0,3$  А, а при замыкании на сопротивление  $R_2 = 7$  Ом протекает ток  $I_2 = 0,2$  А. Ток короткого замыкания  $I_{к.з.}$  источника тока равен ... А.

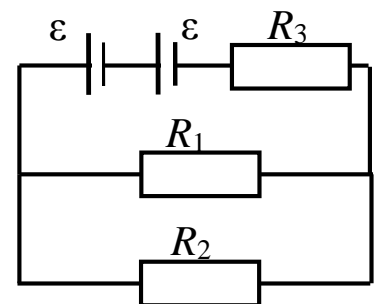
- 1) 0,5                      2) 0,9                      3) 1,2                      4) 1,6                      5) 2,1

**2.60.** ЭДС элемента  $\varepsilon = 15$  В. Ток короткого замыкания равен  $I_{к.з.} = 5$  А. Если к элементу подключить резистор сопротивлением  $R = 2$  Ом, то напряжение  $U$  на зажимах элемента будет равно ... В.

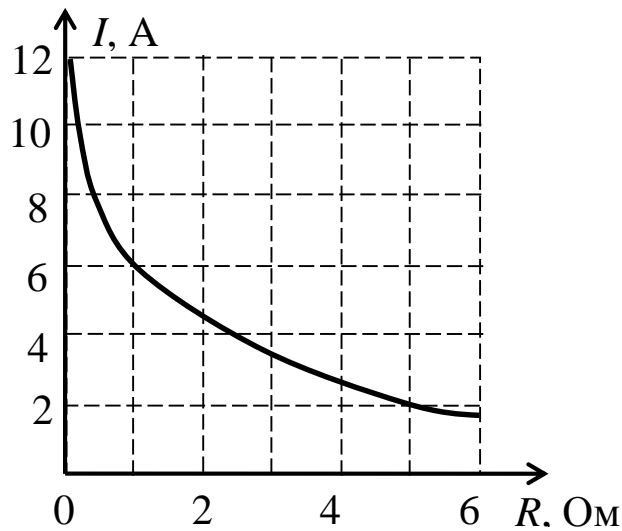
- 1) 0                      2) 5                      3) 6                      4) 9                      5) 15

**2.61.** Электрическая цепь состоит из двух источников, каждый с ЭДС  $\varepsilon = 75$  В и внутренним сопротивлением  $r = 4$  Ом и трех сопротивлений  $R_1 = 30$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом и  $R_3 = 10$  Ом, включенных в цепь, как показано на рисунке. В такой цепи ток  $I$ , текущий через первое сопротивление, равен ... А.

- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 10



**2.62.** К источнику тока с ЭДС  $\varepsilon = 12$  В подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока  $I$  в реостате от его сопротивления  $R$ . Внутреннее сопротивление  $r$  этого источника тока равно ... Ом.



- 1) 1                      2) 2                      3) 0,5                      4) 0                      5) 6

**2.63.** При последовательном соединении  $n$  одинаковых источников тока с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon$  и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r$  полный ток в цепи с внешним сопротивлением  $R$  равен ...

- 1)  $I = \frac{\varepsilon}{R + nr}$                       2)  $I = \frac{n\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$                       3)  $I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$   
 4)  $I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$                       5)  $I = \frac{\varepsilon/n}{R + nr}$

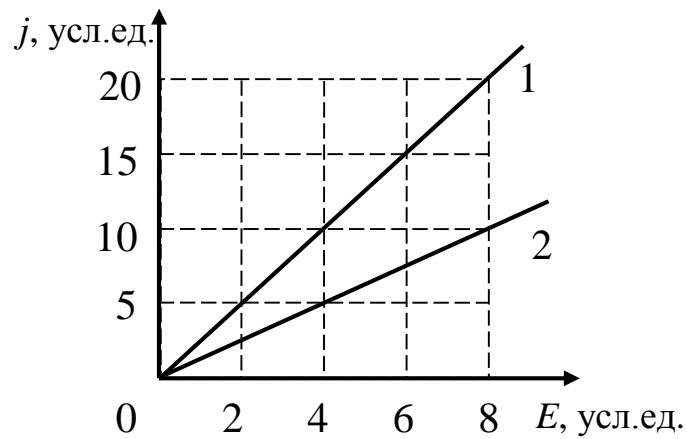
**2.64.** При параллельном соединении  $n$  одинаковых источников тока с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon$  и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r$  полный ток в цепи с внешним сопротивлением  $R$  равен ...

- 1)  $I = \frac{\varepsilon}{R + nr}$                       2)  $I = \frac{n\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$                       3)  $I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$   
 4)  $I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$                       5)  $I = \frac{\varepsilon/n}{R + nr}$

**2.65.** Плотность тока в никелевом проводнике ( $\rho = 4 \cdot 10^{-7}$  Ом·м) длиной  $l = 25$  м равна  $j = 1$  МА/м<sup>2</sup>. Напряжение  $U$  на концах проводника равно ... В.

- 1) 3                      2) 5                      3) 8                      4) 10                      5) 7

**2.66.** На рисунке представлена зависимость плотности тока  $j$ , протекающего в проводниках 1 и 2, от напряженности  $E$  электрического поля. Отношение удельных электрических проводимостей  $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$  проводников равно ...



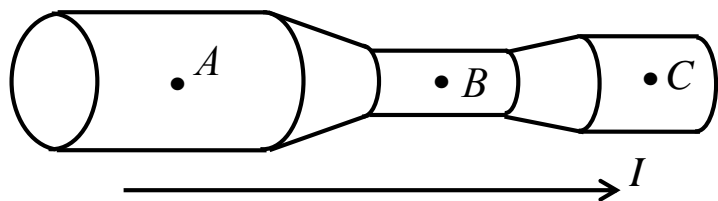
- 1) 1                      2) 2                      3) 4                      4)  $\frac{1}{2}$                       5)  $\frac{1}{4}$

**2.67.** Если увеличить в 4 раза напряженность  $E$  электрического поля в проводнике, то плотность тока  $j$  ...

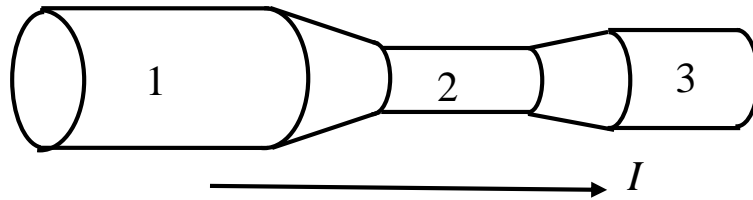
- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) не изменится
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза
- 5) уменьшится в 4 раза

**2.68.** Ток течет по проводнику, форма которого показана на рисунке. Между напряженностями  $E$  электрического поля в точках  $A$ ,  $B$ ,  $C$  выполняются следующее соотношения ...

- 1)  $E_A > E_B > E_C$
- 2)  $E_A < E_B < E_C$
- 3)  $E_A < E_C < E_B$
- 4)  $E_B > E_C > E_A$
- 5)  $E_A = E_B = E_C$



**2.69.** Три проводника из разных материалов соединены так, как показано на рисунке. Если напряженности  $E$  электрического поля в проводниках имеют одно и то же значение, то удельные электрические проводимости  $\gamma$  проводников ...



- 1)  $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$                       2)  $\gamma_1 < \gamma_2 < \gamma_3$                       3)  $\gamma_2 > \gamma_3 > \gamma_1$   
 4)  $\gamma_1 < \gamma_3 > \gamma_2$                       5)  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3$

**2.70.** Два проводника, изготовленные из одного материала, равной длины, но разного сечения ( $S_1 > S_2$ ), включены последовательно в цепь. Напряженность  $E$  электрического поля ...

- 1) больше в проводнике сечением  $S_1$   
 2) одинакова в обоих проводниках  
 3) больше в проводнике сечением  $S_2$   
 4) в проводнике сечением  $S_2$  может быть как больше, так и меньше  
 5) в проводнике сечением  $S_1$  может быть как больше, так и меньше

**2.71.** Плотность тока в медном ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) проводнике составляет  $j = 0,1$  МА/м<sup>2</sup>. Напряженность  $E$  электрического поля равна ... мВ/м.

- 1) 170                      2) 17                      3) 1,7                      4) 270                      5) 95

**2.72.** Если, не изменяя силу тока  $I$  в цилиндрическом проводнике, радиус  $R$  его поперечного сечения увеличить втрое, то напряженность  $E$  электрического поля в проводнике ...

- 1) увеличится в 9 раз  
 2) уменьшится в 9 раз  
 3) не изменится  
 4) увеличится в 3 раза  
 5) уменьшится в 3 раза

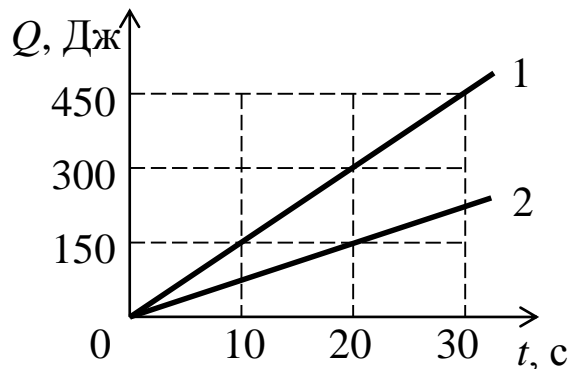
**2.73.** В проводнике площадью поперечного сечения  $S$  течет ток  $I$ . Если удельное электрическое сопротивление проводника равно  $\rho$ , то напряженность  $E$  электрического поля в нем ...

- 1)  $\frac{IS}{\rho}$                       2)  $\frac{I}{\rho S}$                       3)  $I\rho S$                       4)  $\frac{I\rho}{S}$                       5)  $\frac{I}{S}$

**2.74.** По медному ( $\rho = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ ) проводу сечением  $S = 0,3 \text{ мм}^2$  течет ток  $I = 0,3 \text{ А}$ . Сила  $F$ , действующая на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля, равна ... Н.

- 1)  $1,71 \cdot 10^{-19}$     2)  $2,72 \cdot 10^{-21}$     3)  $5,1 \cdot 10^{-21}$     4)  $7,1 \cdot 10^{-19}$     5)  $15,2 \cdot 10^{-21}$

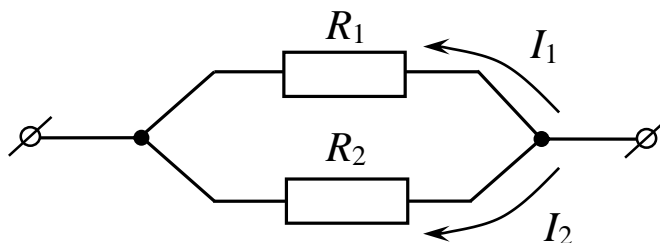
**2.75.** На рисунке представлен график зависимости количества теплоты, выделяющейся в двух последовательно соединенных проводниках, от времени. Отношение сопротивлений



проводников  $\frac{R_1}{R_2}$  равно ...

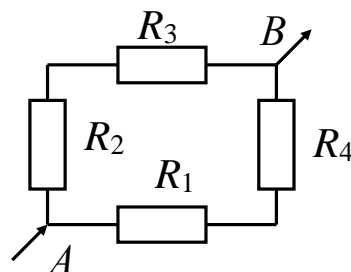
- 1) 0,25    2) 2    3) 4    4) 0,5    5) 1

**2.76.** Два резистора сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 = 3R_1$ ) включены в электрическую цепь параллельно, как показано на рисунке. Количество теплоты  $Q_1$  и  $Q_2$ , которое выделяется на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 = 3R_1$ ), соотносится как ...



- 1)  $Q_2 = 3Q_1$     2)  $Q_1 = Q_2$     3)  $Q_1 = 3Q_2$     4)  $Q_2 = 9Q_1$     5)  $Q_1 = 9Q_2$

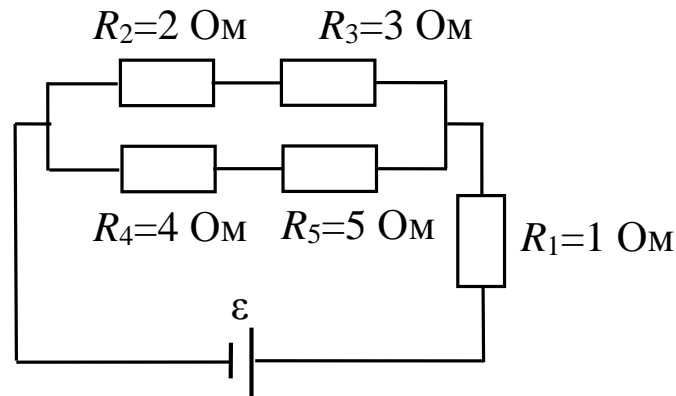
**2.77.** В изображенной на рисунке схеме  $R_1=8 \text{ Ом}$ ,  $R_2=2 \text{ Ом}$ ,  $R_3=4 \text{ Ом}$ ,  $R_4=4 \text{ Ом}$ . Наибольшее количество теплоты при прохождении электрического тока выделится на сопротивлении ...



- 1)  $R_1$     2)  $R_2$     3)  $R_3$     4)  $R_4$   
5) на всех одинаковое

**2.78.** В замкнутой цепи, схема которой показана на рисунке наибольшее количество теплоты  $Q$  в единицу времени  $t$  выделяется на резисторе ...





- 1)  $R_1$                       2)  $R_2$                       3)  $R_3$                       4)  $R_4$                       5)  $R_5$

**2.79.** В цепи, состоящей из трех одинаковых проводников, соединенных параллельно и включенной в сеть, за время  $t_1 = 1$  мин выделилось некоторое количество теплоты  $Q$ . Если эти проводники соединить последовательно, то такое же количество теплоты  $Q$  выделится за время  $t_2$ , равное ...

- 1) 9 мин                      2) 3 мин                      3) 20 с                      4) 4,5 мин                      5) 30 с

**2.80.** Если в электрической плитке, рассчитанной на  $U = 220$  В, имеются две нагревательные спирали с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 > R_2$ ) и с помощью переключателя можно включить одну из спиралей, либо две соединенные последовательно, либо две соединенные параллельно, то для того, чтобы быстрее закипел чайник, нужно включить ...

- 1) спираль с сопротивлением  $R_1$
- 2) спираль с сопротивлением  $R_2$
- 3) две спирали последовательно
- 4) две спирали параллельно
- 5) способ включения не влияет на время закипания

**2.81.** Нагреватель электрического чайника имеет одинаковые секции ( $R_1 = R_2$ ). Время закипания воды в чайнике при параллельном

включении  $t_1$ , при последовательном –  $t_2$ . Отношение  $\frac{t_1}{t_2}$  равно

- 1) 4                      2) 2                      3) 1                      4) 0,5                      5) 0,25

**2.82.** Есть два кипятыльника с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ . Вторым кипятыльник нагревает воду некоторого объема до кипения за

время  $t_2$ . Воду того же объема  $V$  и той же начальной температуры  $T$  первый кипятильник нагреет за время  $t_1$ , равное ...

- 1)  $t_1 = t_2 \frac{R_2}{R_1}$                       2)  $t_1 = t_2 \frac{R_1}{R_2}$                       3)  $t_1 = t_2 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$   
4)  $t_1 = t_2 \frac{R_2 - R_1}{R_2}$                       5)  $t_1 = t_2$

**2.83.** Подключенный к сети кипятильник сопротивлением  $R = 10$  Ом доводит до кипения воду в сосуде за время  $t_1 = 3$  мин. Каждый из трех кипятильников сопротивлениями  $R_1 = R_2 = 10$  Ом и  $R_3 = 20$  Ом подключают к сети и одновременно помещают в тот же сосуд с водой. При прочих равных условиях вода в сосуде закипит через ... с.

- 1) 24                      2) 25                      3) 36                      4) 48                      5) 72

**2.84.** Электрический утюг имеет мощность  $P_1 = 600$  Вт. Если спираль утюга укоротить вдвое, его мощность  $P_2$  станет равной ...

- 1) 300 Вт    2) 450 Вт    3) 1200 Вт    4) 900 Вт    5) не изменится

**2.85.** Если мощность  $P$  во внешней цепи одинакова при значениях внешнего сопротивления  $R_1 = 9$  Ом и  $R_2 = 1$  Ом, то внутреннее сопротивление  $r$  источника тока, равно ... Ом.

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

**2.86.** В проводнике объемом  $V$  при прохождении по нему постоянного тока за время  $t$  выделилось количество теплоты  $Q$ . Если удельное электрическое сопротивление проводника равно  $\rho$ , то напряженность  $E$  электрического поля в проводнике равна ...

- 1)  $\frac{\rho V t}{Q}$                       2)  $\frac{\rho V Q}{t}$                       3)  $\frac{Q}{\rho t}$                       4)  $\sqrt{\frac{\rho Q}{V t}}$                       5)  $\frac{Q}{\rho V t}$

**2.87.** Чтобы можно было включить в сеть с напряжением  $U_0 = 220$  В лампу, которая горит нормально при напряжении  $U = 120$  В и токе  $I = 4$  А, нужно взять дополнительное сопротивление  $R$ , равное ... Ом.

- 1) 2,18                      2) 25                      3) 30                      4) 50                      5) 55

**2.88.** Два цилиндрических проводника одинаковой длины и одинакового сечения, один из меди ( $\rho_1 = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ ), а другой из железа ( $\rho_2 = 98 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ ), соединены параллельно. Отношение мощностей  $\frac{P_1}{P_2}$  токов для этих проводников равно ...

- 1) 3,75            2) 7,05            3) 4,96            4) 8,05            5) 5,76

**2.89.** Если два проводника с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 = 3R_2$ ) соединить последовательно и подключить к источнику питания, то на них выделяется мощность  $P_1 = 60 \text{ Вт}$ . При параллельном включении к тому же источнику тока на них выделяется мощность  $P_2$ ... Вт.

- 1) 80            2) 20            3) 120            4) 320            5) 240

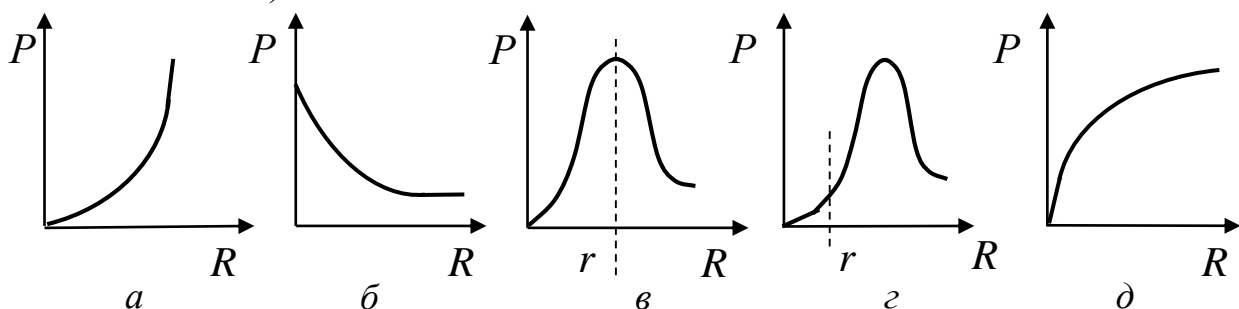
**2.90.** Источник питания был замкнут сначала на сопротивление  $R$ , а затем на сопротивление  $5R$ . Если в обоих случаях на сопротивлениях выделяется одинаковая мощность, то внутреннее сопротивление  $r$  источника равно ...

- 1)  $2R$             2)  $R\sqrt{5}$             3)  $R\sqrt{3}$             4)  $R\sqrt{2}$             5)  $R$

**2.91.** Два резистора с сопротивлениями  $R_1 = 140 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 60 \text{ Ом}$  соединены последовательно друг с другом и подключены к источнику ЭДС с внутренним сопротивлением  $r = 3 \text{ Ом}$ . Если на сопротивлении  $R_1$  выделяется мощность  $P_1 = 2 \text{ Вт}$ , то ЭДС источника  $\varepsilon$  равна ... В.

- 1) 2,7            2) 3,3            3) 7,6            4) 8,7            5) 24,3

**2.92.** Зависимость мощности  $P$ , выделяемой на внешней нагрузке источника тока, от электрического сопротивления  $R$  этой нагрузки верно изображена на графике ... ( $r$  – внутреннее сопротивление источника тока).



- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**2.93.** Мощность  $P$ , выделяемая во внешней цепи сопротивлением  $R$ , включенным в цепь с источником тока, имеющим внутреннее сопротивление  $r$ , достигает максимального значения, если ...

- 1)  $R > r$               2)  $R < r$               3)  $R = 0$               4)  $R = r$               5)  $R \rightarrow \infty$

**2.94.** Аккумулятор с ЭДС  $\varepsilon = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом может выделить максимальную полезную мощность  $P$ , равную ... Вт.

- 1) 5                      2) 10                      3) 25                      4) 50                      5) 100

**2.95.** Плотность электрического тока  $j$  в алюминиевом ( $\rho = 26$  нОм·м) проводе равна  $j = 5$  А/см<sup>2</sup>. Удельная тепловая мощность  $\omega$  тока равна ... Дж/(м<sup>3</sup>·с).

- 1) 65                      2) 75                      3) 108                      4) 124                      5) 260

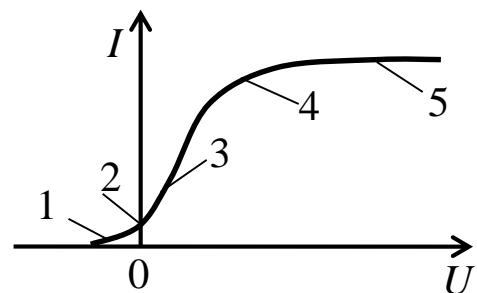
**2.96.** Если удельная тепловая мощность тока  $\omega = 1,7$  Дж/(м<sup>3</sup>·с), то плотность  $j$  электрического тока в медном ( $\rho = 17$  нОм·м) проводе равна ... кА/м<sup>2</sup>.

- 1) 10                      2) 25                      3) 30                      4) 5                      5) 3,5

**2.97.** Плотность тока в металлическом проводнике  $j = 10$  А/мм<sup>2</sup>, а напряженность электрического поля  $E = 2$  мВ/м. Объемная плотность  $\omega$  тепловой мощности равна ... Вт/м<sup>3</sup>.

- 1)  $2 \cdot 10^{-8}$               2)  $5 \cdot 10^{-3}$               3)  $5 \cdot 10^3$               4)  $20 \cdot 10^3$               5)  $20 \cdot 10^4$

**2.98.** Утверждению, что все электроны, вылетающие из катода в результате термоэлектронной эмиссии, достигают анода, соответствует участок вольт-амперной характеристики вакуумного диода ...



- 1) 2                      2) 1                      3) 4                      4) 3                      5) 5

**2.99.** Электропогрузчик поднимает груз массой  $m = 500$  кг на высоту  $h = 2$  м. Двигатель работает от источника напряжением  $U = 24$  В при силе тока  $I = 41$  А и КПД  $\eta = 80\%$ . Скорость  $v$  подъема тела равна ... м/с.

- 1) 0,16                      2) 0,26                      3) 0,29                      4) 0,32                      5) 0,40

**2.100.** Мощность  $P$ , выделяемая во внешней цепи сопротивлением  $R$ , включенным в цепь с источником тока, имеющим внутреннее сопротивление  $r$ , достигает максимального значения. Коэффициент полезного действия  $\eta$  источника тока равен ... %.

- 1) 20                      2) 40                      3) 50                      4) 75                      5) 100

### Задачи

**2.101.** Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I = 3$  А в течение времени  $t = 10$  с. Определите заряд  $q$ , прошедший по проводнику. [ $q = 15$  Кл]

**2.102.** Определите заряд  $q$ , прошедший по проводу с сопротивлением  $R = 3$  Ом при равномерном нарастании напряжения на концах провода от  $U_0 = 2$  В до  $U = 4$  В в течение времени  $t = 20$  с. [ $q = 20$  Кл]

**2.103.** Катушка из медной проволоки ( $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) имеет сопротивление  $R = 11,26$  Ом. Масса медной проволоки  $m = 3,54$  кг ( $\rho_m = 8,93$  г/см<sup>3</sup>). Какой длины  $l$  и какого диаметра  $d$  проволока намотана на катушке? [ $l = 505$  м;  $d = 1$  мм]

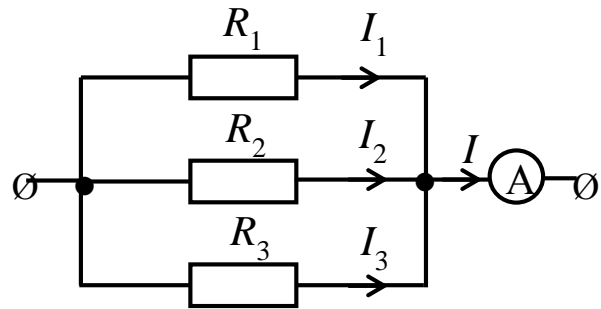
**2.104.** Найдите сопротивление  $R$  железного стержня диаметром  $d = 1$  см, если масса стержня  $m = 1$  кг ( $\rho = 8,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м,  $\rho_{ж} = 7900$  кг/м<sup>3</sup>). [ $R = 1,8$  мОм]

**2.105.** На концах никелинового ( $\rho = 4 \cdot 10^{-7}$  Ом·м,  $\alpha = 10^{-4}$  К<sup>-1</sup>) проводника длиной  $l = 5$  м поддерживается разность потенциалов  $U = 12$  В. Температура проводника  $t = 540$  °С. Определите плотность тока  $j$ . [ $j = 5,7 \cdot 10^6$  А/м<sup>2</sup>]

**2.106.** Вольфрамовая нить электрической лампочки при  $t_1 = 20$  °С имеет сопротивление  $R_1 = 35,8$  Ом. Какова будет температура  $T_2$  нити лампочки, если при включении в сеть напряжением  $U = 120$  В по нити идет ток  $I = 0,34$  А? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>. [ $T = 2396$  К]

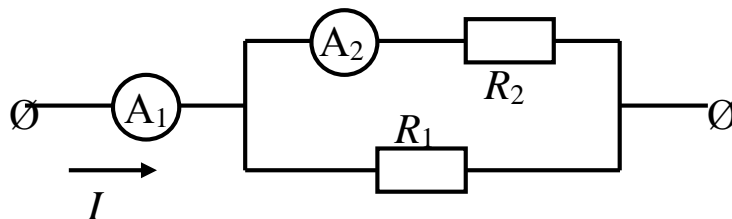
**2.107.** По медному проводнику сечением  $S = 0,8 \text{ мм}^2$  течет ток  $I = 80 \text{ мА}$ . Найти среднюю скорость  $v$  упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди  $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$ , молярная масса меди  $M = 64 \text{ г/моль}$ . [ $v = 7,47 \text{ мкм/с}$ ]

**2.108.** В цепи, приведенной на рисунке, амперметр показывает силу тока  $I = 1,5 \text{ А}$ . Сила тока через сопротивление  $R_1$  равна  $I_1 = 0,5 \text{ А}$ . Сопротивления  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ . Определите сопротивление  $R_1$ , а также силу токов  $I_2$  и  $I_3$ .



[ $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ;  $I_2 = 0,75 \text{ А}$ ;  $I_3 = 0,25 \text{ А}$ ]

**2.109.** Какую силу тока  $I_2$  показывает амперметр  $A_2$ , если амперметр  $A_1$  показывает  $I = 6 \text{ А}$ , а сопротивления  $R_1 = 50 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 150 \text{ Ом}$ ? Сопротивлением амперметров пренебречь. [ $I_2 = 1,5 \text{ А}$ ]



**2.110.** Два одинаковых источника тока соединены в одном случае последовательно, в другом – параллельно и замкнуты на внешнее сопротивление  $R = 1 \text{ Ом}$ . При каком внутреннем сопротивлении  $r$  источников тока сила тока во внешней цепи будет в обоих случаях одинаковой? [ $r = 1 \text{ Ом}$ ]

**2.111.** Амперметр с сопротивлением  $R_A = 0,16 \text{ Ом}$  зашунтирован сопротивлением  $R_{ш} = 0,04 \text{ Ом}$ . Амперметр показывает ток  $I_A = 8 \text{ А}$ . Найдите ток  $I$  в цепи. [ $I = 40 \text{ А}$ ]

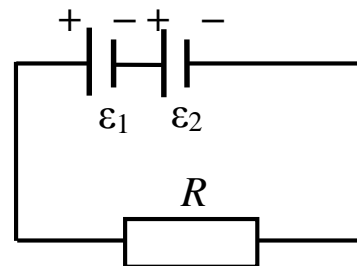
**2.112.** Амперметр, накоротко присоединенный к источнику тока с ЭДС  $\varepsilon = 1,5 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,2 \text{ Ом}$ , показывает силу тока  $I_1 = 5 \text{ А}$ . Какую силу тока  $I_2$  показывает этот

амперметр, если его зашунтировать сопротивлением  $R_{ш} = 0,1 \text{ Ом}$ ?  
 $[I_2 = 3 \text{ А}]$

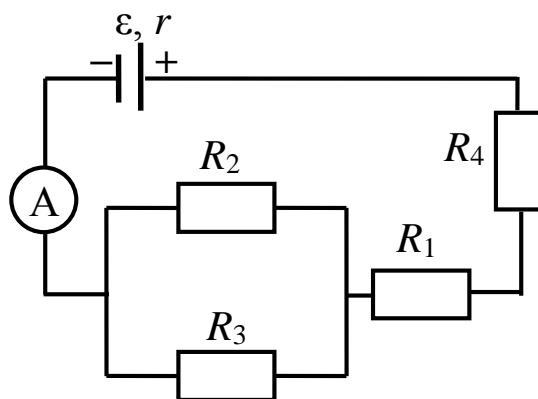
**2.113.** Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжения до  $U = 30 \text{ В}$ , необходимо включить в цепь с напряжением  $U = 75 \text{ В}$ . Какое для этого потребуется дополнительное сопротивление и как его включить, если сила тока в вольтметре не должна превышать  $I = 15 \text{ мА}$ ? [последовательно с вольтметром,  $R = 3 \text{ кОм}$ ]

**2.114.** Вольтметр, соединенный последовательно с сопротивлением  $R_1 = 10 \text{ кОм}$ , при включении в сеть с напряжением  $U = 220 \text{ В}$  показывает напряжение  $U_{V1} = 70 \text{ В}$ . Тот же вольтметр, соединенный последовательно с сопротивлением  $R_2$ , показывает напряжение  $U_{V2} = 20 \text{ В}$ . Найдите  $R_2$ . [ $R_2 = 46,7 \text{ кОм}$ ]

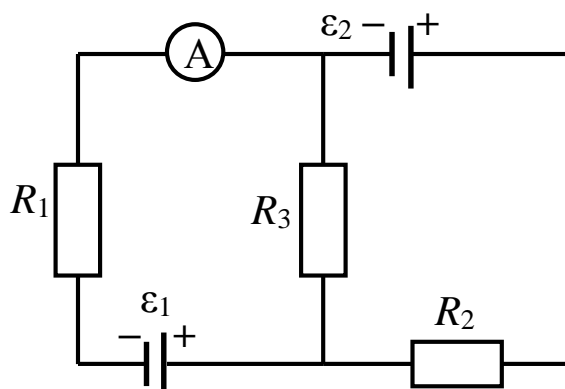
**2.115.** Два последовательно соединенных источника тока с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 1 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 1,5 \text{ Ом}$  замкнуты на внешнее сопротивление  $R = 0,5 \text{ Ом}$ . Найдите напряжение  $U_1$  и  $U_2$  на зажимах источников тока. [ $U_1 = 0,67 \text{ В}$ ;  $U_2 = 0$ ]



**2.116.** Батарея с ЭДС  $\varepsilon = 10 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r_1 = 1 \text{ Ом}$  имеет КПД  $\eta = 0,8$ . Напряжения на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_4$  равны  $U_1 = 4 \text{ В}$  и  $U_4 = 2 \text{ В}$ . Какой ток  $I_A$  показывает амперметр? Найдите напряжение  $U_2$  на сопротивлении  $R_2$ . [ $I_A = 2 \text{ А}$ ;  $U_2 = 2 \text{ В}$ ]

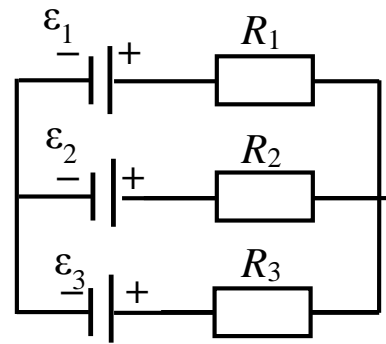


**2.117.** Батареи имеют ЭДС  $\varepsilon_1 = 110 \text{ В}$  и  $\varepsilon_2 = 220 \text{ В}$ , сопротивления  $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 500 \text{ Ом}$ . Найдите показания  $I_A$  амперметра. Внутренними сопротивлениями  $r_1$  и  $r_2$  источников тока пренебречь. [ $I_A = 0,4 \text{ А}$ ]

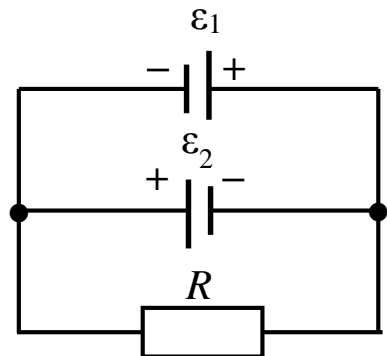


**2.118.** Три источника тока с ЭДС  $\varepsilon_1 = 11 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$  и  $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$  и три реостата с сопротивлениями  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 10 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 2 \text{ Ом}$  соединены, как показано на рисунке. Определите силы токов  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  в реостатах. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

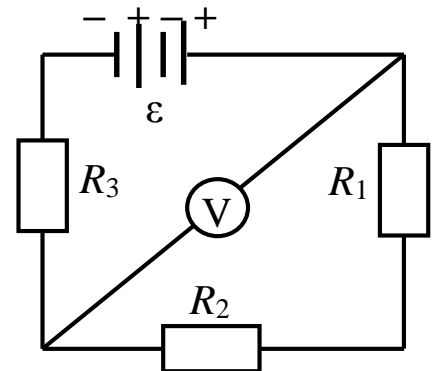
$[I_1 = 0,8 \text{ А}; I_2 = 0,3 \text{ А}; I_3 = 0,5 \text{ А}]$



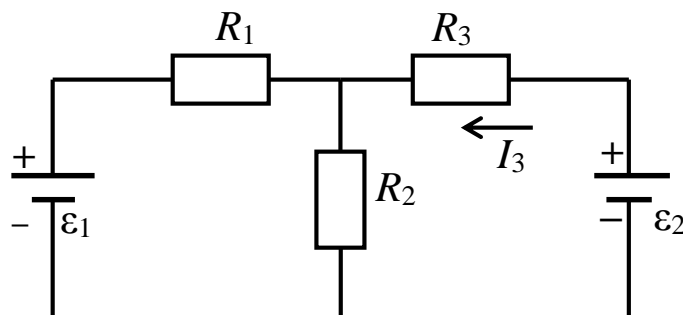
**2.119.** Два источника тока ( $\varepsilon_1 = 8 \text{ В}$ ,  $r_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$ ,  $r_2 = 1,5 \text{ Ом}$ ) и реостат ( $R = 10 \text{ Ом}$ ) соединены, как показано на рисунке. Вычислите силу тока  $I$ , текущего через реостат.  $[I = 0]$



**2.120.** Вольтметр показывает  $U = 200 \text{ В}$ , сопротивление вольтметра  $R_V = 800 \text{ Ом}$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ Ом}$ . Определите ЭДС  $\varepsilon$  батареи. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.  $[\varepsilon = 325 \text{ В}]$



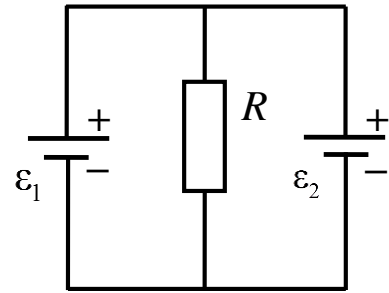
**2.121.** Определите силу тока  $I_3$  в резисторе сопротивлением  $R_3$  и напряжение  $U_3$  на концах резистора, если  $\varepsilon_1 = 4 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 3 \text{ В}$ ,  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 1 \text{ Ом}$ . Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.  $[I_3 = 0]$





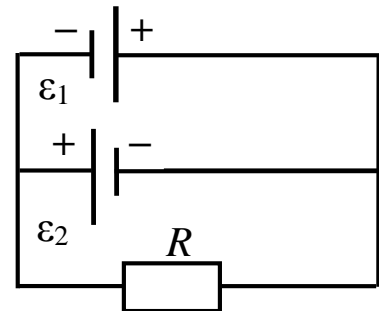
**2.122.** Два элемента с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 1 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 2 \text{ Ом}$  замкнуты на внешнее сопротивление  $R$ . Через элемент с ЭДС  $\varepsilon_1$  течет ток  $I_1 = 1 \text{ А}$ . Найдите сопротивление  $R$  и ток  $I_2$ , текущий через элемент с ЭДС  $\varepsilon_2$ , а также ток  $I$ , текущий через сопротивление  $R$ .

$[R = 0,67 \text{ Ом}; I_2 = 0,5 \text{ А}; I_3 = 1,5 \text{ А}]$

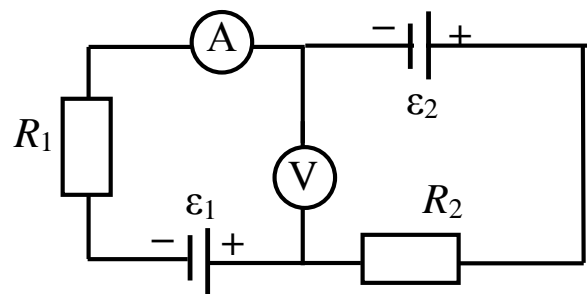


**2.123.** Две батареи аккумуляторов ( $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$ ,  $r_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $\varepsilon_2 = 8 \text{ В}$ ,  $r_2 = 2 \text{ Ом}$ ) и реостат ( $R = 6 \text{ Ом}$ ) соединены, как показано на рисунке. Найдите силу тока  $I_1$  и  $I_2$  в батареях и  $I$  в реостате.

$[I_1 = 6,4 \text{ А}; I_2 = 5,8 \text{ А}; I = 0,6 \text{ А}]$

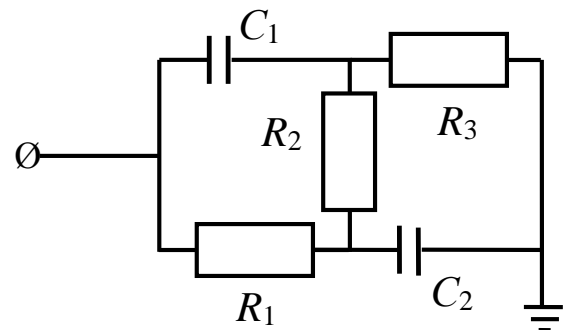


**2.124.** ЭДС элементов  $\varepsilon_1 = 11 \text{ В}$  и  $\varepsilon_2 = 22 \text{ В}$ , сопротивления  $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$ , сопротивление вольтметра  $R_V = 50 \text{ Ом}$ . Найдите показания  $U_V$  вольтметра. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.  $[U_V = 15 \text{ В}]$

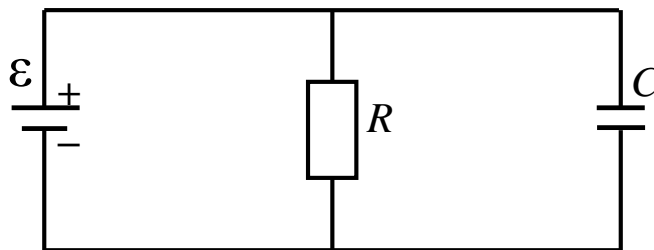


**2.125.** Конденсаторы емкостью  $C_1$  и  $C_2$  и резисторы, сопротивления которых равны  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ , включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Найдите заряд  $q_1$  на конденсаторе  $C_1$ . Напряжение  $U_0$  известно.

$[q_1 = \frac{C_1 U_0 (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}]$



**2.126.** Если внутреннее сопротивление источника тока  $r = 2$  Ом, его ЭДС  $\varepsilon = 24$  В, сопротивление резистора  $R = 10$  Ом, то электрический заряд  $q$  конденсатора емкостью  $C = 1000$  мкФ равен ... мКл.  
 [ $q = 20$  мКл]



**2.127.** Определите ЭДС  $\varepsilon$  аккумуляторной батареи, ток короткого замыкания в которой  $I_{\text{к.з.}} = 10$  А, если при подключении к ней резистора сопротивлением  $R = 9$  Ом сила тока в цепи равна  $I = 1$  А.  
 [ $\varepsilon = 10$  В]

**2.128.** Определите ток короткого замыкания  $I_{\text{к.з.}}$  источника ЭДС, если при внешнем сопротивлении  $R_1 = 50$  Ом ток в цепи  $I_1 = 0,2$  А, а при  $R_2 = 110$  Ом ток равен  $I_2 = 0,1$  А. [ $I_{\text{к.з.}} = 1,2$  А]

**2.129** Амперметр с внутренним сопротивлением  $R_A = 2$  Ом показывает ток  $I_A = 5$  А. Вольтметр с внутренним сопротивлением  $R_V = 150$  Ом, подключенный к той же батарее, показывает напряжение  $U_V = 12$  В. Найдите ток короткого замыкания  $I_{\text{к.з.}}$ . [ $I_{\text{к.з.}} = 29,6$  А]

**2.130.** Температура вольфрамовой ( $\rho = 5,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м при  $t_1 = 20$  °С,  $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}$  К $^{-1}$ ) нити электролампы равна  $t_2 = 2000$  °С, диаметр нити  $d = 0,02$  мм, сила тока в ней  $I = 4$  А. Определите напряженность  $E$  электрического поля в нити. [ $E = 6,7$  кВ/м]

**2.131.** Найдите количество теплоты  $Q$ , выделившееся в единицу времени в единице объема медного провода ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) при плотности тока  $j = 300$  кА/м $^2$ . [ $Q = 1,53$  кДж]

**2.132.** Определите напряженность  $E$  электрического поля в алюминиевом ( $\rho = 2,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) проводнике объемом  $V = 10$  см $^3$ , если при прохождении по нему постоянного тока за время  $t = 5$  мин выделялось количество теплоты  $Q = 2,3$  кДж. [ $E = 0,141$  В/м]

**2.133.** В медном ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) проводнике сечением  $S = 6$  мм<sup>2</sup> и длиной  $l = 5$  м течет ток. За время  $t = 1$  мин в проводнике выделяется количество теплоты  $Q = 18$  Дж. Определите напряженность  $E$  электрического поля, плотность  $j$  и силу  $I$  электрического тока в проводнике. [ $E = 1,3 \cdot 10^{-2}$  В/м;  $j = 7,7 \cdot 10^5$  А/м<sup>2</sup>;  $I = 4,6$  А]

**2.134.** На плитке мощностью  $P = 0,5$  кВт стоит чайник, в который налит объем  $V = 1$  л воды при температуре  $t_0 = 16$  °С. Вода в чайнике закипела через время  $\tau = 20$  мин после включения плитки. Какое количество теплоты  $Q$  потеряно при этом на нагревание самого чайника и на излучение? [ $Q = 247$  кДж]

**2.135.** Электрическая кастрюля и чайник, потребляющие мощности  $P_1 = 600$  Вт и  $P_2 = 300$  Вт, включены в сеть параллельно, и вода в них закипает одновременно через время  $t = 20$  мин. На сколько  $\Delta t$  минут позже закипит вода в кастрюле, чем в чайнике, если их включить последовательно? [ $\Delta t = 135$  мин]

**2.136.** В медном ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) проводнике длиной  $l = 2$  м и площадью поперечного сечения  $S = 0,4$  мм<sup>2</sup> идет ток. При этом каждую секунду выделяется количество теплоты, равное  $Q = 0,35$  Дж. Сколько электронов проходит за время  $t = 1$  с через поперечное сечение этого проводника. [ $N = 1,27 \cdot 10^{19}$ ]

**2.137.** Через поперечное сечение спирали нагревательного элемента паяльника каждую секунду проходит  $N = 5 \cdot 10^{18}$  электронов проводимости. Паяльник подключен в сеть напряжением  $U = 220$  В. Какое количество теплоты  $Q$  выделяется в спирали за время  $t = 1$  с? [ $Q = 176$  Дж]

**2.138.** Ползунок реостата перемещают с постоянной скоростью. Напряжение на зажимах реостата при этом неизменно и равно  $U = 10$  В. Зависимость силы тока от времени задана выражением  $I = kt$ , где  $k = 0,3$  А/с. Какое количество теплоты  $Q$  выделится в проводнике за первую минуту? Зависимостью сопротивления реостата от температуры пренебречь. [ $Q = 5,4$  кДж]

**2.139.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 120$  Ом равномерно возрастает от  $I_0 = 0$  до  $I_{\max} = 5$  А за время  $t = 15$  с. Определите выделившееся за это время в проводнике количество теплоты  $Q$ . [ $Q = 15$  кДж]

**2.140.** Определить количество тепла  $Q$ , выделившегося на участке сопротивлением  $R = 12$  Ом, если ток в течение  $t = 5$  с равномерно нарастает от  $I_1 = 2$  А до  $I_2 = 10$  А. [ $Q = 2,48$  кДж]

**2.141.** Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $t = 10$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 1$  кДж. Определите скорость  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  нарастания тока в проводнике, если его сопротивление  $R = 3$  Ом. [ $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 1$  А/с]

**2.142.** Имеется 120-вольтовая электрическая лампочка мощностью  $P = 40$  Вт. Какое добавочное сопротивление  $R$  надо включить последовательно с лампочкой, чтобы она давала нормальный накал при напряжении в сети  $U_0 = 220$  В? Какую длину  $l$  нихромовой ( $\rho = 10^{-6}$  Ом·м) проволоки диаметром  $d = 0,3$  мм надо взять, чтобы получить такое сопротивление? [ $R = 300$  Ом;  $l = 21,2$  м]

**2.143.** Источник тока замыкают сначала на внешнее сопротивление  $R_1 = 2$  Ом, а затем на внешнее сопротивление  $R_2 = 0,5$  Ом. Найдите ЭДС  $\varepsilon$  батареи и его внутреннее сопротивление  $r$ , если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяющаяся во внешней цепи, одинакова и равна  $P = 3,56$  Вт. [ $\varepsilon = 4$  В,  $r = 1$  Ом]

**2.144.** Какая мощность  $P_2$  будет выделяться в электропечи, когда она нагреется до температуры  $t_2 = 1000$  °С, если при температуре печи  $t_1 = 500$  °С в ней выделяется мощность  $P_1 = 480$  Вт? Температурный коэффициент сопротивления проволоки печи  $\alpha = 0,005$  К<sup>-1</sup>. [ $P_2 = 280$  Вт]

**2.145.** Какую мощность  $P$  потребляет нагреватель электрического чайника, если объем  $V = 1$  л воды закипает через время  $\tau = 5$  мин? Чему равно сопротивление  $R$  нагревателя, если напряжение в сети  $U = 120$  В? Начальная температура воды  $t_0 = 13,5$  °С. [ $P = 1,2$  кВт;  $R = 12$  Ом]

**2.146.** Внутреннее сопротивление аккумулятора  $r = 2$  Ом. При замыкании его одним резистором сила тока равна  $I_1 = 4$  А, при замыкании другим –  $I_2 = 2$  А. Во внешней цепи в обоих случаях выделяется одинаковая мощность  $P$ . Определите ЭДС аккумулятора  $\varepsilon$  и внешние сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ . [ $\varepsilon = 12$  В;  $R_1 = 1$  Ом;  $R_2 = 4$  Ом]

**2.147.** Элемент с ЭДС  $\varepsilon = 240$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом замкнут на внешнее сопротивление  $R = 23$  Ом. Определите полную мощность  $P_0$ , полезную мощность  $P$  и КПД батареи. [ $P_0 = 2,4$  кВт;  $P = 2,3$  кВт;  $\eta = 96\%$ ]

**2.148.** Элемент, имеющий ЭДС  $\varepsilon = 1,1$  В и внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом, замкнут на внешнее сопротивление  $R = 9$  Ом. Найти ток  $I$  в цепи, падение потенциала  $U$  во внешней цепи и падение потенциала  $U_r$  внутри элемента. С каким КПД работает элемент? [ $I = 0,11$  А;  $U = 0,99$  В;  $\eta = 90\%$ ]

**2.149.** Внутреннее сопротивление аккумулятора  $r = 1$  Ом. При силе тока  $I = 2$  А его КПД равен  $\eta = 0,8$ . Определите ЭДС аккумулятора. [ $\varepsilon = 10$  В]

**2.150.** Объем  $V = 4,5$  л воды можно вскипятить, затратив электрическую энергию  $W = 0,5$  кВт·ч. Начальная температура воды  $t_0 = 23$  °С. Определите КПД нагревателя. [ $\eta = 80\%$ ]

### 3. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ И ВЕЩЕСТВЕ

#### Основные формулы:

Закон Био-Савара-Лапласа

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3},$$
$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl,$$

где  $d\vec{B}$  – магнитная индукция поля, создаваемого малым участком проводника с током (элементом тока) в определенной точке,  $d\vec{l}$  – вектор, по модулю равный длине  $dl$  элемента проводника и совпадающий по направлению с током,  $\vec{r}$  – радиус-вектор, проведенный из элемента  $dl$  проводника в данную точку поля,  $r$  – расстояние от элемента тока до точки поля,  $\mu$  – магнитная проницаемость среды,  $\alpha$  – угол между векторами  $d\vec{l}$  и  $\vec{r}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная.

Магнитная индукция в центре кругового тока радиуса  $R$

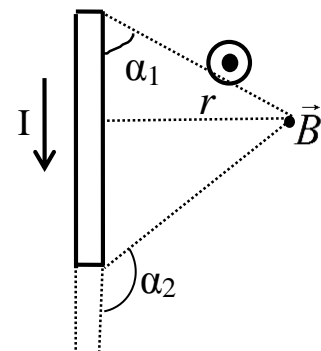
$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \frac{I}{R}.$$

Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током, на расстоянии  $r$  от проводника

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \frac{I}{R}.$$

Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком проводника с током,

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2).$$



Магнитная индукция поля, создаваемого соленоидом в средней его части,

$$B = \mu_0 \mu n I,$$

где  $n$  – число витков, приходящихся на единицу длину соленоида.

Магнитная индукция поля, создаваемого точечным зарядом,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{q[\vec{v}, \vec{r}]}{r^3},$$
$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{qv}{r^2} \sin \alpha,$$

где  $q$  – величина заряда,  $\vec{v}$  – вектор его скорости,  $\vec{r}$  – радиус-вектор, проведенный от заряда  $q$  к точке наблюдения,  $r$  – расстояние от заряда до данной точки поля,  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{v}$  и  $\vec{r}$ .

Принцип суперпозиции магнитных полей

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n.$$

Связь магнитной индукции с напряженностью  $\vec{H}$  магнитного поля

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}.$$

Закон Ампера

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}],$$
$$dF = IBl \sin \alpha,$$

где  $I$  – сила тока в проводнике,  $d\vec{l}$  – вектор, по модулю равный длине  $dl$  элемента проводника с током и совпадающий по направлению с направлением тока,  $\vec{B}$  – вектор магнитной индукции поля,  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{B}$  и  $d\vec{l}$ .

Сила взаимодействия двух бесконечных прямолинейных параллельных проводников с токами  $I_1$  и  $I_2$

$$F = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{r} l,$$

где  $l$  – длина участка проводников,  $r$  – расстояние между ними.

Магнитный момент контура с током

$$\vec{p}_m = N \cdot I \cdot S \cdot \vec{n},$$
$$p_m = N \cdot I \cdot S,$$

где  $N$  – число витков,  $I$  – сила тока,  $S$  – площадь поверхности, ограниченной контуром,  $\vec{n}$  – единичный вектор нормали к плоскости контура.

Механический момент, действующий на контур с током, помещенный в однородное магнитное поле

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}],$$
$$M = p_m B \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{p}_m$  и  $\vec{B}$ .

Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле со скоростью  $v$  (магнитная составляющая силы Лоренца)

$$\vec{F} = q[\vec{v}, \vec{B}],$$
$$F = qvB \sin \alpha,$$

где  $\vec{v}$  – вектор скорости заряда,  $\vec{B}$  – вектор магнитной индукции поля, в котором заряд движется,  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$ .

Сила Лоренца, действующая на заряд, движущийся в электрическом и магнитном полях

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}, \vec{B}],$$

где  $\vec{E}$  – напряженность электрического поля.

Закон полного тока для магнитного поля в вакууме (теорема о циркуляции вектора  $\vec{B}$ )

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B_l dl = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i,$$

где  $\sum_{i=1}^n I_i$  – алгебраическая сумма токов, охватываемых контуром  $L$ .

Закон полного тока для магнитного поля в веществе (теорема о циркуляции вектора  $\vec{H}$ )

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \oint_L H_l dl = \sum_{i=1}^n I_i.$$

Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток) через плоский контур

$$\Phi_B = BS \cos \alpha,$$

где  $S$  – площадь контура,  $\alpha$  – угол между вектором  $\vec{B}$  и нормалью  $\vec{n}$  к плоскости контура.



Поток вектора магнитной индукции через замкнутую поверхность (теорема Гаусса)

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = \oint_S B_n dS = 0.$$

Потокосцепление или полный магнитный поток, сцепленный с контуром

$$\Psi = N\Phi = LI,$$

где  $N$  – число витков контура,  $\Phi$  – магнитный поток через один виток,  $L$  – индуктивность контура.

Индуктивность соленоида

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} S = \mu_0 \mu n^2 l S = \mu_0 \mu n^2 V,$$

где  $l$  – длина соленоида,  $S$  – площадь его поперечного сечения,  $N$  – число витков,  $n$  – число витков, приходящихся на единицу длины.

Работа сил магнитного поля (сил Ампера), совершаемая при перемещении или повороте контура с током в магнитном поле,

$$A = I(\Psi_2 - \Psi_1),$$

где  $\Psi_2$  и  $\Psi_1$  – потокосцепление, пронизывающее контур, в конечном и начальном его положениях.

Работа внешних сил при повороте контура с током в магнитном поле

$$A = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} M d\alpha = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} p_m B \sin \alpha d\alpha,$$

где  $M$  – вращающий момент, действующий на контур с током,  $\alpha_2$  и  $\alpha_1$  – угол между векторами  $\vec{p}_m$  и  $\vec{B}$  в конечном и начальном положениях контура.

Энергия магнитного поля контура с током

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Объемная плотность энергии однородного магнитного поля

$$\omega = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}.$$

## Намагниченность магнетика

$$\vec{J} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_m}{\Delta V},$$

где  $\sum_{i=1}^n \vec{p}_m$  – сумма магнитных моментов отдельных молекул (атомов), заключенных в элементе объема  $\Delta V$  магнетика.

## Намагниченность однородного магнетика

$$\vec{J} = n \langle \vec{p}_m \rangle,$$

где  $n$  – концентрация атомов (молекул) магнетика,  $\langle \vec{p}_m \rangle$  – среднее значение вектора магнитного момента молекулы (атома).

Зависимость намагниченности магнетика от напряженности намагничивающего поля

$$\vec{J} = \chi \vec{H},$$

где  $\chi = \mu - 1$  – магнитная восприимчивость магнетика.

Закон Кюри (выполняется для парамагнитного вещества)

$$\chi = \frac{C}{T},$$

где  $C$  – постоянная Кюри, зависящая от природы вещества,  $T$  – термодинамическая температура.

## Индукция магнитного поля в магнетике

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}',$$

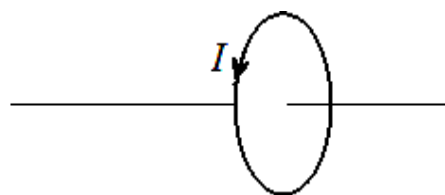
$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{J} = \mu_0 \mu \vec{H},$$

где  $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$  – индукция внешнего магнитного поля (поля макротоков),  $\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}$  – индукция внутреннего магнитного поля (поля микротоков).

## Тестовые задания

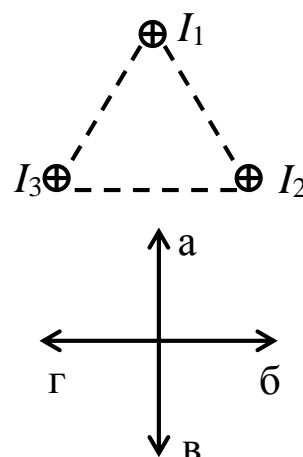
**3.1.** Вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  кругового тока направлен ...

- 1) по оси контура влево
- 2) по оси контура вправо
- 3) по направлению тока
- 4) против направления тока
- 5) равен нулю



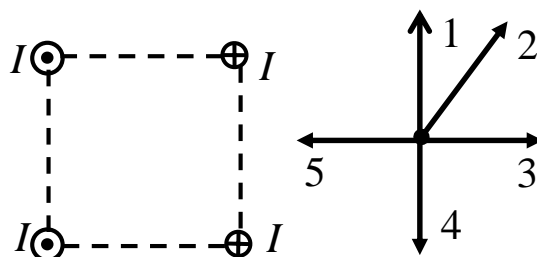
**3.2.** Три параллельных проводника, по которым текут одинаковые токи  $I$ , расположены в вершинах равностороннего треугольника. Магнитная индукция  $\vec{B}$  в центре треугольника имеет направление ...

- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г
- 5) среди ответов 1 – 4 нет верного



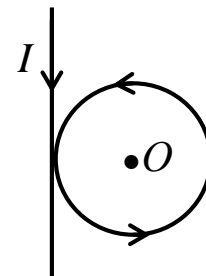
**3.3.** Четыре параллельных провода с одинаковыми по величине токами  $I$  расположены в вершинах квадрата. Магнитная индукция  $\vec{B}$  в центре квадрата имеет направление ...

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5



**3.4.** Бесконечно длинный прямолинейный проводник имеет плоскую петлю. Магнитная индукция  $\vec{B}$  в точке  $O$  направлена ...

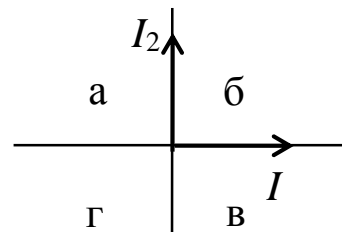
- 1) от нас
- 2) влево
- 3) на нас
- 4) вправо
- 5) равна нулю



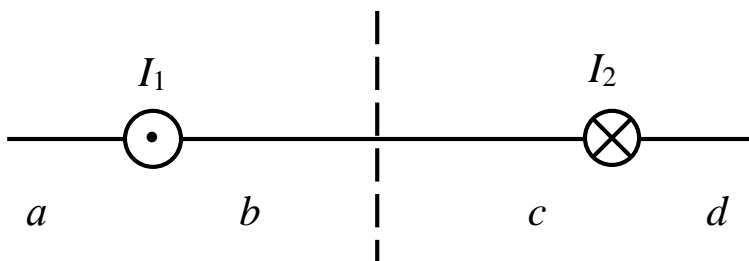
**3.5.** По двум бесконечным прямолинейным проводникам, расположенным в одной плоскости, текут токи  $I_1$  и  $I_2$  во взаимно перпендикулярных направлениях. Точки магнитного поля, в которых

индукция  $\vec{B}$  результирующего магнитного поля равна нулю, находятся в областях ...

- 1) а, б      2) б, в      3) а, в      4) б, г      5) в, г

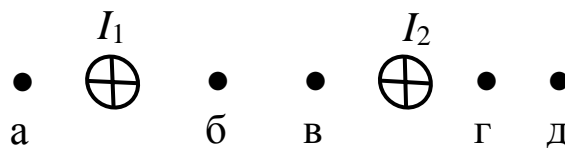


**3.6.** На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных бесконечно длинных проводников с противоположно направленными токами, причем  $I_2 = 2 I_1$ . Индукция  $\vec{B}$  результирующего магнитного поля равна нулю в некоторой точке интервала ...



- 1) а                      2) б                      3) с                      4) д

**3.7.** По двум бесконечно длинным проводникам перпендикулярно плоскости чертежа текут токи  $I_1 = 2 I_2$ . Индукция магнитного поля  $B$  максимальна в точке ...



- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

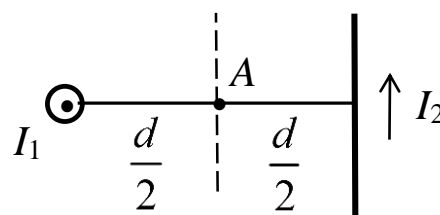
**3.8.** По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I = 50$  А. Магнитная индукция  $B$  в точке, удаленной на расстояние  $r = 5$  см от проводника, равна ... мкТл.

- 1) 100                  2) 200                  3) 380                  4) 420                  5) 550

**3.9.** Магнитная индукция в центре кругового витка радиусом  $R = 0,1$  м, по которому течет ток  $I = 2$  А, равна ... мкТл.

- 1) 3,14                  2) 6,28                  3) 7,25                  4) 10,25                  5) 12,56

**3.10.** Два бесконечно длинных проводника скрещены под прямым углом. По проводам текут токи, силой  $I_1 = 80$  А и  $I_2 = 60$  А. Расстояние между проводами  $d = 10$  см. Магнитная индукция  $B$  в точке  $A$ , одинаково удаленной от обоих проводников, равна ... мкТл.

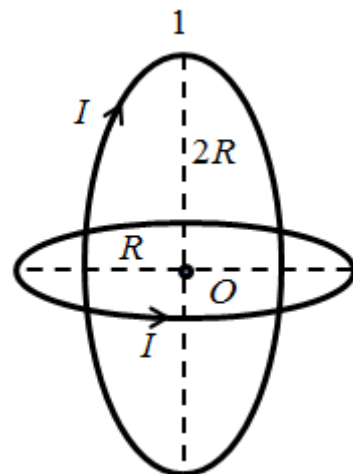


- 1) 80                      2) 240                      3) 360                      4) 400                      5) 560

**3.11.** Замкнутый контур с током имеет форму квадрата со стороной  $a$ . Сила тока в контуре  $I$ . Магнитная индукция  $B$  в центре квадрата равна ...

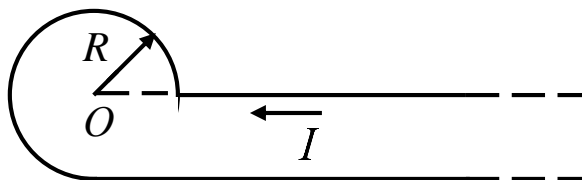
- 1)  $2 \frac{\mu_0 I}{\pi a}$                       2)  $\frac{\mu_0 I}{\pi a}$                       3)  $2\sqrt{2} \frac{\mu_0 I}{\pi a}$                       4)  $\sqrt{2} \frac{\mu_0 I}{\pi a}$                       5)  $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

**3.12.** Два круговых витка с одинаковыми токами  $I_1 = I_2 = I$  расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях так, что их центры совпадают. Если индукция магнитного поля, создаваемого витком радиуса  $R$ , в точке  $O$  равна  $B_0 = 0,2$  Тл, то индукция  $B$  результирующего магнитного поля в этой точке равна ... Тл.



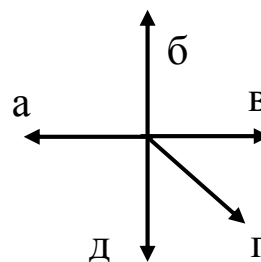
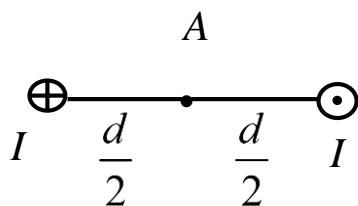
- 1) 0,3                      2)  $0,2\sqrt{2}$                       3) 0,1                      4) 0,4                      5)  $0,1\sqrt{5}$

**3.13.** По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Радиус изогнутой части контура равен  $R = 20$  см. Магнитная индукция  $B$ , создаваемая током в точке  $O$ , равна ... мкТл.



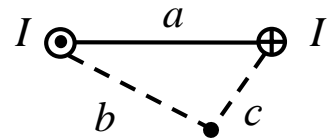
- 1) 314                      2) 286                      3) 236                      4) 100                      5) 50

**3.14.** На рисунке изображено сечение двух бесконечно длинных проводников с током  $I$ . Напряженность  $H$  магнитного поля в точке  $A$  имеет направление ...



- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**3.15.** Два прямолинейных бесконечно длинных провода расположены параллельно на расстоянии  $a = 5$  см друг от друга.



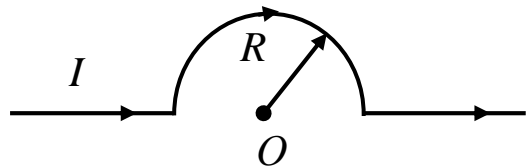
По проводникам текут одинаковые токи  $I = 5$  А в противоположных направлениях. Напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $b = 3$  см от одного и  $c = 4$  см от другого провода, равна ... А/м.

- 1) 30                      2) 33                      3) 47                      4) 50                      5) 66

**3.16.** По круговому витку идет ток силой  $I$ . Если из этого витка сделать три витка втрое меньшего радиуса  $R$ , то напряженность  $H$  магнитного поля в центре витка ...

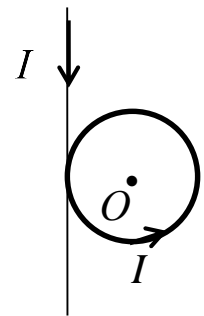
- 1) уменьшится в 9 раз
- 2) не изменится
- 3) уменьшится в 3 раза
- 4) увеличится в 3 раза
- 5) увеличится в 9 раз

**3.17.** По тонкому проводу течет ток  $I = 5$  А. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре полукольца радиуса  $R = 5$  см равна ... А/м.



- 1) 2,5                      2) 5                      3) 25                      4) 50                      5) 100

**3.18.** К бесконечно длинному прямолинейному проводнику с током  $I = 10$  А примыкает круговой виток радиуса  $R = 5$  см, по которому протекает такой же ток. Напряженность магнитного поля в центре витка равна ... и имеет направление ...



- 1) 31,8 А/м, от нас
- 2) 100 А/м, к нам
- 3) 131,8 А/м, к нам
- 4) 131,8 А/м, от нас
- 5) 68,2 А/м, к нам

**3.19.** По витку, имеющему форму квадрата со стороной  $a = 20$  см, течет ток  $I = 5$  А. Напряженность  $H$  магнитного поля в точке пересечения диагоналей равна ... А/м.

- 1) 22,5                      2) 10,3                      3) 5,6                      4) 1,3                      5) 0

**3.20.** Соленоид длиной  $l = 50$  см, диаметр которого мал по сравнению с его длиной, имеет  $N = 1000$  витков. Напряженность  $H$  магнитного поля внутри соленоида, если по нему проходит ток  $I = 2$  А, равна ... А/м.

- 1) 100                      2) 400                      3) 1000                      4) 2000                      5) 4000

**3.21.** Длинный соленоид, по которому течет ток  $I = 0,4$  А содержит  $N = 500$  витков. Если напряженность магнитного поля на его оси составляет  $H = 1000$  А/м, то длина соленоида  $l$  равна ... м.

- 1) 0,2                      2) 0,08                      3) 0,3                      4) 0,8                      5) 0,4

**3.22.** Уравнение, отражающее отсутствие в природе магнитных зарядов, имеет вид ...

А.  $\oint_L E_l dl = 0$                       Б.  $\oint_S B_n dS = 0$                       В.  $\oint_L B_l dl = 0$

Г.  $\oint_S D_n dS = 0$                       Д.  $\oint_L H_l dl = \sum_{i=1}^n I_i$

- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г                      5) Д

**3.23.** Прямоугольный контур  $L$  охватывает  $N$  витков катушки длиной  $l$ , по которой протекает ток  $I$ . Циркуляция вектора напряженности магнитного поля вдоль данного контура равна ...

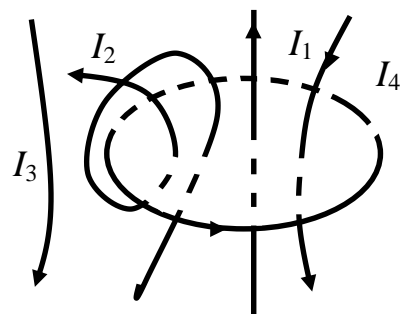
- 1)  $\mu_0 \mu NI$                       2)  $\mu_0 \mu \frac{NI}{l}$                       3)  $NI$                       4)  $\frac{NI}{l}$                       5)  $\frac{NI}{\mu_0 \mu}$

**3.24.** Циркуляция вектора напряженности магнитного поля вдоль произвольного контура  $L$ , охватывающего токи  $I_1 = 18$  А,  $I_2 = 10$  А, текущие в одном направлении, и ток  $I_3 = 18$  А, текущий в противоположном направлении, равна ... А.

- 1) 28                      2) 10                      3) 21                      4) 15                      5) 25

**3.25.** По проводникам текут токи  $I_1 = 2$  А,  $I_2 = 5$  А,  $I_3 = 20$  А,  $I_4 = 7$  А. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля вдоль контура  $L$ , показанного на рисунке, равна ... А.

- 1) 34                      2) 19                      3) 15                      4) 14                      5) 5



**3.26.** Замкнутый контур охватывает пять проводников с одинаковыми токами  $I$ , текущими в одном направлении. Если изменить направление токов в двух проводниках на противоположное, то циркуляция вектора магнитной индукции вдоль этого контура ...

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

**3.27.** Замкнутый контур охватывает 5 проводников с токами, текущими в одном направлении. При увеличении силы тока  $I$  в каждом проводнике в 2 раза циркуляция вектора напряженности магнитного поля вдоль этого контура ...

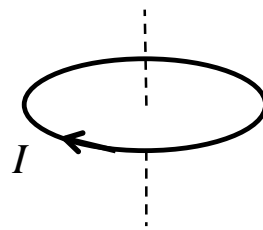
- 1) не изменится
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) увеличится в 10 раз
- 4) уменьшится в 2 раза
- 5) уменьшится в 10 раз

**3.28.** По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью  $j = 2 \text{ MA/m}^2$ . Циркуляция вектора напряженности вдоль окружности радиуса  $R = 5 \text{ мм}$ , проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость перпендикулярна вектору плотности тока  $\vec{j}$ , равна ... А.

- 1)  $2 \cdot 10^6$       2)  $1,57 \cdot 10^8$       3)  $2,5 \cdot 10^{10}$       4) 50      5) 157

**3.29.** Магнитный момент  $\vec{p}_m$  кругового тока, изображенный на рисунке, направлен ...

- 1) влево
- 2) по направлению тока
- 3) против направления тока
- 4) вниз в плоскости рисунка
- 5) вверх в плоскости рисунка



**3.30.** По витку радиуса  $r = 5 \text{ см}$  течет ток силой  $I = 10 \text{ А}$ . Магнитный момент  $p_m$  кругового тока равен ...  $\text{А} \cdot \text{м}^2$ .

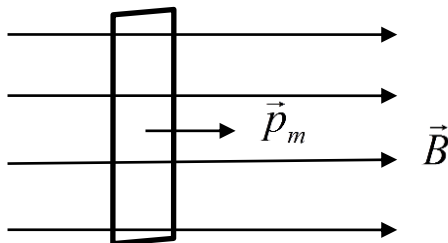
- 1)  $78,5 \cdot 10^{-3}$       2)  $50 \cdot 10^{-3}$       3)  $4 \cdot 10^{-3}$       4) 50      5) 80,5



**3.31.** Напряженность магнитного поля в центре кругового тока равна  $H = 200$  А/м. Магнитный момент витка равен  $p_m = 1$  А·м<sup>2</sup>. Сила тока  $I$  в витке равна ... А.

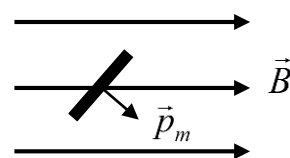
- 1) 226                      2) 37                      3) 13,7                      4) 3,7                      5) 1,37

**3.32.** Рамка с током с магнитным моментом  $\vec{p}_m$  расположена в однородном магнитном поле так, как показано на рисунке. Момент сил  $\vec{M}$ , действующих на рамку, направлен ...



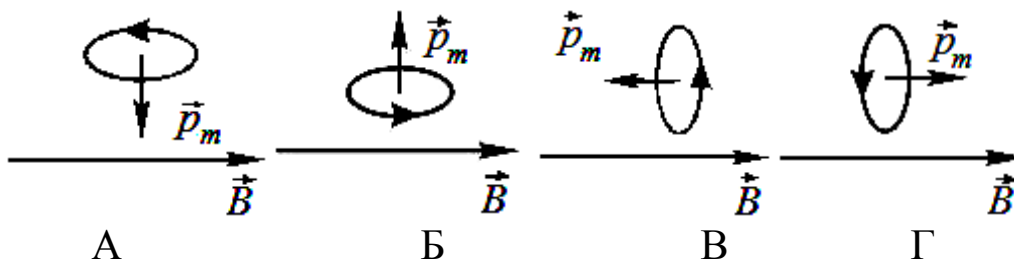
- 1) перпендикулярно плоскости рисунка к нам
- 2) по направлению вектора магнитной индукции
- 3) перпендикулярно плоскости рисунка от нас
- 4) противоположно вектору магнитной индукции
- 5) равен нулю

**3.33.** Рамка с током с магнитным моментом  $\vec{p}_m$ , направление которого указано на рисунке, находится в однородном магнитном поле. Момент сил  $\vec{M}$ , действующих на рамку, направлен ...



- 1) по направлению вектора магнитной индукции
- 2) перпендикулярно плоскости рисунка от нас
- 3) перпендикулярно плоскости рисунка к нам
- 4) противоположно вектору магнитной индукции

**3.34.** Магнитный момент  $\vec{p}_m$  контура с током ориентирован во внешнем магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  так, как показано на рисунках. Положение рамки устойчиво и момент сил  $\vec{M}$ , действующих на нее, равен нулю в случае ...



1) А

2) Б

3) В

4) Г

**3.35.** Плоская прямоугольная катушка из  $N = 200$  витков со сторонами  $a = 10$  см и  $b = 15$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл. Сила тока в катушке  $I = 2$  А. Максимальный вращающий момент  $M_{\max}$ , действующий в этом поле на катушку, равен ... Н·м.

1) 0,05

2) 0,3

3) 0,5

4) 1

5) 2

**3.36.** На проволочный виток радиуса  $r = 10$  см, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный механический момент  $M_{\max} = 6,5$  мкН. Сила тока в витке  $I = 2$  А. Если пренебречь действием магнитного поля Земли, то магнитная индукция  $B$  поля между полюсами магнита равна ... мкТл.

1) 0,10

2) 0,41

3) 10

4) 104

5) 414

**3.37.** Квадратная рамка, содержащая  $N = 100$  витков тонкой проволоки, помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции, сторона рамки  $a = 4$  см. Механический момент сил  $M$ , действующих на рамку со стороны магнитного поля, при пропускании по ней тока  $I = 1$  мА равен ... мкН·м.

1) 0

2) 0,16

3) 16

4) 400

5) 1600

**3.38.** Прямоугольная рамка с током  $I$  находится в однородном магнитном поле. В результате действия магнитного поля на рамку она будет ...

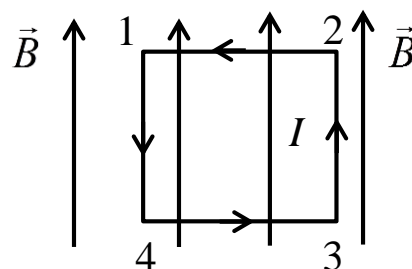
1) сместиться вниз

2) сместиться вверх

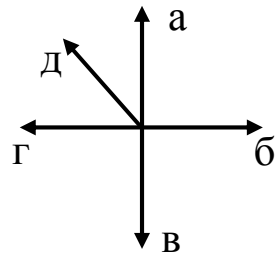
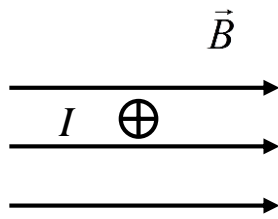
3) покоиться

4) поворачиваться стороной 3-4 к нам

5) поворачиваться стороной 3-4 от нас

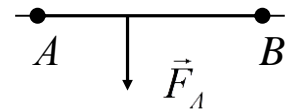


**3.39.** Сила  $\vec{F}_A$ , действующая на проводник с током в магнитном поле, направлена ...



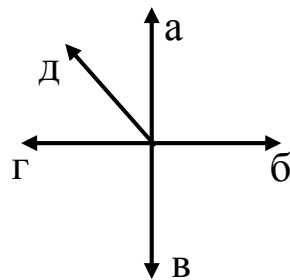
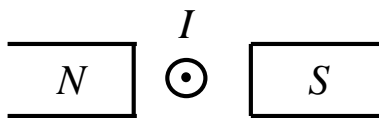
- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**3.40.** По проводнику  $AB$  протекает постоянный ток  $I$ . Проводник помещен в однородное магнитное поле. Если потенциал  $\varphi_B$  точки  $B$  больше потенциала  $\varphi_A$  точки  $A$ , а направление силы Ампера  $\vec{F}_A$ , действующей на проводник, указано на рисунке, то линии индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлены ...



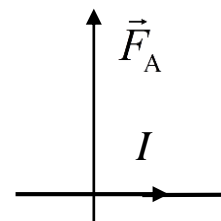
- 1) вверх                2) влево                3) вправо                4) вниз                5) от нас

**3.41.** Сила  $\vec{F}_A$ , действующая на проводник с током в магнитном поле, направлена ...



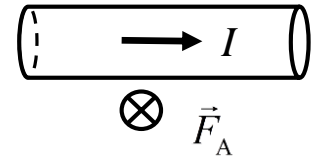
- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**3.42.** Проводник с током расположен в магнитном поле. На рисунке показаны направления тока в проводнике и силы Ампера  $\vec{F}_A$ , действующей на него. Магнитное поле направлено ...



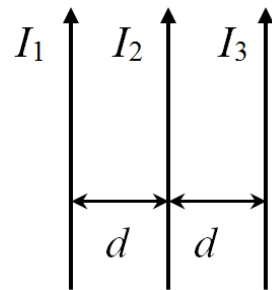
- 1) от нас                2) к нам                3) вправо                4) влево                5) вниз

**3.43.** В однородном магнитном поле на горизонтальный проводник с током, направленным вправо, действует сила Ампера  $\vec{F}_A$ , направленная перпендикулярно плоскости рисунка от наблюдателя. При этом линии магнитной индукции  $\vec{B}$  поля направлены ...



- 1) вверх
- 2) вниз
- 3) влево
- 4) вправо
- 5) перпендикулярно плоскости рисунка

**3.44.** Три бесконечно длинных параллельных проводника с одинаковыми токами  $I_1 = I_2 = I_3$  расположены на равных расстояниях друг от друга. Силы  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ , действующие на проводники, имеют направления ...



- 1) 0,  $\rightarrow$ , 0
- 2)  $\leftarrow$ , 0,  $\leftarrow$
- 3)  $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$
- 4)  $\rightarrow$ , 0,  $\rightarrow$
- 5)  $\rightarrow$ , 0,  $\leftarrow$

**3.45.** Прямой провод, по которому течет ток  $I = 1$  кА, расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Сила  $F$ , с которой поле действует на отрезок провода длиной  $l = 1$  м, равна ...кН.

- 1) 1,0
- 2) 2,5
- 3) 30
- 4) 20
- 5) 10

**3.46.** Между полюсами электромагнита создается однородное магнитное поле с индукцией  $B = 7,9 \cdot 10^{-2}$  Тл. В поле помещают проводник с током  $I = 10$  А и длиной  $l = 0,7$  м так, что на него действует максимальная сила  $F_{\max}$ . Чтобы уменьшить эту силу в два раза, надо повернуть проводник на угол  $\alpha$ , равный ...

- 1)  $30^\circ$
- 2)  $45^\circ$
- 3)  $60^\circ$
- 4)  $90^\circ$
- 5)  $180^\circ$

**3.47.** В проводнике длиной  $l = 0,3$  м сила тока равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I = 1$  А. Проводник расположен перпендикулярно магнитному полю, индукция которого  $B = 0,2$  Тл. Средняя сила  $F_{\text{ср}}$ , действующая на проводник, равна ... мН.

- 1) 60
- 2) 30
- 3) 15
- 4) 10
- 5) 0

**3.48.** Два параллельных бесконечно длинных проводника с токами  $I_1 = I_2 = 10$  А взаимодействуют с силой  $F = 1$  мН на  $l = 1$  м их длины. Проводники находятся на расстоянии  $r$ , равном ... м.

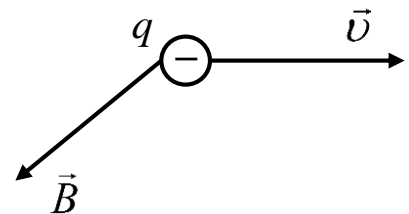
- 1) 0,9                    2) 0,05                    3) 0,04                    4) 0,02                    5) 0,01

**3.49.** При увеличении силы тока  $I$  в одном прямолинейном проводнике в 2 раза, а в другом в 5 раз, сила магнитного взаимодействия  $F$  между ними ...

- 1) уменьшится в 2,5 раза  
 2) уменьшится в 10 раз  
 3) увеличится в 2 раза  
 4) увеличится в 2,5 раза  
 5) увеличится в 10 раз

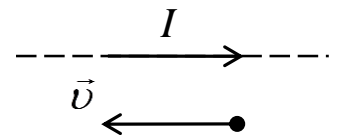
**3.50.** Электрон движется в магнитном поле так, как показано на рисунке. Действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}_L$  направлена ...

- 1) вверх                    2) вниз                    3) направо  
 4) налево                    5) к нам



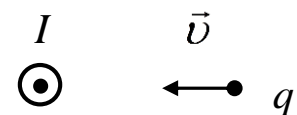
**3.51.** Протон имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током  $I$ . Сила Лоренца  $\vec{F}_L$ , действующая на протон, направлена ...

- 1) вертикально вверх в плоскости рисунка  $\uparrow$   
 2) вертикально вниз в плоскости рисунка  $\downarrow$   
 3) равна нулю  
 4) горизонтально вправо в плоскости рисунка  $\rightarrow$   
 5) горизонтально влево в плоскости рисунка  $\leftarrow$

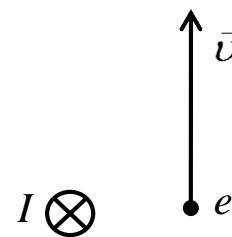


**3.52.** Вблизи длинного проводника с током (ток направлен к нам) пролетает электрон со скоростью  $\vec{v}$ . Сила Лоренца  $\vec{F}_L$ , действующая на электрон, ...

- 1) направлена к нам                    2) направлена от нас                    3) направлена влево  
 4) равна нулю                    5) направлена вправо

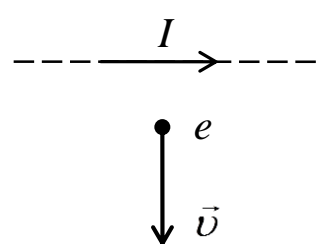


3.53. Вблизи длинного проводника с током (ток направлен от нас) пролетает электрон со скоростью  $\vec{v}$ . Сила Лоренца  $\vec{F}_L$ , действующая на электрон, ...



- 1) направлена от нас
- 2) направлена вправо
- 3) направлена к нам
- 4) направлена влево
- 5) равна нулю

3.54. Электрон имеет скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную прямому длинному проводу с током  $I$ . Сила Лоренца  $\vec{F}_L$ , действующая на электрон, направлена ...

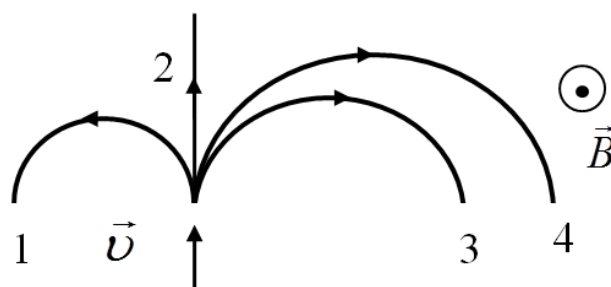


- 1) вертикально вверх в плоскости рисунка  $\uparrow$
- 2) горизонтально вправо в плоскости рисунка  $\rightarrow$
- 3) горизонтально влево в плоскости рисунка  $\leftarrow$
- 4) вертикально вниз в плоскости рисунка  $\downarrow$
- 5) равна нулю

3.55. Электрон влетает в магнитное поле так, что его скорость  $\vec{v}$  параллельна линиям индукции  $\vec{B}$  магнитного поля. Траектория движения электрона в магнитном поле представляет собой ...

- |               |                   |                 |
|---------------|-------------------|-----------------|
| 1) окружность | 2) гиперболу      | 3) прямую линию |
| 4) параболу   | 5) винтовую линию |                 |

3.56. На рисунке указаны траектории заряженных частиц, имеющих одинаковую скорость  $\vec{v}$  и влетающих в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости чертежа. При этом для частиц 1, 2 и 3 соответственно ...



- А.  $q > 0$                       Б.  $q = 0$                       В.  $q < 0$
- 1) А, Б, В            2) В, Б, А            3) А, В, Б            4) В, А, Б            5) Б, А, В

**3.57.** Если положительно заряженная частица, заряд которой  $q$ , движется в магнитном поле по окружности радиусом  $R$ , то импульс  $p$  частицы равен ...

- 1)  $\frac{qR}{B}$       2)  $\frac{qB}{R}$       3)  $qBR$       4)  $\frac{B}{qR}$       5)  $\frac{q}{BR}$

**3.58.** Протон ( $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл) движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ . Если период обращения протона  $T = 15$  мкс, то индукция  $B$  магнитного поля равна ... мТл.

- 1) 1,6      2) 2,4      3) 3,2      4) 4,4      5) 4,8

**3.59.** Электрон ( $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл) влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 1,26$  мТл, перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $v = 2 \cdot 10^6$  м/с. Радиус  $R$  окружности, по которой будет двигаться электрон, равен ... мм.

- 1) 9,0      2) 4,5      3) 1,5      4) 2,7      5) 7,2

**3.60.** Два электрона вращаются в однородном магнитном поле. Если их скорости относятся как  $\frac{v_1}{v_2} = 2$ , то отношение радиусов их

вращения  $\frac{R_1}{R_2}$  равно ...

- 1)  $\frac{1}{4}$       2)  $\frac{1}{2}$       3) 1      4) 2      5) 4

**3.61.** В магнитном поле, индукция которого  $B = 1$  Тл, по круговой орбите радиуса  $R = 45$  см движется  $\alpha$ -частица. ( $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m = 6,64 \cdot 10^{-27}$  кг). Скорость  $\alpha$ -частицы равна ... м/с.

- 1)  $1,1 \cdot 10^6$       2)  $2,2 \cdot 10^6$       3)  $4,4 \cdot 10^6$       4)  $1,1 \cdot 10^7$       5)  $2,2 \cdot 10^7$

**3.62.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл по окружности. Угловая скорость  $\omega$  вращения электрона равна ... рад/с.

- 1)  $1,06 \cdot 10^{10}$       2)  $1,76 \cdot 10^{10}$       3)  $4,2 \cdot 10^{10}$       4)  $3,75 \cdot 10^{10}$       5)  $7,16 \cdot 10^{10}$

**3.63.** Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$ . Магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока ...

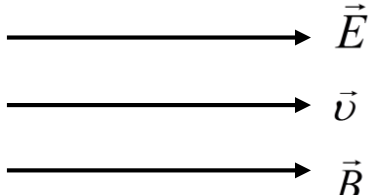
- 1)  $\frac{e^2 B}{2\pi R^2}$       2)  $\frac{e^2 B}{2\pi m}$       3)  $\frac{mv}{eB}$       4)  $\frac{2m}{e^2 B R^2}$       5)  $\frac{e^2 B R^2}{2m}$

**3.64.** Заряженная частица, обладающая кинетической энергией  $W$ , движется в однородном магнитном поле по окружности. Если магнитное поле действует на частицу с силой  $F$ , радиус окружности  $R$  определяется по формуле ...

- 1)  $\frac{2W}{F}$       2)  $\frac{W}{F}$       3)  $FW$       4)  $\frac{2F}{W}$       5)  $\frac{F}{W}$

**3.65.** Однородное электрическое поле напряженностью  $E = 20$  кВ/м и однородное магнитное поле напряженностью  $H = 3200$  А/м взаимно перпендикулярны. В этих полях прямолинейно движется электрон. Скорость  $v$  электрона равна ... км/с.

- 1) 5000      2) 4500      3) 4000      4) 3500      5) 2000

**3.66.** Протон влетает со скоростью  $\vec{v}$  в  однородные, совпадающее по направлению, электрическое и магнитное поля. Частица движется ...

- 1) по прямой линии, параллельной  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$  равномерно  
 2) по винтовой линии  
 3) по окружности равномерно  
 4) по окружности с ускорением  
 5) по прямой линии, параллельной  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$  с ускорением

**3.67.** Протон влетает в магнитное поле, индукция  $\vec{B}$  которого перпендикулярна вектору скорости  $\vec{v}$ . Если направление движения протона при выходе из поля изменилось на противоположное, то работа  $A$  поля равна ...

- 1) 0      2)  $F_{\perp} \pi R$       3)  $F_{\perp} 2\pi R$       4)  $F_{\perp} R \cos \alpha$       5)  $qvB \sin \alpha$





**3.73.** Магнитный поток  $\Phi_B$  через один виток соленоида сечением  $S = 25 \text{ см}^2$ , если он имеет  $N = 10$  витков на каждый сантиметр длины, при силе тока  $I = 20 \text{ А}$  равен ... мкВб.

- 1) 6280                      2) 62,8                      3) 6,28                      4) 5                      5) 0,5

**3.74.** Магнитный поток через один виток соленоида  $\Phi_B = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ . Соленоид имеет  $N = 120$  витков и по нему протекает ток силой  $I = 8 \text{ А}$ . Индуктивность  $L$  соленоида равна ... мГн.

- 1) 6,0                      2) 7,5                      3) 3,0                      4) 2,5                      5) 1,6

**3.75.** По длинному соленоиду с немагнитным сердечником сечением  $S = 5 \text{ см}^2$ , содержащему  $N = 1200$  витков, течет ток силой  $I = 2 \text{ А}$ . Индуктивность соленоида  $L = 3 \text{ мГн}$ . Индукция  $B$  магнитного поля в центре соленоида равна ... мТл.

- 1) 3600                      2) 1800                      3) 900                      4) 18                      5) 10

**3.76.** Если энергия магнитного поля катушки при протекании в ней постоянного тока силой  $I = 7 \text{ А}$  составляет  $W = 4,9 \text{ Дж}$ , то индуктивность  $L$  катушки равна ... Гн.

- 1) 2,6                      2) 0,2                      3) 0,18                      4) 9,1                      5) 0,62

**3.77.** Сила тока в обмотке соленоида, содержащего  $N = 1500$  витков, равна  $I = 5 \text{ А}$ . Магнитный поток через один виток соленоида  $\Phi_B = 200 \text{ мкВб}$ . Энергия  $W$  магнитного поля в соленоиде ... Дж.

- 1)  $3,3 \cdot 10^{-7}$                       2)  $5 \cdot 10^{-4}$                       3) 0,3                      4) 0,75                      5) 500

**3.78.** Укажите справедливые утверждения относительно статических магнитных полей:

А. Поток вектора магнитной индукции сквозь произвольную замкнутую поверхность отличен от нуля

Б. Магнитное поле действует только на движущиеся электрические заряды

В. Магнитное поле является вихревым

Г. Магнитное поле не является вихревым

- 1) А, Б                      2) А, В                      3) А, Г                      4) Б, В                      5) Б, Г

**3.79.** В кольцо из диэлектрика вдвигают магнит. В диэлектрике возникнут следующие изменения ...

А. Диэлектрик намагничивается

Б. Возбуждается вихревое электрическое поле

- В. Индуцируется электрический ток
- Г. Возбуждается вихревое магнитное поле
- Д. Никаких изменений не произойдет

- 1) А, Б                      2) Б, В                      3) А, Г                      4) В, Г                      5) Д

**3.80.** Пять веществ имеют различные магнитные проницаемости  $\mu$ . Диамагнетиком среди этих веществ является вещество с магнитной проницаемостью  $\mu$ , равной ...

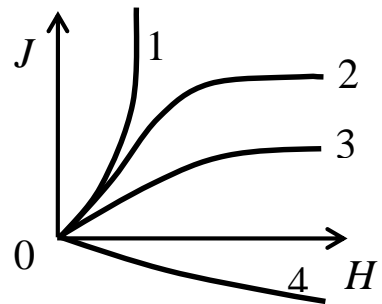
- 1) 2000                      2) 100                      3) 1,00023                      4) 1                      5) 0,9998

**3.81.** Для диамагнетика справедливы утверждения ...

- А. Магнитный момент молекул диамагнетика в отсутствие магнитного поля отличен от нуля
- Б. Магнитный момент молекулы диамагнетика в отсутствие внешнего магнитного поля равен нулю
- В. Во внешнем магнитном поле диамагнетик намагничивается в направлении противоположном направлению внешнего поля
- Г. Магнитная проницаемость диамагнетика  $\mu > 1$
- Д. Во внешнем магнитном поле диамагнетик намагничивается в направлении поля

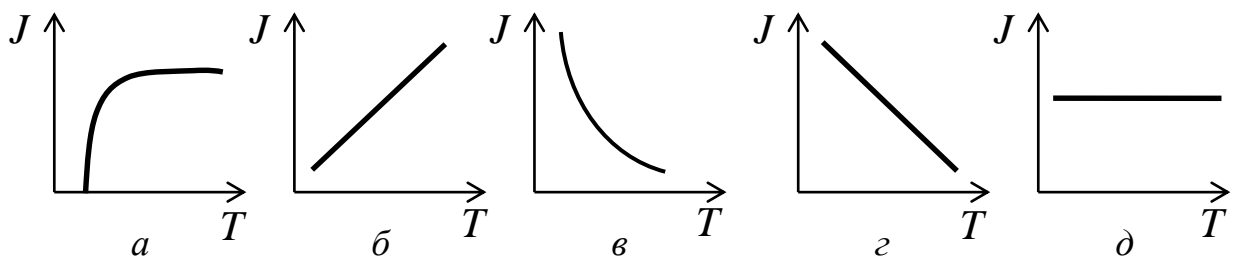
- 1) А, Б                      2) А, В                      3) Б, В                      4) Б, Г                      5) А, Д

**3.82.** На рисунке представлены графики, отражающие характер зависимости величины намагниченности  $J$  вещества от напряженности  $H$  магнитного поля. Диамагнетикам соответствует зависимость ...



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**3.83.** Зависимость намагниченности  $J$  диамагнетика от температуры  $T$  представлена на рисунке ...



- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**3.84.** Пять веществ имеют различные магнитные проницаемости  $\mu$ . Парамагнетиком среди этих веществ является вещество с магнитной проницаемостью  $\mu$ , равной ...

- 1) 2000            2) 100            3) 1,00023            4) 1            5) 0,9998

**3.85.** Для парамагнетика справедливы утверждения ...

А. Магнитные моменты молекул парамагнетика в отсутствие внешнего магнитного поля равны нулю

Б. Во внешнем магнитном поле парамагнетик намагничивается в направлении, противоположном направлению внешнего поля

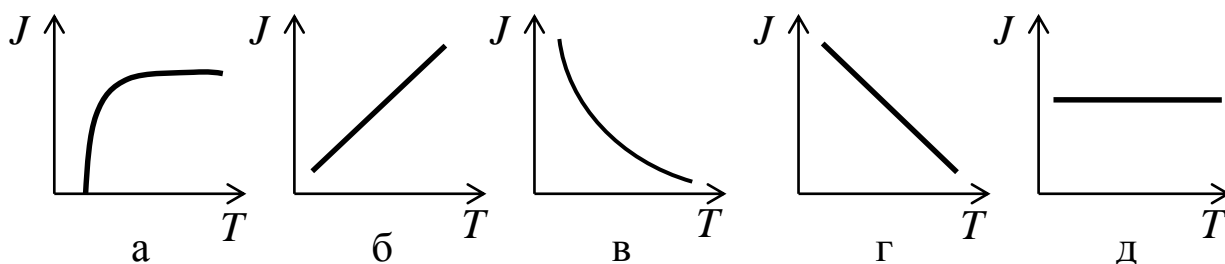
В. Магнитная проницаемость парамагнетика  $\mu \gg 1$

Г. Магнитные моменты молекул парамагнетика в отсутствие магнитного поля отличны от нуля

Д. Во внешнем магнитном поле парамагнетик намагничивается в направлении поля

- 1) А, Б            2) А, В            3) Б, В            4) Б, Г            5) Г, Д

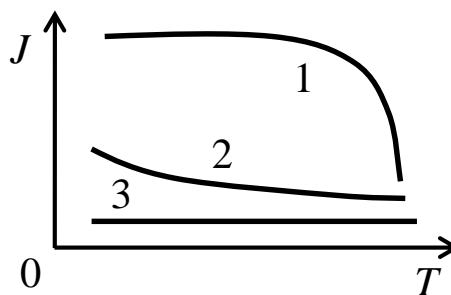
**3.86.** Зависимость намагниченности  $J$  парамагнетика от температуры  $T$  представлена на рисунке ...



- 1) а            2) б            3) в            4) г            5) д

**3.87.** На рисунке представлены графики, отражающие характер температурной зависимости намагниченности  $J$ . Парамагнетикам соответствует зависимость ...

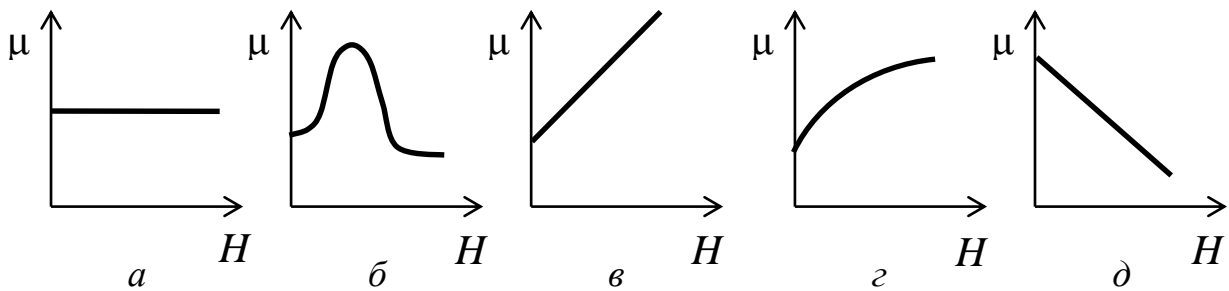
- 1) 3            2) 2            3) 1



**3.88.** Явление магнитного гистерезиса, то есть запаздывания изменения вектора  $\vec{B}$  индукции магнитного поля в веществе от изменения напряженности  $\vec{H}$  внешнего магнитного поля, имеет место в ...

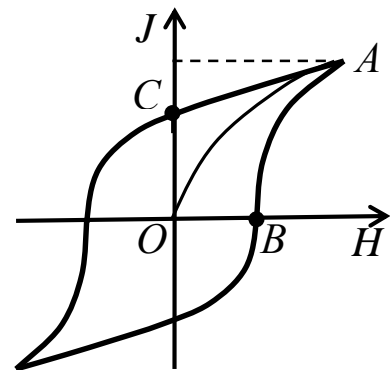
- 1) любых магнетиках
- 2) парамагнетиках
- 3) диамагнетиках
- 4) ферромагнетиках
- 5) парамагнетиках и диамагнетиках

**3.89.** Зависимость магнитной проницаемости  $\mu$  ферромагнетика от напряженности  $H$  намагничивающего поля представлена на рисунке ...



- 1) а
- 2) б
- 3) в
- 4) г
- 5) д

**3.90.** На рисунке показана зависимость намагниченности  $J$  ферромагнетика от напряженности  $H$  внешнего магнитного поля. Намагниченность в точке  $C$  определяет значение ...



- 1) спонтанной намагниченности
- 2) остаточной намагниченности
- 3) намагниченности насыщения
- 4) коэрцитивной силы

**3.91.** Магнитный момент атома железа равен  $p_m = 1,8 \cdot 10^{-23}$  А/м, концентрация атомов  $n = 0,84 \cdot 10^{23}$  см<sup>-3</sup>. Намагниченность  $J$  насыщения для железа равна ... А/м.

- 1) 1,5
- 2) 1,8
- 3) 18,8
- 4)  $1,5 \cdot 10^3$
- 5)  $1,5 \cdot 10^6$

**3.92.** Чтобы размагнитить постоянный магнит, имеющий форму цилиндрического стержня длиной  $l = 15$  см, на него намотали  $N = 300$  витков провода и пропустили ток  $I = 2,5$  А. Коэрцитивная сила  $H_C$  материала магнита равна ... А/м.

- 1) 5000
- 2) 4500
- 3) 750
- 4) 50
- 5) 5

**3.93.** При температуре  $t_1 = 27\text{ }^\circ\text{C}$  магнитная восприимчивость парамагнетика равна  $\chi_1$ . При температуре  $t_2 = 127\text{ }^\circ\text{C}$  магнитная восприимчивость  $\chi_2$  равна ...

- 1)  $\chi_2 = 1,33\chi_1$                       2)  $\chi_2 = 1,25\chi_1$                       3)  $\chi_2 = 0,75\chi_1$   
4)  $\chi_2 = 0,33\chi_1$                       5)  $\chi_2 = 0,25\chi_1$

**3.94.** Напряженность однородного магнитного поля в платине равна  $H = 50\text{ А/м}$ . Если магнитная восприимчивость платины  $\chi = 3,6 \cdot 10^{-4}$ , то ее намагниченность  $J$  равна ... мА/м.

- 1) 0,36                      2) 0,5                      3) 1,8                      4) 18                      5) 36

**3.95.** Удельная магнитная восприимчивость и плотность платины соответственно равны  $\chi_{\text{уд}} = 1,68 \cdot 10^{-8}\text{ м}^3/\text{кг}$  и  $\rho = 21400\text{ кг/м}^3$ . Магнитная восприимчивость  $\chi$  платины равна ...

- 1)  $3,6 \cdot 10^{-4}$     2)  $1,68 \cdot 10^{-8}$     3)  $7,85 \cdot 10^{-13}$     4)  $2,14 \cdot 10^4$     5)  $1,27 \cdot 10^{12}$

**3.96.** По круговому контуру радиуса  $r = 40\text{ см}$ , погруженному в жидкий кислород, течет ток  $I = 1\text{ А}$ . Если магнитная восприимчивость жидкого кислорода  $\chi = 3,4 \cdot 10^{-3}$ , то его намагниченность  $J$  в центре контура равна ... мА/м.

- 1) 3,4                      2) 4,25                      3) 4,0                      4) 2,12                      5) 1,7

**3.97.** При протекании по соленоиду с железным сердечником тока напряженность на его оси  $H = 2500\text{ А/м}$ , а индукция магнитного поля  $B = 1,6\text{ Тл}$ . Намагниченность  $J$  железного сердечника равна ... А/м.

- 1)  $6,4 \cdot 10^{-4}$     2) 508,55                      3) 509,55                      4) 1562,5                      5)  $12,7 \cdot 10^5$

**3.98.** Напряженность однородного магнитного поля в вольфраме  $H = 20\text{ А/м}$ . Магнитная восприимчивость вольфрама  $\chi = 176 \cdot 10^{-6}$ . Магнитная индукция  $B$  поля, обусловленная намагничиванием, равна ... Тл.

- 1)  $4,4 \cdot 10^{-9}$                       2)  $4,4 \cdot 10^{-7}$                       3)  $3,5 \cdot 10^{-7}$                       4)  $2,5 \cdot 10^{-7}$                       5)  $3,5 \cdot 10^{-3}$

**3.99.** В однородное магнитное поле внесли длинный вольфрамовый стержень ( $\mu = 1,0176$ ). Отношение магнитной индукции поля, создаваемого молекулярными токами, к магнитной индукции результирующего поля в стержне равно ...

- 1) 0,0173                      2) 0,176                      3) 0,2                      4) 0,98                      5) 1

**3.100.** Напряженность однородного магнитного поля в платине равна  $H = 5$  А/м. Если удельная магнитная восприимчивость платины  $\chi_{\text{уд}} = 1,68 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, а ее плотность  $\rho = 21400$  кг/м<sup>3</sup>, то магнитная индукция  $B$  поля, создаваемая молекулярными токами, равна ... нТл.  
1) 18                      2) 5                      3) 3,6                      4) 2,26                      5) 0,23

### Задачи

**3.101.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d = 20$  см, текут токи  $I_1 = 40$  А и  $I_2 = 80$  А в одном направлении. Определите магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$ , удаленной от первого проводника на расстояние  $r_1 = 12$  см и от второго на  $r_2 = 16$  см. [ $B = 1,2 \cdot 10^{-4}$  Тл]

**3.102.** Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток  $I = 100$  А. Вычислите магнитную индукцию  $B$  в точке, лежащей на биссектрисе угла и удаленной от вершины угла на расстояние  $a = 10$  см. [ $B = 483$  мкТл]

**3.103.** По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $\alpha = 120^\circ$ , течет ток  $I = 50$  А. Найдите магнитную индукцию  $B$  в точке, лежащей на биссектрисе угла и удаленной от его вершины на расстояние  $a = 5$  см. [ $B = 346$  мкТл]

**3.104.** Определите магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиуса  $R = 5$  см, по которому течет ток  $I = 10$  А, в точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $d = 10$  см от центра кольца. [ $B = 22,5$  мкТл]

**3.105.** При какой силе тока  $I$ , текущего по тонкому проводящему кольцу радиуса  $R = 0,2$  м, магнитная индукция в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние  $r = 0,3$  м, станет равной  $B = 20$  мкТл? [ $I = 19,2$  А]

**3.106.** По двум бесконечно длинными прямыми проводникам, расстояние между которыми  $l = 15$  см, в одном направлении текут токи  $I_1 = 4$  А и  $I_2 = 6$  А. Определите расстояние  $r$  от проводника с

меньшей силой тока до точки, в которой напряженность  $H$  магнитного поля равна нулю. [ $r = 6$  см]

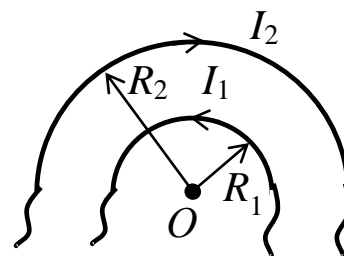
**3.107.** По длинному вертикальному проводнику сверху вниз идет ток  $I = 8$  А. На каком расстоянии  $a$  от него напряженность поля, получающегося от сложения магнитного поля Земли и поля тока, направлена вертикально вверх? Горизонтальная составляющая напряженности поля Земли  $H_r = 16$  А/м. [ $a = 8$  см]

**3.108.** Ток  $I = 20$  А, протекая по кольцу из медной ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) проволоки сечением  $S = 1$  мм<sup>2</sup>, создает магнитное поле. Напряженность магнитного поля в центре кольца  $H = 178$  А/м. Какая разность потенциалов  $U$  приложена к концам проволоки, образующей кольцо? [ $U = 0,12$  В]

**3.109.** Два круговых витка с током лежат в одной плоскости и имеют общий центр. Радиус большего витка  $R_1 = 12$  см, а меньшего  $R_2 = 2$  см. Напряженность поля в центре витков равна  $H = 50$  А/м, если токи текут в одном направлении, и равна нулю, если в противоположном. Определите силу тока  $I_1$  и  $I_2$  в витках. [ $I_1 = 6$  А;  $I_2 = 1$  А]

**3.110.** По проводу, согнутому в виде правильного шестиугольника с длиной стороны  $a = 20$  см, течет ток  $I = 100$  А. Определите напряженность  $H$  магнитного поля в центре шестиугольника. [ $H = 276$  А/м]

**3.111.** Два проводника в виде полуколец лежат в одной плоскости и имеют общий центр. Определите напряженность  $H$  магнитного поля в точке  $O$  при следующих данных: радиус первого полукольца  $R_1 = 10$  см, второго  $R_2 = 20$  см, силы токов соответственно  $I_1 = 1$  А и  $I_2 = 4$  А. Поле от подводящих проводников не учитывать. [ $H = 2,5$  А/м]



**3.112.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d = 15$  см, текут токи



$I_1 = 70$  А и  $I_2 = 50$  А в противоположных направлениях. Определите магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на  $r_1 = 20$  см от первого и  $r_2 = 10$  см от второго проводника. [ $B = 72,6$  мкТл]

**3.113.** Из проволоки диаметром  $d = 1$  мм надо намотать соленоид, внутри которого должна быть напряженность магнитного поля  $H = 24$  кА/м. По проволоке можно пропускать предельный ток  $I = 6$  А. Из какого числа слоев будет состоять обмотка соленоида, если витки наматывают плотно друг к другу? Диаметр катушки считать малым по сравнению с ее длиной. [ $N = 4$ ]

**3.114.** В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл помещена квадратная рамка площадью  $S = 25$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить вращающий момент  $M$ , действующий на рамку, если по ней течет ток  $I = 1$  А. [ $M = 217$  мкН·м]

**3.115.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл находится прямоугольная рамка длиной  $a = 8$  см и шириной  $b = 5$  см, содержащая  $N = 100$  витков тонкой проволоки. Ток в рамке  $I = 1$  А, а плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции. Определите: 1) магнитный момент  $p_m$  рамки; 2) вращающий момент  $M$ , действующий на рамку. [ $p_m = 0,4$  А·м<sup>2</sup>;  $M = 0,2$  Н·м]

**3.116.** Проволочный виток радиуса  $R = 5$  см находится в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 2$  кА/м. Плоскость витка образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением поля. По витку течет ток  $I = 4$  А. Определите механический момент  $M$ , действующий на виток. [ $M = 39,4$  мкН·м]

**3.117.** По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток  $I_1 = 10$  А. Под ним на расстоянии  $r = 1,5$  см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток  $I_2 = 1,5$  А. Определить, какова должна быть площадь  $S$  поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>. [ $S = 7,6 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>]

**3.118.** В средней части длинного соленоида находится отрезок проводника длиной  $l = 2$  см, по которому проходит ток силой  $I_1 = 4$  А. Проводник расположен перпендикулярно оси соленоида. На этот отрезок проводника действует сила  $F = 10^{-5}$  Н. Определите силу тока  $I_2$  в обмотке соленоида при условии, что на  $l_0 = 1$  см длины соленоида приходится  $N = 10$  витков и сердечник отсутствует. [ $I_2 = 0,1$  А]

**3.119.** По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии  $a = 10$  см друг от друга, текут одинаковые токи  $I = 100$  А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислите силы  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ , действующие на отрезок длиной  $l = 1$  м каждого провода. [ $F_1 = F_2 = 20$  мН;  $F_3 = 34,6$  мН]

**3.120.** Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии  $d_1 = 10$  см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А. Какую работу  $A$  надо совершить (на единицу длины проводников), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния  $d_2 = 20$  см? [ $A = 83$  мкДж]

**3.121.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 4,9$  Тл горизонтально подвешен на двух нитях прямолинейный проводник массой  $m = 0,6$  кг и длиной  $l = 0,3$  м, по которому течет ток силой  $I = 2$  А. На какой угол  $\alpha$  от вертикали отклонятся нити, если линии магнитной индукции магнитного поля направлены вертикально вниз? [ $\alpha = 27^\circ$ ]

**3.122.** Электрон движется прямолинейно с постоянной скоростью  $v = 0,2$  Мм/с. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого электроном в точке, находящейся на расстоянии  $r = 2$  нм от электрона и лежащей на прямой, проходящей через мгновенное положение электрона и составляющей угол  $\alpha = 45^\circ$  со скоростью  $\vec{v}$  электрона. [ $B = 566$  мкТл]

**3.123.** Электрон, обладая скоростью  $v = 10$  Мм/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля  $B = 0,1$  мТл. Определите нормальное  $a_n$  и тангенциальное  $a_\tau$  ускорения электрона. [ $a_n = \text{const} = 1,76 \cdot 10^{14}$  м/с<sup>2</sup>;  $a_\tau = 0$ ]

**3.124.** Ускоренные разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ ионы двух изотопов с массами  $m_1 = 6,5 \cdot 10^{-26}$  кг и  $m_2 = 6,8 \cdot 10^{-26}$  влетают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл перпендикулярно линиям индукции. Принимая заряд  $q$  каждого иона равным элементарному электрическому заряду  $e$ , определите, насколько будут отличаться радиусы  $R_1$  и  $R_2$  траекторий ионов изотопов в магнитном поле. [ $\Delta R = 0,92$  мм]

**3.125.** Электрон с энергией  $W = 300$  эВ движется перпендикулярно линиям индукции магнитного поля напряженностью  $H = 465$  А/м. Определите силу Лоренца  $F_{\text{Л}}$ , скорость  $v$  и радиус  $R$  траектории электрона. [ $F_{\text{Л}} = 9,6 \cdot 10^{-16}$  Н;  $v = 10^7$  м/с;  $R = 0,1$  м]

**3.126.** Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии  $r = 1$  см от него. Определите силу  $F$ , действующую на электрон, если через проводник пропускать ток  $I = 10$  А. [ $F = 4,24 \cdot 10^{-16}$  Н]

**3.127.** В однородном магнитном поле напряженностью  $H = 20$  кА/м находится протон. Момент импульса протона  $L = 6,6 \cdot 10^{-23}$  кг·м<sup>2</sup>/с. Определите кинетическую энергию  $W$  протона, если он движется перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. [ $W = 496$  эВ]

**3.128.** Электрон в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл движется по окружности. Найдите силу  $I$  эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона. [ $I = 4,48 \cdot 10^{-10}$  А]

**3.129.** Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 2$  мТл, движется по круговой орбите радиусом  $R = 15$  см. Определите магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока. [ $p_m = 0,632$  пА·м<sup>2</sup>]

**3.130.** Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом  $R = 53$  пм. Вычислите силу  $I$  эквивалентного кругового тока и напряженность  $H$  поля в центре окружности. [ $I = 1,1$  мА;  $H = 10$  МА/м]

**3.131.** Электрон, имеющий скорость  $v = 8 \cdot 10^6$  м/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 3,14 \cdot 10^{-2}$  Тл под углом  $\alpha = 30^\circ$  к ее направлению. Определите радиус  $R$  и шаг  $h$  винтовой линии, по которой движется электрон. [ $R = 7,2 \cdot 10^{-4}$  м;  $h = 7,9 \cdot 10^{-3}$  м]

**3.132.** Электрон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2$  мТл по винтовой линии. Определите скорость  $v$  электрона, если радиус винтовой линии  $R = 3$  см, а шаг  $h = 9$  см. [ $v = 1,17$  Мм/с]

**3.133.** Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 2$  мТл по винтовой линии радиуса  $R = 1$  см и шагом  $h = 7,8$  см. С какой скоростью  $v$  влетел электрон в магнитное поле? [ $v = 5,61 \cdot 10^6$  м/с]

**3.134.** Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 800$  В, влетает в однородные, скрещенные под прямым углом магнитное ( $B = 50$  мТл) и электрическое поля. Определите напряженность  $E$  электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно. [ $E = 19,6$  кВ/м]

**3.135.** Магнитное поле напряженностью  $H = 8$  кА/м и электрическое поле напряженностью  $E = 8$  кВ/м направлены одинаково. Электрон влетает в электромагнитное поле со скоростью  $v = 10^5$  м/с. Определите нормальное  $a_n$ , тангенциальное  $a_\tau$  и полное  $a$  ускорения электрона, если скорость  $\vec{v}$  электрона направлена параллельно направлению электрического поля. [ $a_n = 0$ ;  $a = a_\tau = 1,41 \cdot 10^{15}$  м/с]

**3.136.** Сколько ампер-витков ( $IN$ ) потребуется для того, чтобы внутри соленоида малого диаметра и длиной  $l = 30$  см объемная плотность энергии магнитного поля была равна  $\omega = 1,75$  Дж/м<sup>3</sup>? [ $IN = 500$  А]

**3.137.** По длинному соленоиду с немагнитным сердечником, содержащему  $N = 1200$  витков, течет ток силой  $I = 2$  А. Индукция магнитного поля в центре соленоида равна  $B = 10$  мТ. Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Определите его индуктивность  $L$ . [ $L = 3$  мГн]

**3.138.** Внутри соленоида с числом витков  $N = 200$  с никелевым сердечником ( $\mu = 200$ ) напряженность однородного магнитного поля равна  $H = 10$  кА/м. Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Определите: 1) магнитную индукцию  $B$  поля внутри соленоида; 2) потокосцепление  $\Psi$ . [ $B = 2,51$  Тл;  $\Psi = 0,502$  Вб]

**3.139.** Определите, сколько витков проволоки, вплотную прилегающих друг к другу, диаметром  $d_1 = 0,4$  мм с изоляцией ничтожно малой толщины надо намотать на картонный цилиндр диаметром  $d_2 = 2$  см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью  $L = 1$  мГн. [ $N = 1000$ ]

**3.140.** Какой длины надо взять проволоку диаметром  $d = 0,1$  мм, чтобы изготовить однослойный соленоид с индуктивностью  $L = 1$  мГн? Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 7,5$  см<sup>2</sup>. Сердечник отсутствует. [ $l = 10$  м]

**3.141.** Поток магнитной индукции через площадь поперечного сечения соленоида без сердечника равен  $\Phi = 1$  мкВб. Длина соленоида  $l = 12,5$  см. Определите магнитный момент  $p_m$  этого соленоида. [ $p_m = 0,1$  А·м<sup>2</sup>]

**3.142.** Индуктивность соленоида при длине  $l = 1$  м и площади поперечного сечения  $S = 20$  см<sup>2</sup> равна  $L = 0,4$  мГн. Определите силу тока  $I$  в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида равна  $\omega = 0,1$  Дж/м<sup>3</sup>. [ $I = 1$  А]

**3.143.** Определите, пользуясь теоремой о циркуляции вектора  $\vec{B}$ , индукцию магнитного поля  $B$  на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей  $N = 200$  витков, протекает ток  $I = 2$  А. Диаметр средней линии тороида равен  $D = 0,5$  м. [ $B = 0,32$  мТл]

**3.144.** Виток радиуса  $R = 5$  см помещен в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 5$  кА/м так, что нормаль к витку составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением поля. Сила тока в витке  $I = 1$  А. Какую работу  $A$  совершат силы поля при повороте витка в устойчивое положение? [ $A = 24,6$  мкДж]

**3.145.** Круговой проводящий контур радиуса  $R = 5$  см с током  $I = 1$  А находится в магнитном поле, причем плоскость контура перпендикулярна направлению поля. Напряженность поля равна  $H = 10$  кА/м. Определите работу  $A$ , которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на угол  $\alpha = 90^\circ$  вокруг оси, совпадающей с диаметром контура. [ $A = 98,6$  мкДж]

**3.146.** В однородном магнитном поле напряженностью  $H = 79,6$  кА/м помещена квадратная рамка, плоскость которой составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 45^\circ$ . Сторона рамки  $a = 4$  см. Определите магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку. [ $\Phi = 113$  мкВб]

**3.147.** В однородное магнитное поле вносится длинный вольфрамовый стержень ( $\mu = 1,0176$ ). Определите, какая доля  $\frac{B'}{B}$  суммарного магнитного поля в этом стержне определяется молекулярными токами. [ $\frac{B'}{B} = 0,0173$ ]

**3.148.** По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 3$  мГн, находящегося в диамагнитной среде, течет ток  $I = 0,4$  А. Соленоид имеет длину  $l = 45$  см, площадь поперечного сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup> и  $N = 1000$  витков. Определите магнитную индукцию  $B$  и намагниченность  $J$  внутри соленоида. [ $B = 1,2$  мТл;  $J = 66$  А/м]

**3.149.** Соленоид, находящийся в диамагнитной среде, имеет длину  $l = 30$  см, площадь поперечного сечения  $S = 15$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 500$ . Индуктивность соленоида  $L = 1,5$  мГн, а сила тока, протекающего по нему  $I = 1$  А. Определите магнитную индукцию  $B$  и намагниченность  $J$  внутри соленоида. [ $B = 2$  мТл;  $J = 74$  А/м]

**3.150.** Висмутовый шарик радиуса  $R = 1$  см помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $B_0 = 0,5$  Тл. Определите магнитный момент  $p_m$ , приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута  $\chi = -1,5 \cdot 10^{-4}$ . [ $p_m = -250$  мкА·м<sup>2</sup>]

## 4. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МАКСВЕЛЛА

### Основные формулы:

Основной закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt},$$

где  $\varepsilon_i$  – электродвижущая сила индукции, возникающая в контуре,  $N$  – число витков контура,  $d\Phi$  – изменение магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, за время  $dt$ .

Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток) через плоский контур

$$\Phi_B = BS \cos \alpha,$$

где  $S$  – площадь контура,  $\alpha$  – угол между вектором  $\vec{B}$  и нормалью  $\vec{n}$  к плоскости контура.

Разность потенциалов на концах прямолинейного проводника, движущегося поступательно в однородном магнитном поле

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = vBl \sin \alpha,$$

где  $v$  – скорость проводника,  $l$  – его длина,  $\alpha$  – угол между  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$

Электродвижущая сила самоиндукции  $\varepsilon_{is}$ , возникающая в замкнутом контуре при изменении тока в самом контуре

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{dI}{dt},$$

где  $L$  – индуктивность контура.

Индуктивность соленоида (тороида)

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} S = \mu_0 \mu n^2 l S = \mu_0 \mu n^2 V,$$

где  $l$  – длина соленоида,  $S$  – площадь его поперечного сечения,  $n$  – число витков, приходящихся на единицу длины.

Энергия магнитного поля контура с током

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Объемная плотность энергии однородного магнитного поля

$$\omega = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}.$$

Мгновенное значение силы тока в цепи, содержащей источник тока и обладающей активным сопротивлением и индуктивностью после замыкания цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \left[ 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right] = I_0 \left[ 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right],$$

где  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$  – установившийся ток (при  $t \rightarrow \infty$ ),  $t$  – время, прошедшее после замыкания цепи;

после размыкания цепи

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t},$$

где  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$  – сила тока в цепи в момент времени  $t = 0$ ,  $t$  – время, прошедшее с момента размыкания цепи.

ЭДС, индуцируемая в одном контуре, при изменении силы тока  $I_1$  в другом контуре (контур неподвижны)

$$\varepsilon_{12} = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt},$$

где  $\Phi_{21}$  – часть магнитного потока, создаваемого током в первом контуре, которая пронизывает второй контур,  $L_{21}$  – коэффициент взаимной индукции или взаимная индуктивность контуров.

Взаимная индуктивность двух катушек, намотанных на общий тороидальный сердечник,

$$L_{12} = L_{21} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S,$$

где  $N_1$  – число витков в первой катушке,  $N_2$  – число витков во второй катушке,  $l$  – длина сердечника по средней линии,  $\mu$  – магнитная проницаемость сердечника.

Полная система уравнений Максвелла

а) в интегральной форме



$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

б) в дифференциальной форме

$$\text{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\text{div} \vec{D} = \rho$$

$$\text{div} \vec{B} = 0$$

в) для стационарных полей

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Плотность тока смещения

$$\vec{j}_{\text{см}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

## Тестовые задания

**4.1.** Отрезок прямого провода длиной  $l = 40$  см движется в однородном магнитном поле со скоростью  $v = 5$  м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов между концами провода  $U = 0,6$  В. Индукция  $B$  магнитного поля равна ... Тл.

- 1) 0,3                      2) 0,6                      3) 1,0                      4) 1,2                      5) 3,3

**4.2.** В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 1$  Тл, поступательно движется проводник длиной  $l = 4$  см со скоростью  $v = 2$  м/с. Вектор скорости  $\vec{v}$  составляет с направлениями линий индукции магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Разность потенциалов  $U$  на концах проводника равна ... В.

- 1) 0,02                      2) 0,04                      3) 0,06                      4) 0,07                      5) 0,08

**4.3.** Реактивный самолет, имеющий размах крыльев  $l = 50$  м летит горизонтально со скоростью  $v = 800$  км/ч. Если вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна  $B = 5 \cdot 10^{-5}$  Тл, то разность потенциалов  $U$ , возникающая между концами крыльев, равна ... В.

- 1)  $5,5 \cdot 10^{-3}$                       2) 0,56                      3) 1,1                      4) 5,5                      5) 7,0

**4.4.** Самолет имеет размах крыльев  $l = 88$  м. Вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли составляет  $H = 40$  А/м. ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающая на концах крыльев самолета при его движении со скоростью  $v = 800$  км/ч, равна ... В.

- 1) 3,5                      2) 2,1                      3) 5,6                      4) 1,5                      5) 1,0

**4.5.** Скорость самолета с реактивным двигателем  $v = 950$  км/ч. Если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли  $H = 39,8$  А/м и размах крыльев самолета  $l = 12,5$  м, то разность потенциалов  $U$  между концами крыльев самолета равна ... В.

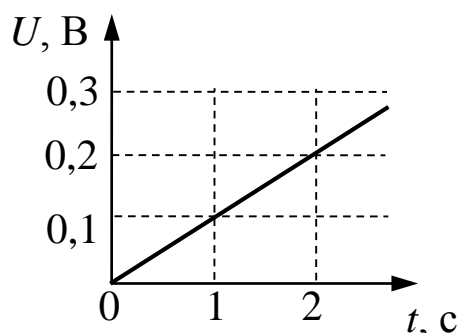
- 1)  $8,64 \cdot 10^{-4}$                       2) 0,165                      3) 0,594                      4) 1,885                      5)  $131 \cdot 10^3$

**4.6.** При движении проводника в однородном магнитном поле на его концах возникает ЭДС индукции  $\varepsilon_1$ . При увеличении в 2 раза

индукции  $B$  магнитного поля, пронизывающего проводник, ЭДС индукции  $\varepsilon_2$  станет равной ...

- 1)  $\varepsilon_2 = 0,5 \cdot \varepsilon_1$     2)  $\varepsilon_2 = \varepsilon_1$     3)  $\varepsilon_2 = 2 \cdot \varepsilon_1$     4)  $\varepsilon_2 = 4 \cdot \varepsilon_1$     5)  $\varepsilon_2 = 8 \cdot \varepsilon_1$

**4.7.** Прямолинейный проводник длиной  $l = 10$  см перемещают в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Проводник, вектор его скорости  $\vec{v}$  и вектор  $\vec{B}$  взаимно перпендикулярны. Чтобы разность потенциалов  $U$  на концах проводника возрастала так, как показано на рисунке, его нужно перемещать с ускорением  $a$ , равным ... м/с<sup>2</sup>.



- 1) 0                      2) 0,15                      3) 10                      4) 15                      5) 30

**4.8.** В вертикальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$  вращается в горизонтальной плоскости стержень длиной  $l$  с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Ось вращения проходит через конец стержня. Разность потенциалов  $U$  на концах стержня равна ...

- 1)  $B\omega l^2$     2)  $\frac{B\omega l^2}{2}$     3)  $\frac{B\omega l^2}{2\pi}$     4)  $2\pi B\omega l^2$     5)  $\frac{Bl^2}{2\pi\omega}$

**4.9.** Если металлический стержень длиной  $L$  вращается в горизонтальной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$  вокруг оси, проходящей через один из концов стержня, с частотой  $\nu$ , то ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающая в этом стержне, равна ...

- 1)  $\frac{L^2 B\nu}{2}$     2)  $\pi L^2 B\nu$     3)  $\frac{2\pi L^2 B}{\nu}$     4)  $L^2 B\nu$     5)  $2\pi L^2 B\nu$

**4.10.** Явление электромагнитной индукции заключается в том, что ...

- 1) при прохождении изменяющегося электрического тока по проводнику вокруг него возникает переменное магнитное поле

- 2) при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего проводящий контур, в последнем возникает ЭДС индукции
- 3) при изменении магнитного потока, пронизывающего проводящий контур вследствие изменения тока в контуре, в нем наводится ЭДС индукции

**4.11.** Закон Фарадея для электромагнитной индукции гласит, что ...

- 1) при изменении магнитного потока через поверхность замкнутого проводящего контура, в последнем возникает индукционный ток такого направления, что его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока
- 2) при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего проводящий контур, в последнем возникает ЭДС индукции
- 3) ЭДС электромагнитной индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром

**4.12.** С помощью закона электромагнитной индукции, можно объяснить ...

- 1) отклонение магнитной стрелки при прохождении по проводу электрического тока
- 2) взаимодействие двух проводников с током
- 3) появление тока в замкнутой катушке при опускании в нее постоянного магнита
- 4) возникновение силы, действующей на прямой проводник с током

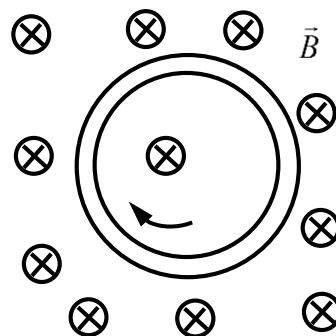
**4.13.** Индукционный ток в квадратной рамке, находящейся в однородном магнитном поле, возникает ...

- 1) при поступательном перемещении рамки параллельно силовым линиям поля
- 2) при вращении рамки вокруг оси, параллельной силовым линиям поля
- 3) при вращении рамки вокруг одной из сторон, перпендикулярной силовым линиям магнитного поля
- 4) при вращении рамки вокруг одной из сторон, параллельной силовым линиям поля

5) при поступательном перемещении рамки, перпендикулярно силовым линиям поля

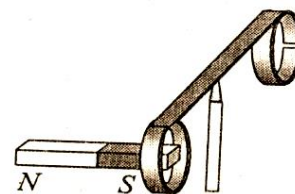
**4.14.** Замкнутый виток из проволоки вращается в однородном магнитном поле против часовой стрелки. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости контура. Индукционный ток в контуре ...

- 1) не возникает
- 2) направлен по часовой стрелке
- 3) направлен против часовой стрелки



**4.15.** На рисунке изображен момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца, когда все предметы неподвижны. Южный полюс магнита находится внутри сплошного металлического кольца, но не касается его. Коромысло с металлическими кольцами может свободно вращаться вокруг вертикальной опоры. При выдвигении магнита из кольца влево кольцо будет ...

- 1) оставаться неподвижным
- 2) перемещаться вправо
- 3) совершать колебания
- 4) перемещаться вслед за магнитом



**4.16.** Один раз кольцо падает на стоящий северным полюсом вверх полосовой магнит, второй раз на магнит, стоящий вверх южным полюсом, и оба раза надевается на него. Ток в кольце ...

- 1) не возникает ни в одном из случаев
- 2) возникает только в первом случае
- 3) возникает только во втором случае
- 4) возникает в обоих случаях

**4.17.** Один раз кольцо падает на стоящий вертикально полосовой магнит так, что надевается на него, второй раз так, что пролетает мимо него. Плоскость кольца в обоих случаях горизонтальна. Ток в кольце ...

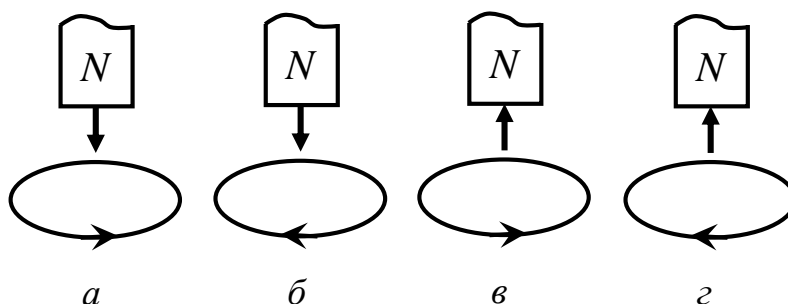
- 1) возникает в обоих случаях

- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

**4.18.** Согласно правила Ленца ...

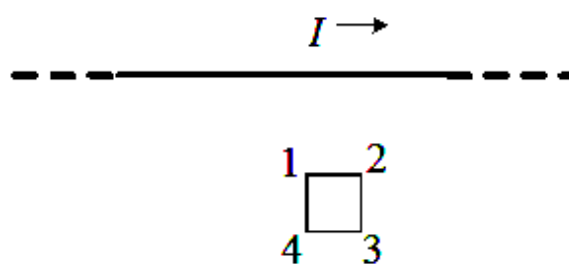
- 1) при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего проводящий контур, в последнем возникает ЭДС индукции
- 2) индукционный ток в контуре имеет всегда такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызвавшему этот индукционный ток
- 3) ЭДС электромагнитной индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром

**4.19.** Направление перемещения магнита указано стрелкой. Направление индукционного тока в витке, относительно которого перемещается постоянный магнит, правильно указано на рисунках ...



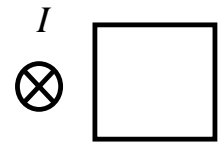
- 1) б, в
- 2) а, г
- 3) а
- 4) в
- 5) а, в

**4.20.** На рисунке показан длинный проводник, в одной плоскости с которым находится небольшая проводящая рамка. При **включении** в проводнике тока заданного направления, в рамке ...



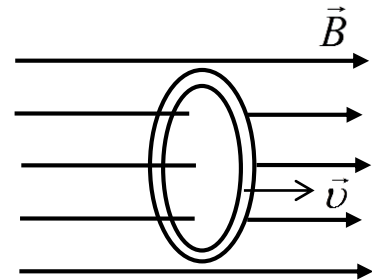
- 1) возникнет индукционный ток в направлении 1-2-3-4
- 2) возникнет индукционный ток в направлении 4-3-2-1
- 3) индукционного тока не возникнет

**4.21.** Длинный проводник с током расположен перпендикулярно плоскости рисунка. Вблизи проводника находится небольшая проводящая рамка. При **выключении** в проводнике тока, в рамке ...



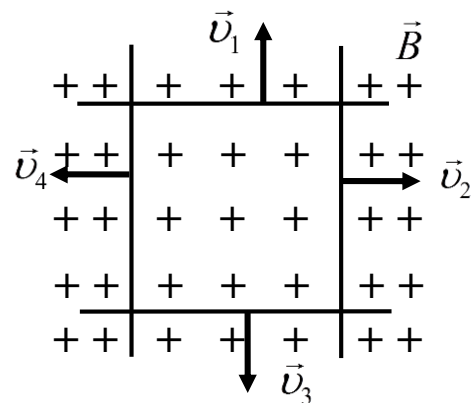
- 1) возникнет индукционный ток, направленный по часовой стрелке
- 2) возникнет индукционный ток, направленный против часовой стрелки
- 3) индукционного тока не возникнет

**4.22.** Замкнутый виток проволоки движется поступательно в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  со скоростью  $\vec{v}$  так, как показано на рисунке. ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  и ток  $I$  в витке ...



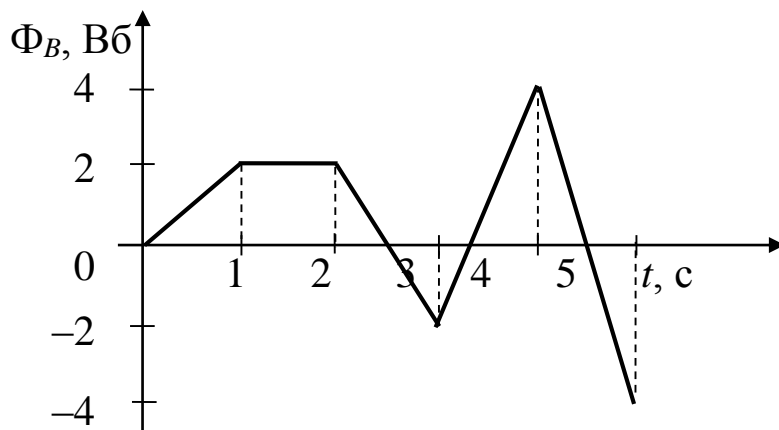
- 1)  $\varepsilon_i = -\frac{BdS}{dt}, I = 0$
- 2)  $\varepsilon_i = 0, I = 0$
- 3)  $\varepsilon_i = 0$ , ток направлен по часовой стрелке
- 4)  $\varepsilon_i \neq 0$ , ток направлен против часовой стрелки
- 5)  $\varepsilon_i = -\frac{BdS}{dt}$ , ток направлен по часовой стрелке

**4.23.** В однородном магнитном поле в одной плоскости скользят друг по другу с равными постоянными скоростями четыре изолированных провода. Плоскость, в которой двигаются провода, перпендикулярна линиям магнитной индукции. В расширяющемся квадратном контуре индукционный ток ...



- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

**4.24.** На рисунке представлена зависимость магнитного потока  $\Phi_B$ , пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени  $t$ . ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  в контуре не возникает в интервале времени ... с.

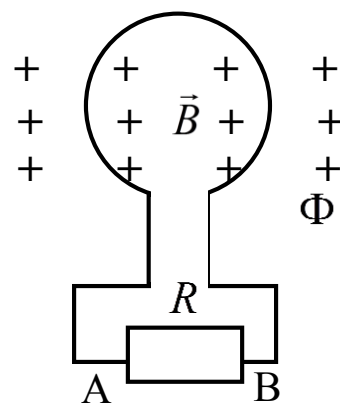


- 1) 0 – 1                      2) 1 – 2                      3) 2 – 3                      4) 3 – 4                      5) 4 – 5

**4.25.** За время  $\Delta t = 4$  с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения  $\Phi_B$  до нуля. При этом в рамке индуцируется ЭДС  $\varepsilon_i = 8$  В. Начальный магнитный поток  $\Phi_B$  через рамку равен ... Вб.

- 1) 0,5                      2) 2                      3) 6                      4) 16                      5) 32

**4.26.** Магнитное поле перпендикулярно контуру и направлено от наблюдателя. Магнитный поток через контур изменяется по закону  $\Phi = 6t^2 + 7t + 1$ , мВб. ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  в контуре через время  $t = 2$  с равна ..., индукционный ток через сопротивление  $R$  направлен ...



- 1) 3,1 В; от А к В  
 2) 0,31 В; от А к В  
 3)  $3,1 \cdot 10^{-2}$  В; от А к В  
 4)  $3,1 \cdot 10^{-2}$  В; от В к А  
 5) 0,31 В; от В к А

**4.27.** Внутри однородного проводящего кольца магнитный поток равномерно возрастает. Разность потенциалов  $U$  между двумя любыми точками кольца ...

- 1) равна нулю



- 2) возрастает
- 3) уменьшается
- 4) не изменяется
- 5) сначала уменьшается, потом возрастает

**4.28.** Круглая плоская катушка радиуса  $R = 20$  см содержит  $N = 12$  витков провода. Магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости катушки, изменяется со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,02$  Тл/с. Возникающая при этом ЭДС  $\varepsilon_i$  равна ... В.

- 1) 0,01
- 2) 0,03
- 3) 0,3
- 4) 0,8
- 5) 0,24

**4.29.** В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) расположен виток, площадь которого равна  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости витка составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Среднее значение ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающей в витке при включении поля в течение времени  $t = 0,02$  с, равно ... мВ.

- 1) 14
- 2) 1,5
- 3) 25
- 4) 42
- 5) 54

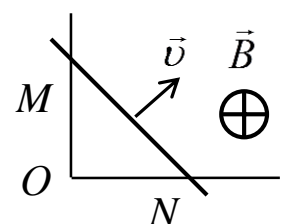
**4.30.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B_1 = 5$  Тл находится квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см. Плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции. При увеличении магнитной индукции до  $B_2 = 20$  Тл за время  $t = 0,02$  с ЭДС в рамке  $\varepsilon_i$  равна ... В.

- 1) 0
- 2) 2,5
- 3) 7,5
- 4) 10
- 5) 12,5

**4.31.** Катушка в виде соленоида сечением  $S = 10$  см<sup>2</sup> помещена в однородное магнитное поле, так что линии магнитной индукции параллельны оси катушки. При изменении магнитного поля со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,1$  Тл/с, в катушке действует ЭДС индукции  $\varepsilon_i = 0,01$  В. Число  $N$  витков в катушке равно ...

- 1) 20
- 2) 50
- 3) 100
- 4) 150
- 5) 200

**4.32.** Проволочная перемычка  $MN$  скользит по согнутому под прямым углом проводнику, перемещаясь поступательно с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , при этом образующийся контур



сохраняет форму равнобедренного треугольника. Система находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. В момент времени  $t=0$  переключатель пересекла вершину треугольника  $O$ . ЭДС, индуцируемая в контуре, равна ...

- 1)  $Bv^2t$       2)  $2Bv^2t$       3)  $\frac{Bv^2}{2t}$       4)  $\frac{Bv^2t}{2}$       5)  $\frac{Bt}{2v^2}$

**4.33.** Катушка из  $N = 10$  витков присоединена к амперметру так, что сопротивление всей цепи  $R = 100$  Ом. Если при перемещении катушки в равномерно изменяющемся однородном магнитном поле амперметр показывает ток  $I = 100$  мА, то магнитный поток  $\Phi_B$  через один виток катушки за время  $t = 2$  с изменяется на ... Вб.

- 1) 0,1      2) 0,2      3) 2      4) 10      5) 20

**4.34.** Гибкий контур расположен в однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 1$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям магнитной индукции. ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающая в контуре при изменении площади охваченной контуром поверхности на  $\Delta S = 400$  см<sup>2</sup> в течение времени  $t = 0,02$  с, равна ... В.

- 1) 1      2) 2      3) 4      4) 8      5) 200

**4.35.** Круглая проволочная рамка радиуса  $r$  изготовлена из двух проволок равной длины, но разных сопротивлений  $R$  и  $2R$ . При помещении рамки в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рамки, магнитная индукция которого изменяется со временем по закону  $B = kt$  ( $k = \text{const}$ ), разность потенциалов  $U$  между точками соединения проволок равна ...

- 1) 0      2)  $k\pi r^2$       3)  $\frac{k\pi r^2}{2}$       4)  $\frac{k\pi r^2}{3}$       5)  $\frac{k\pi r^2}{6}$

**4.36.** Четыре одинаковые проволоки длиной  $L$  каждая связаны на концах шарнирами и образуют квадрат, помещенный в магнитное поле, вектор индукции  $\vec{B}$  которого перпендикулярен плоскости квадрата. Сопротивление каждой проволоки равно  $R$ . Если противоположные вершины квадрата растягивать так, чтобы он превратился в прямой проводник, то через гальванометр,

соединенный последовательно с одной из проволок, пройдет заряд  $q$ , равный ...

- 1)  $\frac{BL^2}{R}$       2)  $\frac{BL^2}{4R}$       3)  $\frac{R}{BL^2}$       4)  $\frac{R}{4BL^2}$       5)  $\frac{RL^2}{B}$

**4.37.** Проволочное кольцо радиуса  $r$  лежит на столе. Сопротивление кольца равно  $R$ , вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли –  $B$ . Если кольцо повернуть с одной стороны на другую, то прошедший по кольцу заряд  $q$  равен ...

- 1)  $\frac{2B\pi r^2}{R}$       2)  $\frac{B\pi r^2}{R}$       3)  $\frac{B}{R\pi r^2}$       4)  $2B\pi r^2 R$       5) 0

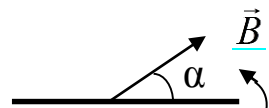
**4.38.** Круговой контур радиуса  $r = 2$  см помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля. Сопротивление контура  $R = 2$  Ом. При повороте контура на угол  $\alpha = 90^\circ$  через катушку пройдет заряд  $q$ , равный ... мКл.

- 1) 0,06      2) 0,188      3) 0,754      4) 8,37      5) 1500

**4.39.** Короткозамкнутая катушка, состоящая из  $N$  витков площадью сечения  $S$  и общим сопротивлением  $R$ , помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B$ , перпендикулярное площади витков. Через катушку, если ее повернуть на  $\alpha = 180^\circ$  вокруг оси перпендикулярной силовым линиям магнитного поля, протечет заряд, равный ...

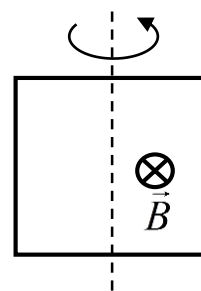
- 1) 0      2)  $\frac{2NBS}{R}$       3)  $\frac{2N^2BS}{R}$       4)  $\frac{NBS}{R}$       5)  $\frac{NBS}{2R}$

**4.40.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 5$  мТл находится плоская прямоугольная рамка со сторонами  $a = 10$  см и  $b = 5$  см. Сопротивление рамки равно  $R = 0,5$  Ом. Вначале плоскость рамки составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с вектором  $\vec{B}$  индукции магнитного поля, как показано на рисунке. Затем рамку развернули так, что вектор  $\vec{B}$  стал параллелен плоскости рамки. Заряд  $q$ , прошедший через рамку, равен ... мкКл.



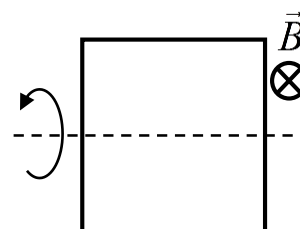
- 1) 0,5      2) 1,0      3) 2,5      4) 12,5      5) 25,0

**4.41.** Плоская квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см находится в однородном магнитном поле. Сопротивление провода, из которого сделана рамка, равно  $R = 0,5$  Ом. Вектор  $\vec{B}$  магнитной индукции перпендикулярен плоскости рамки. За время  $t = 0,2$  с рамку повернули на  $\alpha = 45^\circ$  вокруг вертикальной оси, показанной на рисунке, при этом по рамке протекал ток  $I = 20$  мА. Магнитная индукция  $B$  поля равна ... мТл.



- 1) 59                    2) 100                    3) 141                    4) 283                    5) 683

**4.42.** Если в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью ( $\omega = \text{const}$ ) вращается рамка площадью  $S$ , то в ней ...



- 1) возникает постоянная ЭДС, равная  $\varepsilon_i = BS\omega$   
 2) не возникает ЭДС  $\varepsilon_i$  индукции, т.к.  $\vec{B} = \text{const}$   
 3) возникает постоянная ЭДС  $\varepsilon_i$  индукции, т.к.  $\omega = \text{const}$   
 4) возникает переменная ЭДС  $\varepsilon_i$ , изменяющаяся по гармоническому закону  
 5) возникает переменная ЭДС  $\varepsilon_i$ , изменяющаяся экспоненциально

**4.43.** Амплитуда ЭДС индукции  $\varepsilon_{\text{max}}$ , возникающей во вращающейся в магнитном поле проволочной рамке, при увеличении индукции  $B$  магнитного поля в 2 раза и уменьшении угловой скорости  $\omega$  вращения рамки в 4 раза ...

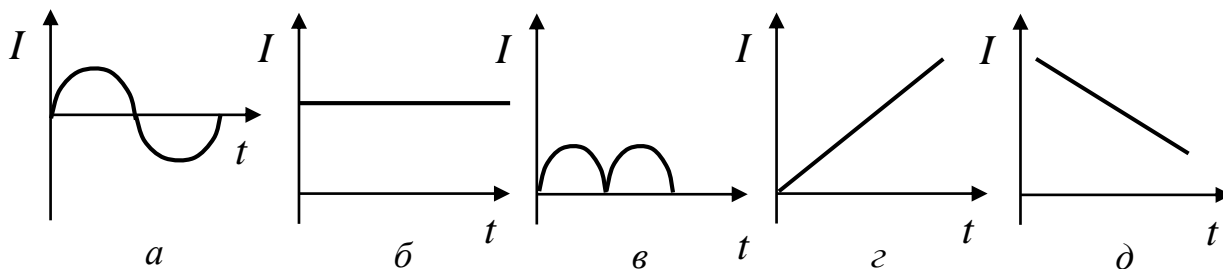
- 1) уменьшится в 4 раза  
 2) уменьшится в 8 раз  
 3) не изменится  
 4) уменьшится в 2 раза  
 5) увеличится в 2 раза

**4.44.** В однородном магнитном поле, индукция которого равна  $B = 0,1$  Тл, равномерно вращается катушка, состоящая из  $N = 100$  витков проволоки. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Угловая скорость вращения катушки

$\omega = 10$  рад/с. Максимальная ЭДС, возникающая в катушке, равна ... В.

- 1) 1                      2) 2                      3) 4                      4) 8                      5) 10

**4.45.** Проволочная прямоугольная рамка вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$  в магнитном поле. Зависимости силы тока  $I$  в рамке от времени  $t$  соответствует график ...



- 1) а                      2) б                      3) в                      4) г                      5) д

**4.46.** Индукция магнитного поля изменяется по закону  $B = 0,1\cos 4\pi t$ , Тл. В это поле помещена квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см. Плоскость рамки перпендикулярна магнитному полю. ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающая в рамке, изменяется по закону ...

- 1)  $10^{-3}\sin 4\pi t$ , В  
 2)  $-10^{-3}\sin 4\pi t$ , В  
 3)  $4\pi \cdot 10^{-3}\sin 4\pi t$ , В  
 4)  $-4\pi \cdot 10^{-3}\sin 4\pi t$ , В  
 5)  $-0,1\sin 4\pi t$ , В

**4.47.** Круглая проволочная рамка радиуса  $r$  расположена в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки и меняющемся со временем по закону  $B = B_0 + kt^2$ , где  $k = \text{const}$ . Возникающая в рамке ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  изменяется по закону ...

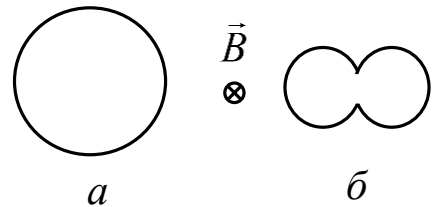
- 1)  $\pi r^2 kt^2$             2)  $\pi r^2 kt$             3)  $2\pi r^2 kt$             4)  $2\pi r^2 k$             5)  $\frac{1}{3}\pi r^2 kt^3$

**4.48.** По двум вертикальным рельсам, верхние концы которых замкнуты резистором сопротивлением  $R$ , начинает скользить проводящая перемычка массой  $m$  и длиной  $l$ . Система находится в магнитном поле. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости, в которой расположены рельсы. Сила трения

пренебрежимо мала. Установившаяся скорость  $v$  движения перемычки равна ...

- 1)  $\frac{mgR}{(Bl)^2}$       2)  $\frac{(Bl)^2}{mgR}$       3)  $\frac{mgR}{Bl}$       4)  $\frac{mR}{(Bl)^2}$       5)  $\frac{Bl}{mgR}$

**4.49.** Кольцевой виток с током (рисунок *a*) находится в переменном магнитном поле, магнитная индукция которого изменяется по закону  $B = B_0 \sin \omega t$ , а вектор  $\vec{B}$  магнитной индукции перпендикулярен плоскости витка. Виток превратили в восьмерку (рисунок *б*), составленную из двух колец, не выводя при этом провод из плоскости витка.



Отношение амплитудных значений  $I_1$  и  $I_2$  тока до и после превращения витка в восьмерку равно ...

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

**4.50.** Величина возникающей в контуре ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  зависит от ...

- А. Индуктивности контура
- Б. Сопротивления контура
- В. Силы тока в контуре
- Г. Скорости изменения тока в контуре
- Д. Ориентации контура во внешнем магнитном поле

- 1) только А      2) Б, В      3) А, Г      4) только Г      5) Г, Д

**4.51.** Катушка, содержащая  $n$  витков провода, подключена к источнику постоянного тока с напряжением  $U$  на выходе. Максимальное значение ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  в катушке при уменьшении напряжения на ее концах от  $U$  до 0 равно ... В.

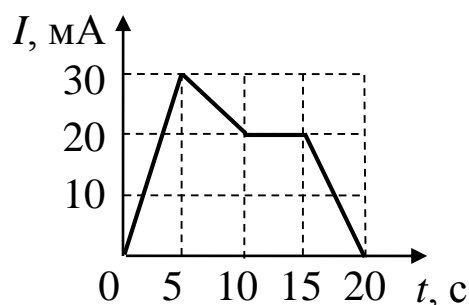
- 1)  $U$       2)  $nU$       3)  $\frac{U}{n}$       4) 0

5) может быть во много раз больше  $U$ , зависит от скорости изменения силы тока и от индуктивности катушки

**4.52.** По соленоиду течет ток, создаваемый источником с постоянной электродвижущей силой. При внесении железного сердечника внутрь соленоида сила тока  $I$  в контуре ...

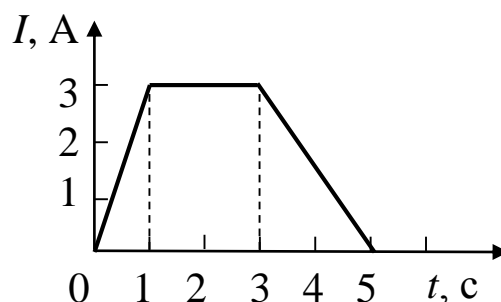
- 1) остается неизменной, т.к. ЭДС источника постоянна
- 2) уменьшается, так как индуктивность соленоида уменьшается
- 3) уменьшается, так как ЭДС самоиндукции стремится сохранить магнитный поток
- 4) уменьшается, так как магнитный поток в соленоиде будет уменьшаться
- 5) увеличивается, так как уменьшается сопротивление соленоида

**4.53.** На рисунке показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью  $L = 1$  мГн. Модуль среднего значения ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  в интервале времени от  $t_1 = 15$  с до  $t_2 = 20$  с равен ... мкВ.



- 1) 0
- 2) 4
- 3) 10
- 4) 15
- 5) 20

**4.54.** Через катушку течет ток  $I$ , изменяющийся со временем  $t$ , как показано на рисунке. Модуль ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  имеет максимальное значение в интервале времени ... с.



- 1) 0 – 1
- 2) 1 – 2
- 3) 2 – 3
- 4) 3 – 4
- 5) 4 – 5

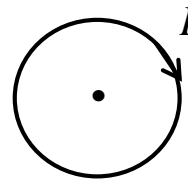
**4.55.** Если при скорости изменении тока в катушке  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,1$  А/с в ней возникает ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is} = 0,01$  В, то индуктивность  $L$  катушки равна ... Гн.

- 1) 0,001
- 2) 0,01
- 3) 0,1
- 4) 1
- 5) 10

**4.56.** Катушка индуктивностью  $L = 2$  Гн включена параллельно с резистором сопротивления  $R = 100$  Ом. В катушке протекает ток  $I = 0,5$  А, сопротивление катушки  $R_k = 900$  Ом. В цепи катушки и резистора при отключении их от источника тока протечет заряд  $q$ , равный ... Кл.

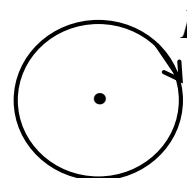
- 1) 4000
- 2) 1000
- 3) 250
- 4) 0,01
- 5) 0,001

**4.57.** Сила тока в проводящем круговом контуре индуктивностью  $L = 0,05$  Гн изменяется с течением времени  $t$  по закону  $I = 2t^2$ , А. Направление тока показано на рисунке. Модуль ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  через время  $t = 3$  с равен ..., а индукционный ток направлен ...



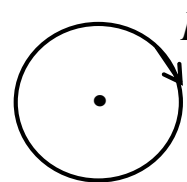
- 1) 0,6 В; против часовой стрелки
- 2) 0,6 В; по часовой стрелке
- 3) 0,9 В; против часовой стрелки
- 4) 0,9 В; по часовой стрелке
- 5) 6 В; против часовой стрелки

**4.58.** Сила тока в проводящем круговом контуре индуктивностью  $L = 0,1$  Гн изменяется с течением времени  $t$  по закону  $I = 2 - 0,3t$ , А. Направление тока показано на рисунке. Модуль ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  равен ..., а индукционный ток направлен ...



- 1) 0,03 В; против часовой стрелки
- 2) 0,03 В; по часовой стрелке
- 3) 1,7 В; против часовой стрелки
- 4) 1,7 В; по часовой стрелке
- 5) 0,3 В; против часовой стрелки

**4.59.** Ток в контуре индуктивностью  $L = 0,1$  Гн изменяется с течением времени  $t$  по закону  $I = 8t - t^2$ , А. Направление тока показано на рисунке. ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  через время  $t = 5$  с равна ..., а индукционный ток направлен ...



- 1) 1,5 В; против часовой стрелки
- 2) 1,5 В; по часовой стрелке
- 3) 0,2 В; против часовой стрелки
- 4) 0,2 В; по часовой стрелке
- 5) 2 В; по часовой стрелке

**4.60.** Индуктивность контура зависит от ...

- А. Материала, из которого изготовлен контур
- Б. Силы тока, протекающего в контуре



В. Формы и размеров контура

Г. Магнитной проницаемости среды

- 1) А, Б      2) А, В      3) Б, В      4) В, Г      5) А, Г

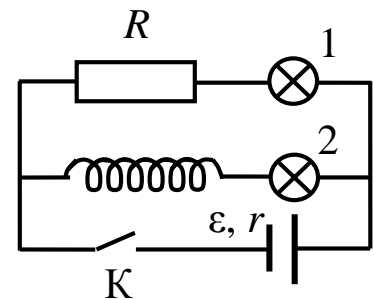
**4.61.** Через контур индуктивностью  $L = 0,02$  Гн течет ток, изменяющийся по закону  $I = 0,05 \sin 500t$ , А. Амплитудное значение возникающей в контуре ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{\max}$  равно ... В.

- 1) 0,5      2) 0,01      3) 5      4) 50      5) 500

**4.62.** Через контур индуктивностью  $L = 4$  Гн течет ток, изменяющийся по закону  $I = 2 \sin \pi t$ , А. ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  в контуре в момент времени  $t = 2$  с равна по модулю ... В.

- 1) 0      2) 2      3) 8      4) 16      5) 25

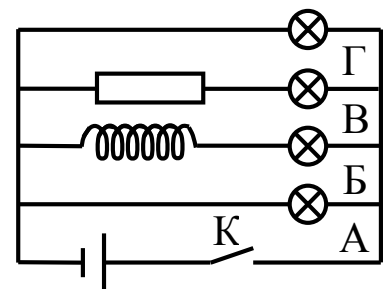
**4.63.** Две одинаковые лампы 1 и 2 подключены к источнику тока, одна – последовательно с резистором  $R$ , а другая – последовательно с катушкой индуктивности  $L$  с железным сердечником, как показано на рисунке. Первоначально ключ  $K$  разомкнут. При замыкании ключа  $K$  ...



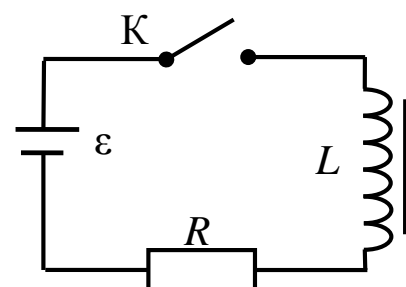
- 1) лампочки загораются одновременно  
2) лампочки не загораются  
3) лампочка 2 вспыхивает сразу, а лампочка 1 загорается постепенно  
4) лампочка 1 вспыхивает сразу, а лампочка 2 загорается постепенно

**4.64.** После замыкания ключа в цепи, представленной на рисунке, позже всех загорится лампочка ...

- 1) А      2) Б      3) В      4) Г  
5) лампочки загорятся все одновременно



**4.65.** Катушка с железным сердечником подключена к источнику тока с малым внутренним сопротивлением через резистор  $R = 40$  Ом. В момент времени  $t = 0$  ключ  $K$



замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные с точностью до  $\pm 0,01$  А, представлены в таблице.

$t, \text{ с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{ А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Модуль ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  в катушке в момент времени  $t = 1$  с равен ... В.

- 1) 11,6                      2) 9,2                      3) 7,6                      4) 4,4                      5) 12

**4.66.** Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от  $I_1 = 0$  до  $I_2 = 10$  А за время  $t = 1$  мин, при этом соленоид накапливает энергию  $W = 20$  Дж. В соленоиде индуцируется ЭДС, равная ... В.

- 1) 0,067                      2) 0,400                      3) 0,417                      4) 0,67                      5) 4

**4.67.** При линейном увеличении силы тока в соленоиде от  $I_1 = 2$  А до  $I_2 = 10$  А за время  $t = 1$  мин в нем индуцируется ЭДС  $\varepsilon_{is} = 4$  В. Энергия  $W$  магнитного поля соленоида изменяется на ... Дж.

- 1) 24                      2) 24                      3) 120                      4) 960                      5) 1440

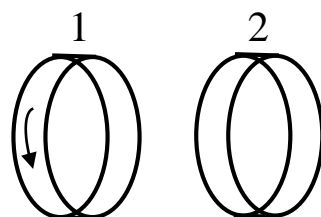
**4.68.** В катушке индуктивностью  $L = 10$  Гн при протекании тока силой  $I_0$  запасена энергия  $W = 125$  Дж. При линейном увеличении силы тока за время  $t = 4$  с в три раза, величина ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  будет равна ... В.

- 1) 8,3                      2) 12,5                      3) 25                      4) 50                      5) 125

**4.69.** Взаимная индукция это ...

- 1) явление возникновения ЭДС в одном из контуров при изменении силы тока в другом
- 2) явление возникновения индукционного тока в одном контуре при изменении магнитного потока через другой
- 3) явление возникновения магнитного потока сквозь один контур при изменении силы тока в другом

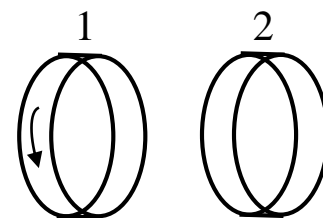
**4.70.** Два контура расположены так, что их плоскости параллельны друг другу. По контуру 1 течет ток, направление которого показано стрелкой. Контур, сохраняя параллельность своих плоскостей, движется друг относительно



друга. При приближении к контуру 1 контура 2, в последнем возникает индукционный ток, направленный ...

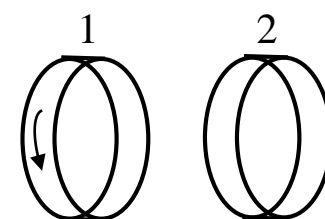
- 1) так же, как и ток в контуре 1
- 2) индукционный ток не возникает
- 3) противоположно току в контуре 1

**4.71.** Два контура расположены так, что их плоскости параллельны друг другу. По контуру 1 течет ток, направление которого показано стрелкой. При увеличении силы тока  $I$  в контуре 1 без изменения взаимного расположения контуров, в контуре 2 возникает индукционный ток, направленный ...



- 1) так же, как и ток в контуре 1
- 2) индукционный ток не возникает
- 3) противоположно току в контуре 1

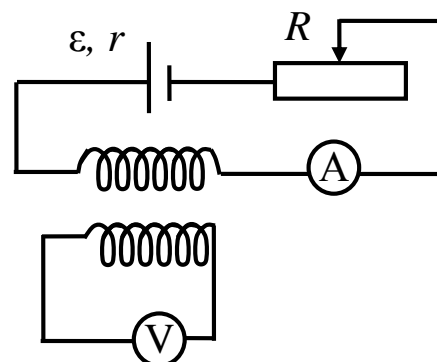
**4.72.** Два контура расположены так, что их плоскости параллельны друг другу. По контуру 1 течет ток, направление которого показано стрелкой. Чтобы в контуре 2 возник индукционный ток, сонаправленный току в контуре 1, нужно ...



- А. Увеличить ток в контуре 1
- Б. Уменьшить ток в контуре 1
- В. Приблизить контур 2 к контуру 1
- Г. Удалить контур 2 от контура 1

- 1) А, В
- 2) А, Г
- 3) Б, В
- 4) В, Г
- 5) Б, Г

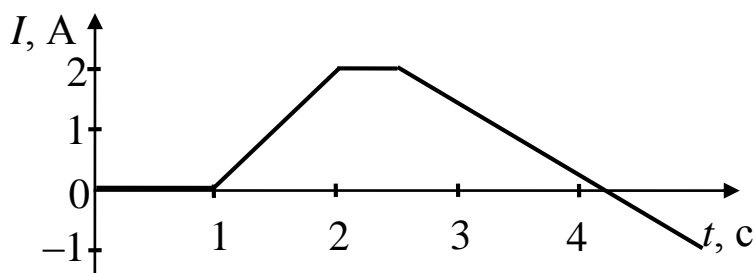
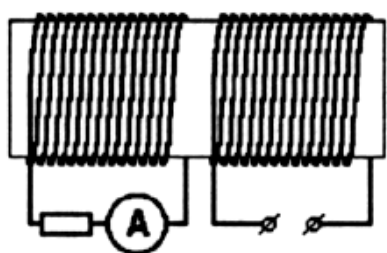
**4.73.** Электрическая цепь состоит из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Показания амперметра и вольтметра при перемещении ползунка реостата влево ... (ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  пренебречь по сравнению с  $\varepsilon$ ).



- 1) амперметра не изменятся, вольтметра равно нулю

- 2) амперметра уменьшатся, вольтметра равно нулю
- 3) амперметра уменьшатся, вольтметра отлично от нуля
- 4) амперметра увеличатся, вольтметра равно нулю
- 5) амперметра увеличатся, вольтметра отлично от нуля

**4.74.** На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику.



Амперметр покажет наличие тока в левой катушке в промежутке времени ...

- 1) от 1 с до 2 с и от 2,5 с до 5 с
- 2) от 1 с до 2 с
- 3) от 0 с до 1 с и от 2 с до 2,5 с
- 4) только от 2,5 с до 5 с

**4.75.** Коэффициент взаимной индукции (взаимная индуктивность контуров) зависит от ...

- А. Размеров и геометрической формы контуров
- Б. Расположения контуров
- В. Силы тока в контурах
- Г. Магнитной проницаемости окружающей контуры среды

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

**4.76.** Две катушки намотаны на общий сердечник. Если при скорости изменения силы тока в первой катушке  $\frac{dI_1}{dt} = 3 \text{ A/c}$  во второй катушке индуцируется ЭДС  $\varepsilon = 0,3 \text{ В}$ , то взаимная индуктивность  $L_{12}$  катушек равна ... Гн.

- 1) 0,1
- 2) 0,9
- 3) 1
- 4) 10
- 5) 1,5

**4.77.** Два соленоида индуктивностями  $L_1 = 0,32$  Гн и  $L_2 = 2$  Гн одинаковой длины и равного сечения вставлены один в другой. Взаимная индуктивность  $L_{12}$  соленоидов равна ... Гн.

- 1) 0,64            2) 0,8            3) 1,16            4) 1,68            5) 2,32

**4.78.** Катушка имеет индуктивность  $L = 0,144$  Гн и сопротивление  $R = 10$  Ом. В катушке потечет ток  $I$ , равный половине установившегося  $I_0$ , через время  $t$  после подключения ее к источнику тока, равное ... с. Сопротивлением источника тока пренебречь.

- 1)  $7,2 \cdot 10^{-3}$       2)  $9,98 \cdot 10^{-3}$       3)  $28,8 \cdot 10^{-3}$       4) 1,44      5) 48,1

**4.79.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $R = 10$  Ом и индуктивностью  $L = 1$  Гн. Сила тока замыкания  $I$  достигает 0,9 предельного значения  $I_0$  через время  $t$ , равное ... с.

- 1) 0,01            2) 0,1            3) 0,23            4) 0,46            5) 10

**4.80.** К источнику тока с внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом подключают катушку индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и сопротивлением  $R = 8$  Ом. Время  $t$ , в течение которого ток в катушке, нарастая, достигает значения, отличающегося от максимального  $I_0$  на 1 %, равно ... с.

- 1)  $5 \cdot 10^{-4}$       2) 0,115      3) 0,230      4) 0,288      5) 92,1

**4.81.** Имеется катушка индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и сопротивлением  $R = 0,8$  Ом. Если источник тока отключить и катушку замкнуть накоротко, то через время  $t = 30$  мс сила тока  $I$  в катушке уменьшится в ... раза.

- 1) 1,42            2) 1,27            3) 2,21            4) 2,52            5) 3,0

**4.82.** Цепь состоит из катушки индуктивностью  $L = 1$  Гн и сопротивления  $R = 10$  Ом. Источник тока можно отключить, не разрывая цепи. Время  $t$ , по истечении которого сила тока уменьшится до 0,001 первоначального значения  $I_0$ , равно ... с.

- 1) 7            2) 1,4            3) 1            4) 0,7            5) 0,1

**4.83.** Цепь состоит из катушки индуктивностью  $L = 2$  Гн и сопротивления  $R = 10$  Ом. Источник тока можно отключить, не разрывая цепи. Время  $t$ , по истечении которого сила тока

уменьшится до 0,9 первоначального значения  $I_0$ , равно ... с.

- 1) 0,01                      2) 0,02                      3) 0,1                      4) 0,5                      5) 1

**4.84.** Источниками электрического поля могут быть не только электрические заряды, но и изменяющиеся во времени магнитные поля. Согласно Максвеллу, это утверждение показывает уравнение ...

А.  $\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$

Б.  $\oint_S \vec{D}d\vec{S} = \int_V \rho dV$

В.  $\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$

Г.  $\oint_S \vec{B}d\vec{S} = 0$

- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г                      5) Б, Г

**4.85.** Магнитные поля могут возбуждаться либо движущимися зарядами, либо переменными электрическими полями. Согласно Максвеллу, это утверждение показывает уравнение ...

А.  $\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$

Б.  $\oint_S \vec{D}d\vec{S} = \int_V \rho dV$

В.  $\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$

Г.  $\oint_S \vec{B}d\vec{S} = 0$

- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г                      5) Б, Г

**4.86.** Утверждение «В любой точке пространства изменяющееся магнитное поле возбуждает вихревое электрическое поле» раскрывает физический смысл уравнений ...

А.  $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Б.  $\oint_L \vec{E}d\vec{l} = 0$

В.  $\oint_L \vec{H}d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$

Г.  $\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$

Д.  $\oint_S \vec{B}d\vec{S} = 0$

- 1) А, Б                      2) Б, В                      3) А, Г                      4) А, Б, Г                      5) Б, В, Г

**4.87.** Среди приведенных уравнений Максвелла

А.  $\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$

$$\text{Б. } \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\text{В. } \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\text{Г. } \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

тому факту, что в пространстве, где изменяется электрическое поле, возникает вихревое магнитное поле, соответствует ...

- 1) А      2) Б      3) В      4) Г      5) ни одно из уравнений

**4.88.** Утверждение: «В любой точке пространства изменяющееся электрическое поле возбуждает вихревое магнитное поле» раскрывает физический смысл уравнения ...

$$\text{А. } \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\text{Б. } \oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\text{В. } \text{rot} \vec{H} = \vec{j}_{\text{полн}}$$

$$\text{Г. } \text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{Д. } \text{div} \vec{B} = 0$$

- 1) А      2) А, В      3) А, Б      4) А, Г      5) А, Д

**4.89.** Вихревой характер магнитного поля выражается формулами ...

$$\text{А. } \oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\text{Б. } \oint_L \vec{H} d\vec{l} = I_{\text{полн}}$$

$$\text{В. } \text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\text{Г. } \text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{Д. } \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

- 1) А, Б      2) Б, В      3) А, Б, Г      4) Б, В, Г      5) Б, В, Д

**4.90.** Уравнения Максвелла для пространства имеют вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Имеется переменное магнитное поле
- Б. Отсутствуют токи смещения
- В. Имеются электрические заряды
- Г. Имеется переменное электрическое поле
- Д. Имеются независимые друг от друга стационарные электрическое и магнитное поля

- 1) А, Б, В      2) А, В, Д      3) Б, Г      4) Б, Д      5) Б, В, Д

**4.91.** Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля имеет вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Система уравнений справедлива для ...

- 1) стационарного электромагнитного поля в отсутствие заряженных тел
- 2) стационарного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости
- 3) стационарного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости
- 4) переменного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости
- 5) переменного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости



4.92. Система уравнений Максвелла:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

справедлива для электромагнитного поля ...

- А. В отсутствие токов смещения
- Б. В отсутствие заряженных тел
- В. При наличии переменного или постоянного магнитного поля
- Г. При наличии постоянного электрического поля
- Д. В отсутствие токов проводимости

- 1) А, Б, В      2) А, В, Г      3) Б, В, Г      4) Б, Г, Д      5) А, Б, Д

4.93. Уравнения Максвелла для пространства имеют следующий вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I_{\text{полн}}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Отсутствуют электрические заряды
- Б. Имеются токи смещения
- В. Имеется стационарное электрическое поле
- Г. Имеется стационарное магнитное поле
- Д. Имеется переменное магнитное поле

- 1) А, Б      2) А, В      3) Б, В, Г      4) А, Б, Г, Д      5) В, Г, Д

4.94. Уравнения Максвелла для пространства имеют вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Присутствуют токи смещения
- Б. Отсутствуют заряженные тела
- В. Имеется переменное электрическое поле
- Г. При наличии постоянного или переменного магнитного поля
- Д. Присутствуют токи проводимости

- 1) А, Б, В      2) А, В, Г, Д      3) Б, В, Г      4) В, Г, Д      5) А, Б, Д

4.95. Уравнение Максвелла для пространства имеют следующий вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Присутствуют токи смещения
- Б. Присутствуют неподвижные электрические заряды
- В. Присутствует переменное магнитное поле
- Г. Присутствует стационарное электрическое поле
- Д. Присутствует переменное электрическое поле

- 1) А, Б      2) А, Г      3) А, В, Д      4) А, В, Г      5) В, Б, Г

4.96. Уравнения Максвелла для пространства имеют следующий вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Отсутствуют токи смещения
- Б. Присутствуют электрические заряды
- В. Имеются токи проводимости
- Г. Имеется переменное электрическое поле
- Д. Присутствуют токи смещения

- 1) А, Б            2) В, Г            3) А, В            4) А, В, Д            5) В, Д

4.97. Следующая система уравнений Максвелла

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

справедлива для электромагнитного поля ...

- А. При наличии заряженных тел и токов проводимости
- Б. При наличии переменного магнитного поля
- В. В отсутствие заряженных тел и токов проводимости
- Г. При наличии стационарного электрического поля
- Д. В отсутствие заряженных тел и токов проводимости

- 1) А, Б            2) А, Б, Г            3) Б, Г            4) А, Д            5) В, Г

4.98. Уравнения Максвелла для пространства имеют вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Отсутствуют токи смещения
- Б. Отсутствуют заряженные тела
- В. Присутствует постоянное или переменное магнитное поле
- Г. Присутствует стационарное электрическое поле
- Д. Отсутствуют токи проводимости

- 1) А, Б, В      2) А, В, Г      3) Б, В, Г      4) Б, Г, Д      5) А, Б, Д

4.99. Уравнения Максвелла для пространства имеют следующий вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. Отсутствуют токи смещения
- Б. Имеется переменное магнитное поле
- В. Имеются электрические заряды
- Г. Имеется переменное электрическое поле
- Д. Имеются независимые друг от друга стационарные электрическое и магнитное поля

- 1) А, Б      2) В, Г      3) В, Д      4) А, В, Д      5) В, Г, Д

**4.100.** Уравнения Максвелла для пространства имеют вид:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$$
$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$
$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$
$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

В этом пространстве ...

- А. При наличии переменного электрического поля
- Б. В отсутствие токов проводимости
- В. В отсутствие токов смещения
- Г. При наличии заряженных тел
- Д. При наличии стационарного магнитного поля

1) А, Б            2) А, В            3) В, Г, Д            4) В, Г            5) Г, Д

### Задачи

**4.101.** С какой скоростью  $\nu$  движется перпендикулярно однородному магнитному полю напряженностью  $H = 500$  А/м прямой проводник длиной  $l = 30$  см и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом, если при замыкании проводника по нему пошел ток силой  $I = 0,01$  А. Влияние замыкающего провода не учитывать. [ $\nu = 5,3$  м/с]

**4.102.** В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 4$  Тл перпендикулярно полю движется прямолинейный проводник длиной  $l = 1$  м со скоростью  $\nu = 25$  м/с. Вектор  $\vec{B}$  магнитной индукции перпендикулярен проводнику и вектору скорости  $\vec{\nu}$ . Концы проводника соединены гибким проводом вне поля. Общее сопротивление цепи  $R = 5$  Ом. Определите мощность  $P$ , необходимую для движения проводника. [ $P = 2$  кВт]

**4.103.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл находится прямой провод длиной  $l = 20$  см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно  $R = 0,1$  Ом. Найдите силу  $F$ , которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $\nu = 2,5$  м/с. [ $F = 1$  Н]

**4.104.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4$  Тл в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной  $l = 10$  см. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определите разность потенциалов  $U$  на концах стержня при частоте вращения  $n = 16$  с<sup>-1</sup>. [ $U = 201$  мВ]

**4.105.** В плоскости, перпендикулярной магнитному полю напряженностью  $H = 20$  кА/м, вращается стержень длиной  $l = 0,4$  м относительно оси, проходящей через его середину. В стержне индуцируется ЭДС  $\varepsilon_i = 0,2$  В. Определите угловую скорость  $\omega$  стержня. [ $\omega = 200$  с<sup>-1</sup>]

**4.106.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл равномерно вращается вокруг вертикальной оси горизонтальный стержень длиной  $l = 0,5$  м. Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции. Определить число оборотов  $n$  в секунду, при котором на концах стержня возникает разность потенциалов  $U = 0,1$  В. [ $n = 6,37$  с<sup>-1</sup>]

**4.107.** Кольцо из алюминиевого ( $\rho = 26$  нОм·м) провода помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца  $D = 20$  см, диаметр провода  $d = 1$  мм. Определите скорость  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  изменения магнитного поля, если сила тока в кольце равна  $I = 0,5$  А. [ $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,33$  Тл/с]

**4.108.** На расстоянии  $a = 1$  м от длинного прямого провода с током  $I = 1$  кА находится кольцо радиуса  $r = 1$  см. Кольцо расположено так, что поток  $\Phi_B$ , пронизывающий его, максимален. Определите количество электричества  $q$ , которое протечет по кольцу, когда ток в проводнике будет выключен. Сопротивление кольца  $R = 10$  Ом. Поле в пределах кольца считать однородным. [ $q = 6,28$  нКл]

**4.109.** В однородном магнитном поле индукции  $B = 0,35$  Тл равномерно с частотой  $n = 480$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 500$  витков площадью  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки перпендикулярно линиям индукции. Определите

максимальную ЭДС индукции  $\varepsilon_{\max}$ , возникающую в рамке.  
[ $\varepsilon_{\max} = 44 \text{ В}$ ]

**4.110.** Найдите максимальный магнитный поток  $\Phi_B$  через прямоугольную рамку, вращающуюся в однородном магнитном поле с частотой  $n = 10 \text{ об/с}$ , если амплитуда, индуцируемой в рамке ЭДС, равна  $\varepsilon_{\max} = 3 \text{ В}$ . [ $\Phi_B = 48 \text{ мВб}$ ]

**4.111.** В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , равномерно вращается катушка, состоящая из  $N = 100$  витков проволоки. Частота вращения катушки  $n = 5 \text{ об/с}$ , площадь поперечного сечения катушки  $S = 0,01 \text{ м}^2$ . Ось вращения перпендикулярна к оси катушки и направлению магнитного поля. Найдите максимальную ЭДС во вращающейся катушке  $\varepsilon_{\max}$ . [ $\varepsilon_{\max} = 3,14 \text{ В}$ ]

**4.112.** Кольцо из алюминиевого ( $\rho = 26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ ) провода помещено в магнитное поле так, что плоскость кольца образует угол  $\alpha = 30^\circ$  с направлением поля. Диаметр кольца  $D = 30 \text{ см}$ , диаметр провода  $d = 2 \text{ мм}$ . Определить скорость  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  изменения магнитного поля, если ток в кольце равен  $I = 1,52 \text{ А}$ . [ $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,34 \text{ Тл/с}$ ]

**4.113.** Проволочное кольцо радиуса  $r = 10 \text{ см}$  лежит на столе. Какое количество электричества  $q$  протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца  $R = 1 \text{ Ом}$ . Вертикальная составляющая индукции магнитного Земли равна  $B = 50 \text{ мкТл}$ . [ $q = 3,14 \text{ мкКл}$ ]

**4.114.** В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. По цепи протекло количество электричества  $q = 10 \text{ мкКл}$ . Определите магнитный поток  $\Phi_B$ , пересеченный кольцом, если сопротивление цепи гальванометра равно  $R = 30 \text{ Ом}$ . [ $\Phi_B = 0,3 \text{ мВб}$ ]

**4.115.** Плоскость проволочного витка площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  и сопротивлением  $R = 5 \text{ Ом}$ , находящегося в однородном магнитном

поле напряженностью  $H = 10$  кА/м, перпендикулярна линиям магнитной индукции. При повороте витка в магнитном поле отсчет гальванометра, замкнутого на виток, составляет  $q = 12,6$  мкКл. Определить угол  $\alpha$  поворота витка. [ $\alpha = 60^\circ$ ]

**4.116.** В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) равномерно с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 1200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить максимальную ЭДС, индуцируемую в рамке. [ $\varepsilon_{\max} = 151$  В]

**4.117.** В магнитное поле, изменяющееся по закону  $B = B_0 \cos \omega t$  ( $B_0 = 0,1$  Тл,  $\omega = 4$  рад/с), помещена квадратная рамка со стороной  $a = 50$  см, причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определить ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающую в рамке, в момент времени  $t = 5$  с. [ $\varepsilon_i = 65$  мВ]

**4.118.** Магнитная индукция поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $B = 1$  Тл. Ротор имеет  $N = 140$  витков. Площадь каждого витка  $S = 500$  см<sup>2</sup>. Определить частоту  $n$  вращения якоря, если максимальное значение ЭДС индукции  $\varepsilon_{\max} = 220$  В. [ $n = 5$  с<sup>-1</sup>]

**4.119.** В однородном магнитном поле равномерно вращается прямоугольная рамка с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Амплитуда индуцируемой в рамке ЭДС  $\varepsilon_{\max} = 3$  В. Определить максимальный магнитный поток  $\Phi_{\max}$  через рамку. [ $\Phi_{\max} = 47,7$  мВб]

**4.120.** Короткая катушка, содержащая  $N = 1000$  витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04$  Тл с угловой скоростью  $\omega = 5$  рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определите мгновенное значение ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линиями индукции поля. Площадь катушки равна  $S = 100$  см<sup>2</sup>. [ $\varepsilon_i = 1$  В]

**4.121.** Рамка площадью  $S = 200$  см<sup>2</sup> равномерно вращается с частотой  $n = 10$  с<sup>-1</sup> относительно оси, лежащей в плоскости рамки



и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,21$  Тл). Каково среднее значение ЭДС индукции  $\varepsilon_i$  за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения  $\Phi_{\max}$ ? [ $\varepsilon_i = 168$  мВ]

**4.122.** В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой  $l = 15$  см. Определить ЭДС индукции  $\varepsilon_i$ , возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $v = 10$  м/с. [ $\varepsilon_i = 0,45$  В]

**4.123.** Рамка, имеющая форму квадрата, помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Перпендикуляр к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определите длину  $b$  стороны рамки, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникающей в рамке при выключении тока в течение времени  $t = 0,03$  с, равно  $\varepsilon_i = 10$  мВ. [ $b = 7,7$  см]

**4.124.** Катушка диаметром  $D = 2$  см, содержащая один слой плотно прилегающих друг к другу  $N = 500$  витков алюминиевого провода сечением  $S = 1$  мм<sup>2</sup>, помещена в магнитное поле. Ось катушки параллельна линиям индукции. Магнитная индукция поля равномерно изменяется со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 1$  мТл/с. Определить тепловую мощность  $P$ , выделяющуюся в катушке, если ее концы замкнуть накоротко. Удельное сопротивление алюминия  $\rho = 26$  нОм·м. [ $P = 30,2$  нВт]

**4.125.** В соленоиде без сердечника, содержащем  $N = 1000$  витков, при увеличении силы тока магнитный поток через один виток увеличился на  $\Delta\Phi_B = 1$  мВб. Определить среднюю ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$ , возникающую в соленоиде, если изменение силы тока произошло за время  $t = 0,1$  с. [ $\varepsilon_{is} = 10$  В]

**4.126.** Соленоид без сердечника длиной  $l = 15$  см и диаметром  $D = 4$  см имеет  $N = 100$  витков на  $l_0 = 1$  см длины и включен в цепь источника тока. За время  $t = 1$  мс сила тока в нем изменилась на

$\Delta I = 10$  мА. Определите ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$ , считая, что ток в цепи изменяется равномерно. [ $\varepsilon_{is} = 0,24$  В]

**4.127.** Соленоид диаметром  $D = 4$  см, имеющий  $N = 500$  витков, помещен в магнитное поле, индукция которого изменяется со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 1$  мТл/с. Ось соленоида составляет с вектором  $\vec{B}$  магнитной индукции угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определить ЭДС индукции  $\varepsilon_{is}$ , возникающей в соленоиде. [ $\varepsilon = 444$  мкВ]

**4.128.** Тонкий медный ( $\rho = 8,93$  г/см<sup>3</sup>) провод массой  $m = 1$  г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0,1$  Тл) так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определите количество электричества  $q$ , которое протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию. [ $q = 41,2$  мКл]

**4.129.** В соленоиде сила тока равномерно возрастает от  $I_1 = 0$  до  $I_2 = 100$  А в течение времени  $t = 2$  с. При этом в нем индуцируется ЭДС, равная  $\varepsilon_i = 1$  В. Определите энергию  $W$  соленоида в конце возрастания силы тока. [ $W = 100$  Дж]

**4.130.** На соленоид длиной  $l = 20$  см и площадью поперечного сечения  $S = 30$  см<sup>2</sup> надет проволочный виток. Обмотка соленоида имеет  $N = 320$  витков, по нему идет ток  $I = 3$  А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоиде витке, когда ток в соленоиде выключается в течение времени  $t = 1$  мс? [ $\varepsilon_i = 18$  мВ]

**4.131.** В катушке длиной  $l = 0,5$  м, диаметром  $D = 5$  см и числом витков  $N = 1500$  ток равномерно увеличивается на  $\Delta I = 0,2$  А за время  $t = 1$  с. На катушку надето кольцо из медной ( $\rho = 17$  нОм·м) проволоки площадью сечения  $S = 3$  мм<sup>2</sup>. Определить силу тока  $I$  в кольце. [ $I = 1,66$  мА]

**4.132.** Проволочный виток, имеющий площадь  $S = 100$  см<sup>2</sup>, разрезан в некоторой точке, в разрез включен конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ. Виток помещен перпендикулярно в однородное

магнитное поле, индукция которого равномерно меняется со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 5$  мТл/с. Определите заряд  $q$  конденсатора.  
[ $q = 0,5$  нКл]

**4.133.** Через катушку, индуктивность которой равна  $L = 200$  мГн, протекает ток, изменяющийся по закону  $I = 2 \cos 3t$ , А. Определите: 1) закон изменения ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$ ; 2) максимальное значение ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{\max}$ . [ $\varepsilon_{is} = 1,2 \sin 3t$ , В;  $\varepsilon_{\max} = 1,2$  В]

**4.134.** Магнитная индукция поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $B = 0,8$  Тл. Ротор имеет  $N = 100$  витков площадью  $S = 400$  см<sup>2</sup>. Определите частоту  $n$  вращения якоря, если максимальное значение ЭДС индукции  $\varepsilon_{\max} = 200$  В. [ $n = 10$  об/с]

**4.135.** Соленоид содержит  $N = 1000$  витков. Площадь сечения соленоида  $S = 10$  см<sup>2</sup>. По обмотке течет ток, создающий магнитное поле, индукция которого  $B = 1,5$  Тл. Найдите среднюю ЭДС индукции  $\varepsilon_{is}$ , возникающую в соленоиде, если ток уменьшится до нуля за время  $t = 500$  мкс. [ $\varepsilon_{is} = 3$  кВ]

**4.136.** Однослойный соленоид без сердечника длиной  $l = 20$  см и диаметром  $D = 4$  см имеет плотную намотку медным проводом ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м), диаметр которого равен  $d = 0,1$  мм. За время  $t = 0,1$  с сила тока в нем равномерно убывает с  $I_0 = 5$  А до  $I = 0$ . Определите ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  в соленоиде. [ $\varepsilon_{is} = 1,58$  В]

**4.137.** На стержень из немагнитного материала длиной  $l = 20$  см и площадью сечения  $S = 2$  см<sup>2</sup> намотан в один слой провод так, что на каждый сантиметр длины стержня приходится 20 витков. Определите энергию  $W$  магнитного поля внутри соленоида, если сила тока в обмотке равна  $I = 0,5$  А. [ $W = 26$  мкДж]

**4.138.** Обмотка соленоида содержит  $N = 10$  витков на каждый сантиметр длины, сердечник немагнитный. При какой силе тока  $I$  в обмотке плотность энергии магнитного поля равна  $\omega = 1$  Дж/м<sup>3</sup>? [ $I = 1,26$  А]

**4.139.** Две длинные катушки намотаны на общий сердечник, причем индуктивности этих катушек  $L_1 = 0,64$  Гн и  $L_2 = 0,04$  Гн. Определить, во сколько раз число витков первой катушки  $N_1$  больше числа витков  $N_2$  второй катушки. [ $\frac{N_1}{N_2} = 4$  раза]

**4.140.** Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 5$  А/с, во второй катушке возникает ЭДС индукции  $\varepsilon_i = 0,1$  В. Определите коэффициент  $L_{12}$  взаимной индукции катушек. [ $L_{12} = 20$  мГн]

**4.141.** Два соленоида одинаковой длины и равного сечения, индуктивности которых  $L_1 = 0,64$  Гн и  $L_2 = 1$  Гн, вставлены один в другой. Определить взаимную индуктивность  $L_{12}$  соленоидов. [ $L_{12} = 0,8$  Гн]

**4.142.** Две катушки имеют взаимную индуктивность  $L_{12} = 5$  мГн. В первой катушке ток изменяется по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ , где  $I_0 = 10$  А,  $\omega = 100\pi$  рад/с. Найдите зависимость ЭДС  $\varepsilon_2$ , индуцируемой во второй катушке, от времени  $t$ , и наибольшее значение  $\varepsilon_{2\max}$  этой ЭДС. [ $\varepsilon_2 = -15,7 \cos 100\omega t$ ;  $\varepsilon_{2\max} = 15,7$  В]

**4.143.** К источнику тока с внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом подключают катушку индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и сопротивлением  $R = 8$  Ом. Найдите время  $t$ , в течении которого ток в катушке, нарастая, достигает значения, отличающегося от максимального  $I_0$  на 1%. [ $t = 0,23$  с]

**4.144.** Источник тока замкнули на катушку с сопротивлением  $R = 10$  Ом и индуктивностью  $L = 1$  Гн. Через какое время сила тока замыкания достигнет 0,9 предельного значения  $I_0$ . [ $t = 0,23$  с]

**4.145.** Катушку индуктивностью  $L = 0,6$  Гн подключают к источнику тока. Определить сопротивление  $R$  катушки, если за время  $t = 3$  с сила тока через катушку достигает 80% предельного значения  $I_0$ . [ $R = 322$  мОм]

**4.146.** Катушка имеет индуктивность  $L = 0,144$  Гн и сопротивление  $R = 10$  Ом. Через какое время  $t$  после включения в катушке потечет ток, равный половине установившегося  $I_0$ ? [ $t = 10$  мс]

**4.147.** Имеется катушка индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и сопротивлением  $R = 0,8$  Ом. Определить, во сколько раз уменьшится сила тока  $I_0$  в катушке через  $t = 30$  мс, если источник тока отключить и катушку замкнуть накоротко. [ $\frac{I_0}{I} = 1,27$ ]

**4.148.** Определить силу тока  $I_{см}$  смещения между квадратными пластинами конденсатора со стороной  $a = 5$  см, если напряженность электрического поля изменяется со скоростью  $\frac{\Delta E}{\Delta t} = 4,52 \cdot 10^6$  В/(м·с). [ $I_{см} = 0,1$  мкА]

**4.149.** На пластины плоского конденсатора подается напряжение, изменяющееся с течением времени по закону  $U = k \cdot t$ , где  $k = 12$  В/с. Определите плотность тока смещения  $j_{см}$  между пластинами конденсатора. Расстояние между пластинами  $d = 2$  мкм, диэлектрическая проницаемость вещества между пластинами  $\epsilon = 2,7$ . [ $j_{см} = 143$  мкА/м<sup>2</sup>]

**4.150.** Плотность тока смещения  $j_{см}$  в некоторой точке диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  меняется со временем по закону  $j_{см} = 0,002 \cos(10^4 t)$ , А/м<sup>2</sup>. По какому закону меняется напряженность электрического поля. [ $E = \frac{10^{-7} \sin 10^4 t}{\epsilon_0}$ , В/м]

## 5. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### Основные формулы:

Уравнение колебаний заряда  $q$  на обкладках конденсатора в контуре без активного сопротивления

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

где  $q$  – мгновенный заряд в момент времени  $t$ ,  $q_m$  – амплитуда заряда,  $\varphi$  – начальная фаза колебаний,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  – циклическая частота собственных колебаний,  $L$  – индуктивность,  $C$  – емкость контура.

Колебания напряжения на конденсаторе

$$U = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

где  $U$  – мгновенное значение напряжения,  $U_m$  – амплитуда напряжения.

Уравнение колебаний тока в соленоиде

$$I = \frac{dq}{dt} = -q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) = -I_m \sin(\omega_0 t + \varphi),$$

где  $I$  – мгновенная сила тока в контуре,  $I_m = \omega_0 q_m$  – амплитуда силы тока.

Период собственных колебаний в контуре без активного сопротивления (формула Томпсона)

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Период затухающих колебаний в контуре с активным сопротивлением  $R$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}},$$

где  $\beta = \frac{R}{2L}$  – коэффициент затухания.

Время релаксации

$$\tau = \frac{1}{\beta} = \frac{2L}{R}.$$

Логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \beta T .$$

Добротность колебательного контура

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} .$$

Частота, при которой в контуре наблюдается резонанс напряжений

$$\omega_{U, \text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} .$$

Частота, при которой наблюдается резонанс токов

$$\omega_{I, \text{рез}} = \omega_0 .$$

Максимальная энергия электрического поля конденсатора

$$W_{\text{эл max}} = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{q_m U_m}{2} .$$

Максимальная энергия магнитного поля соленоида

$$W_{\text{м max}} = \frac{LI_m^2}{2} .$$

Длина электромагнитной волны в вакууме (воздухе)

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} ,$$

где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость электромагнитной волны в вакууме,  $T$  – период колебаний,  $\nu$  – частота.

Скорость электромагнитных волн в среде (фазовая скорость волны)

$$\nu = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} ,$$

где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость,  $\mu$  – магнитная проницаемость среды.

Уравнение плоской электромагнитной волны

$$E = E_m \cos(\omega t - kx + \varphi) ,$$

$$H = H_m \cos(\omega t - kx + \varphi) ,$$

где  $E_m$  и  $H_m$  – соответственно амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей волны,  $\omega$  – циклическая частота

волны,  $k = \frac{\omega}{\nu} = \frac{2\pi}{\lambda}$  – волновое число,  $\varphi$  – начальная фаза колебаний в точках с координатой  $x = 0$ .

Объемная плотность энергии электромагнитной волны

$$\omega = \omega_{\text{эл}} + \omega_{\text{м}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2},$$

где  $\omega_{\text{эл}}$  – плотность энергии электрического поля, где  $\omega_{\text{м}}$  – плотность энергии магнитного поля.

В бегущей электромагнитной волне

$$\begin{aligned}\omega_{\text{эл}} &= \omega_{\text{м}}, \\ \omega &= 2\omega_{\text{эл}} = \epsilon_0 \epsilon E^2, \\ \omega &= \sqrt{\epsilon_0 \epsilon \mu_0 \mu} E H = \frac{1}{\nu} E H,\end{aligned}$$

где  $\nu$  – скорость распространения электромагнитной волны.

Вектор плотности потока электромагнитной энергии (вектор Умова-Пойнтинга)

$$\vec{S} = \vec{j} = [\vec{E}, \vec{H}].$$

Модуль вектора плотности потока энергии

$$j = \omega \nu = E H.$$

Интенсивность электромагнитной волны (средняя по времени плотность потока энергии)

$$I = \langle \omega \rangle \nu = \frac{1}{2} \nu \epsilon_0 \epsilon E_m^2,$$

где  $\langle \omega \rangle$  – средняя плотность энергии.

Энергия  $W$ , переносимая волной через площадку площадью  $S$ , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны за время  $t$  ( $t \gg T$ )

$$W = \int j S dt = \int \omega \nu S dt = \int \nu S \epsilon_0 \epsilon E_m^2 \sin^2 \omega t dt = \frac{1}{2} \nu S \epsilon_0 \epsilon E_m^2 t.$$



## Тестовые задания

**5.1.** Колебательный контур содержит конденсатор и катушку индуктивности. Если раздвинуть пластины конденсатора, то период  $T$  свободных электромагнитных колебаний ...

- 1) не изменится                      2) увеличится                      3) уменьшится

**5.2.** При увеличении индуктивности  $L$  в идеальном  $LC$  – контуре в 3 раза, собственная частота  $\omega_0$  колебаний ...

- 1) не изменится  
2) увеличится в 3 раза  
3) увеличится в  $\sqrt{3}$  раза  
4) уменьшится в 3 раза  
5) уменьшится в  $\sqrt{3}$  раза

**5.3.** Колебательный контур содержит конденсатор и катушку индуктивности. Если в катушку ввести железный сердечник, то период  $T$  свободных электромагнитных колебаний ...

- 1) не изменится                      2) увеличится                      3) уменьшится

**5.4.** Заряд на обкладках конденсатора в идеальном колебательном контуре меняется по закону  $q = 50 \cos 200\pi t$ , Кл. Период  $T$  колебаний в контуре равен ... с.

- 1) 628                      2) 200                      3) 4                      4) 0,1                      5) 0,01

**5.5.** Напряжение на конденсаторе в колебательном контуре меняется по закону  $U = 200 \cos 100\pi t$ , В. Период  $T$  колебаний в контуре равен ... с.

- 1) 314                      2) 200                      3) 2                      4) 0,5                      5) 0,02

**5.6.** Изменения электрического заряда конденсатора в колебательном контуре происходят по закону  $q = 0,01 \cos 20t$ . Изменения силы электрического тока  $I$  происходят в соответствии с уравнением ...

- 1)  $I = -2 \sin 20t$                       2)  $I = 0,01 \cos 20t$                       3)  $I = -0,2 \sin 20t$   
4)  $I = -2 \cos 20t$                       5)  $I = 2 \sin 20t$

**5.7.** Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону  $U = 10\cos 10^4 t$ , В. Емкость конденсатора  $C = 10$  мкФ. Индуктивность  $L$  контура равна ... мГн.

- 1) 1,0                      2) 2,75                      3) 3,7                      4) 5,0                      5) 5,1

**5.8.** Колебания электрического тока в идеальном колебательном контуре происходят по закону  $I = -30\sin 300t$ . Колебания электрического заряда  $q$  на обкладках конденсатора происходят в соответствии с уравнением ...

- 1)  $q = 0,1\cos 300t$                       2)  $q = -0,1\cos 300t$                       3)  $q = -3\sin 10t$   
4)  $q = 3\cos 10t$                       5)  $q = 0,01\cos 3000t$

**5.9.** Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону  $I = 0,1\cos 10^3 t$ , А. Индуктивность контура  $L = 0,1$  Гн. Емкость  $C$  конденсатора равна ... мкФ.

- 1) 14,5                      2) 12,9                      3) 10,0                      4) 7,8                      5) 5,1

**5.10.** Колебания силы тока  $I$  в идеальном колебательном  $LC$  – контуре ...

А. Совпадают по фазе с колебаниями заряда  $q$

Б. Опережают по фазе колебания заряда на  $\frac{\pi}{2}$

В. Отстают по фазе от колебаний заряда на  $\frac{\pi}{2}$

Г. Одинаковы по частоте с колебаниями заряда

Д. Различны по частоте с колебаниями заряда

- 1) А, Г                      2) Б, Г                      3) В, Г                      4) В, Д                      5) А, Д

**5.11.** В колебательном контуре в процессе незатухающих колебаний с течением времени сохраняется ...

1) модуль заряда конденсатора

2) сила тока в катушке

3) энергия электрического поля конденсатора

4) энергия магнитного поля катушки

5) сумма энергий конденсатора и катушки

**5.12.** Может ли амплитудное значение силы тока в идеальном колебательном контуре превысить амплитудное значение заряда конденсатора?

- 1) нет
- 2) да
- 3) ответ зависит от значений  $L$  и  $C$
- 4) вопрос лишен физического смысла
- 5) ни один из ответов 1 – 4 не верен

**5.13.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные гармонические колебания. Если максимальный заряд конденсатора  $q_m = 10^{-6}$  Кл, а максимальная сила тока  $I_m = 10$  А, то частота  $\nu$  колебаний этого контура ... МГц.

- 1) 1,4
- 2) 1,6
- 3) 1,8
- 4) 2,0
- 5) 2,2

**5.14.** катушку индуктивностью  $L = 5 \cdot 10^{-3}$  Гн подключили к конденсатору, имеющему заряд  $q = 2 \cdot 10^{-6}$  Кл при напряжении  $U = 400$  В. Амплитуда силы тока  $I_m$  возникших в цепи колебаний равна ... А.

- 1)  $10^{-6}$
- 2) 0,16
- 3) 0,32
- 4) 0,40
- 5) 8

**5.15.** Конденсаторы двух идеальных колебательных контуров 1 и 2 с одинаковыми параметрами ( $L_1 = L_2$ ,  $C_1 = C_2$ ) заряжаются от батарей с разными ЭДС ( $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ ). Амплитудные значения силы тока  $I_{m1}$  и  $I_{m2}$  свободных электромагнитных колебаний в этих контурах ...

- 1)  $I_{m1} = I_{m2}$
- 2)  $I_{m1} > I_{m2}$
- 3)  $I_{m1} < I_{m2}$

**5.16.** Конденсаторы двух идеальных колебательных контуров 1 и 2 с одинаковыми параметрами ( $L_1 = L_2$ ,  $C_1 = C_2$ ) заряжаются от батарей с разными ЭДС ( $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ ). Частоты  $\omega_1$  и  $\omega_2$  свободных электромагнитных колебаний в этих контурах ...

- 1)  $\omega_1 = \omega_2$
- 2)  $\omega_1 > \omega_2$
- 3)  $\omega_1 < \omega_2$

**5.17.** В колебательном контуре, состоящем из воздушного конденсатора и катушки, происходят свободные электромагнитные колебания. В момент времени, когда модуль напряжения  $U$  на катушке минимален, за время, много меньшее периода  $T$  собственных колебаний контура, емкость  $C$  конденсатора уменьшают в 4 раза,

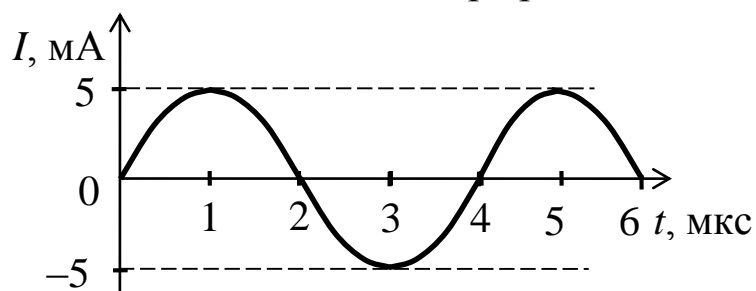
увеличивая зазор между пластинами. Максимальный заряд  $q_m$  на конденсаторе в ходе колебаний по сравнению с прежним ...

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

**5.18.** В колебательном контуре, состоящем из воздушного конденсатора и катушки, происходят свободные электромагнитные колебания. В момент времени, когда модуль напряжения  $U$  на катушке минимален, за время, много меньшее периода  $T$  собственных колебаний контура, емкость  $C$  конденсатора увеличивают в 4 раза, уменьшая зазор между пластинами. Максимальная сила тока  $I_m$  через катушку в ходе колебаний по сравнению с прежней ...

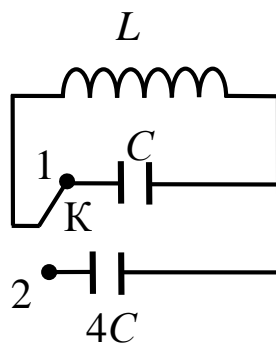
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 4 раза
- 5) уменьшится в 4 раза

**5.19.** На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки, индуктивность которой равна  $L = 0,2$  Гн. Максимальное значение напряжения  $U_m$  на конденсаторе равно ... В.



- 1) 1570                      2) 1114                      3) 100                      4) 1                      5) 0,001

**5.20.** Если ключ  $K$  в показанном на рисунке контуре перевести из положения 1 в положение 2, то частота  $\omega_0$  собственных электромагнитных колебаний ...

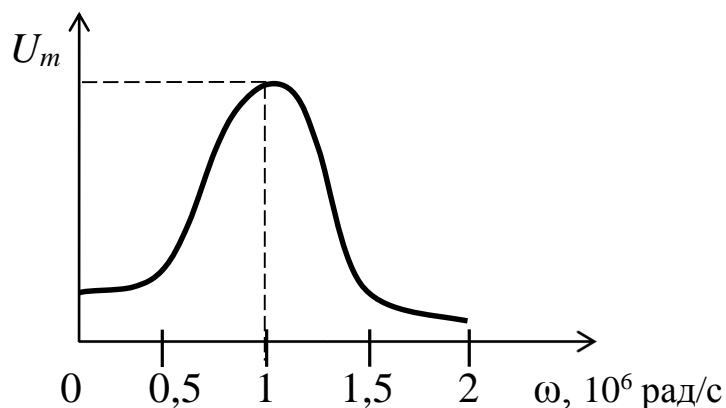


- 1) увеличится в 4 раза
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 2 раза
- 5) не изменится

**5.21.** Идеальный колебательный контур состоит из катушки и двух одинаковых конденсаторов, соединенных параллельно. Если эти конденсаторы соединить последовательно, то частота  $\omega$  собственных колебаний контура изменится ...

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) не изменится
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) увеличится в  $\sqrt{2}$  раза
- 5) уменьшится в  $\sqrt{2}$  раза

**5.22.** На рисунке представлена зависимость амплитуды колебания напряжения на конденсаторе емкостью  $C = 1$  нФ, включенного в колебательный контур. Коэффициент затухания  $\beta$  мал. Индуктивность  $L$  этого контура равна ... мГн.



- 1) 10
- 2) 1
- 3) 0,1
- 4) 0,01
- 5) 0,001

**5.23.** В колебательном контуре происходят незатухающие колебания. В некоторый момент времени напряжение  $U$  на конденсаторе вдвое меньше максимального значения  $U_m$ . Отношение силы тока  $I$  в этот момент к максимальному значению тока  $I_m$  равно ...

- 1)  $\sqrt{3}$       2)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$       3)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$       4)  $\frac{1}{2}$       5)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

**5.24.** Конденсатор, заряженный до энергии  $W$ , в первый раз подключили к катушке индуктивностью  $L$ , а второй – к катушке индуктивностью  $4L$ . В обоих случаях в контуре возникли незатухающие колебания. Отношение периодов колебаний энергии конденсатора  $\frac{T_2}{T_1}$  равно ...

- 1)  $\frac{1}{2}$       2) 1      3) 2      4)  $\frac{1}{4}$       5) 4

**5.25.** Колебательный контур имеет индуктивность  $L = 1,6$  мГн, емкость  $C = 0,04$  мкФ и максимальное напряжение на зажимах, равное  $U_m = 200$  В. Максимальная сила тока  $I_m$  в контуре равна ... А.

- 1) 0,04      2) 0,2      3) 1,0      4) 2,0      5) 4,0

**5.26.** Конденсатору емкостью  $C = 0,4$  мкФ сообщают заряд  $q = 10$  мкКл, после чего он замыкается на катушку с индуктивностью  $L = 1$  мГн. Максимальная сила тока  $I_m$  в катушке равна ... А.

- 1) 0,25      2) 0,33      3) 1,25      4) 0,5      5) 0,75

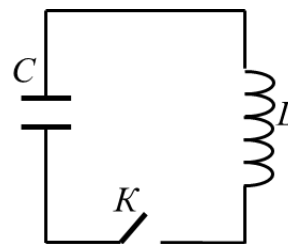
**5.27.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 6$  мкГн и конденсатора емкостью  $C = 40$  пФ. Если максимальный заряд на конденсаторе равен  $q_m = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл, то максимальный ток  $I_m$ , протекающий в контуре, равен ... мА.

- 1) 124      2) 81      3) 194      4) 245      5) 158

**5.28.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 6$  мкГн и конденсатора емкостью  $C = 4$  пФ. Энергия, запасенная в контуре, равна  $W = 1,2 \cdot 10^{-6}$  Дж. В тот момент, когда заряд на конденсаторе  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл, сила тока  $I$  в цепи равна ... мА.

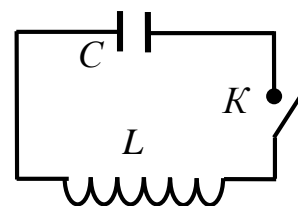
- 1) 25      2) 80      3) 125      4) 158      5) 185

**5.29.** Первоначально конденсатор  $C$  в схеме, представленной на рисунке, был заряжен. Затем в момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. Ток  $I$  через индуктивность достигнет значения в два раза меньше максимального  $I_m$  через время  $t$ , равное ...



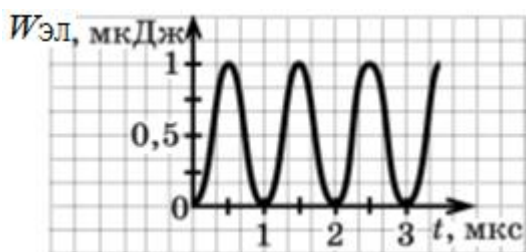
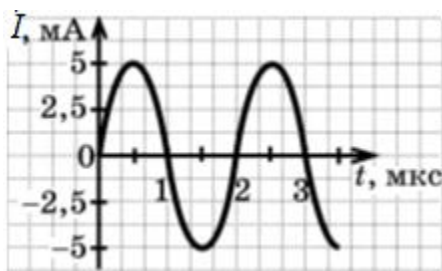
- 1)  $\pi\sqrt{LC}$     2)  $2\pi\sqrt{LC}$     3)  $4\pi\sqrt{LC}$     4)  $\frac{\pi\sqrt{LC}}{2}$     5)  $\frac{\pi\sqrt{LC}}{6}$

**5.30.** Колебательный контур содержит катушку индуктивностью  $L$ , заряженный конденсатор емкостью  $C$  и ключ  $K$ . Энергия магнитного поля  $W_m$  после замыкания ключа  $K$  станет максимальной через время  $t$ , равное ...

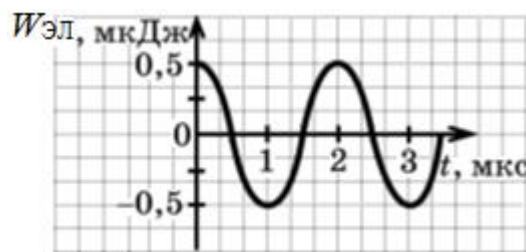


- 1)  $\frac{3\pi}{2}\sqrt{LC}$     2)  $\pi\sqrt{LC}$     3)  $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$     4)  $2\pi\sqrt{LC}$     5)  $2,5\pi\sqrt{LC}$

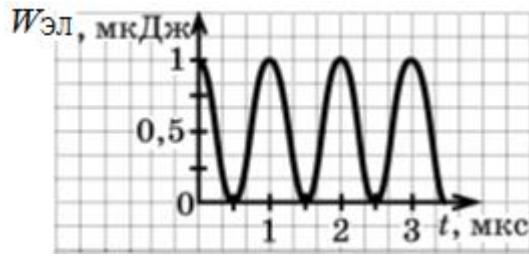
**5.31.** На рисунке приведен график зависимости силы тока  $I$  в колебательном контуре от времени  $t$ . Колебательный контур считать идеальным. Емкость конденсатора равна  $C = 1,25$  пФ. Процесс изменения энергии  $W_{эл}$  электрического поля конденсатора показан правильно на графике ...



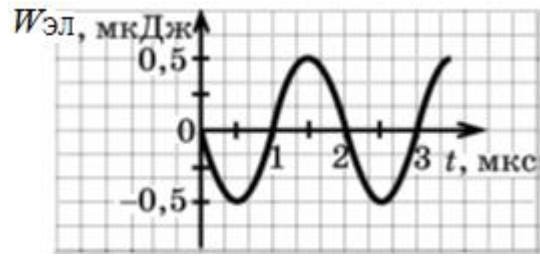
*a*



*б*



а



б

1) а

2) б

3) в

4) г

**5.32.** Амплитудное значение заряда на конденсаторе равно  $q_m = 2,0$  мКл. Значение заряда  $q$  на конденсаторе через  $\frac{1}{6}$  часть периода  $T$  после амплитудного значения равно ... мКл.

1) 2,0

2) 1,7

3) 1,0

4) 0,5

5) 0,2

**5.33.** Отношение энергии магнитного поля  $W_M$  идеального контура к его полной энергии  $W$  для момента времени  $t = \frac{T}{8}$  равно ...

1)  $\frac{1}{8}$

2)  $\frac{1}{4}$

3)  $\frac{1}{2}$

4) 1

5) 2

**5.34.** Отношение энергии электрического поля  $W_{эл}$  идеального контура к его полной энергии  $W$  для момента времени  $t = \frac{T}{8}$  равно ...

1) 2

2) 1

3)  $\frac{1}{2}$

4)  $\frac{1}{4}$

5)  $\frac{1}{8}$

**5.35.** Колебательный контур составлен из катушки с индуктивностью  $L$  и конденсатора с электроемкостью  $C = 4 \cdot 10^{-5}$  Ф. Конденсатор зарядили до напряжения  $U = 2$  В, и он начал разряжаться. В некоторый момент времени энергия контура  $W$  оказалась поровну распределенной между электрическим и магнитным полями, при этом сила тока в катушке  $I = 0,02$  А. Индуктивность  $L$  катушки равна ... мГн.

1) 450

2) 200

3) 100

4) 50

5) 12,5



**5.36.** Конденсатор, заряженный до энергии  $W$ , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L$ , а во второй – к катушке с индуктивностью  $4L$ . В обоих случаях в контуре возникли незатухающие колебания. Отношение максимальных энергий магнитного поля  $\frac{W_{2\max}}{W_{1\max}}$  равно ...

- 1) 4                      2) 2                      3) 1                      4)  $\frac{1}{2}$                       5)  $\frac{1}{4}$

**5.37.** В колебательном контуре максимальная сила тока  $I_m = 0,2$  А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора  $U_m = 40$  В. Если период колебаний  $T = 15,7$  мкс, то энергия  $W$  колебательного контура равна ... мкДж.

- 1) 0,75                      2) 7,5                      3) 10                      4) 12,7                      5) 15

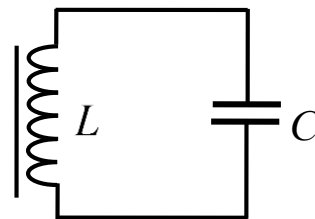
**5.38.** Сила тока в колебательном контуре, содержащем катушку индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и конденсатор, со временем  $t$  изменяется согласно уравнению  $I = -0,1 \sin 200\pi t$ , А. Максимальная энергия  $W_{m\max}$  магнитного поля равна ... мДж.

- 1) 0,5                      2) 0,75                      3) 1,5                      4) 0,25                      5) 3,8

**5.39.** Сила тока  $I$  через катушку индуктивности возросла в 3 раза. При этом энергия магнитного поля катушки изменилась на  $\Delta W_m = 4$  Дж. Первоначальное значение энергии магнитного поля катушки равно ... Дж.

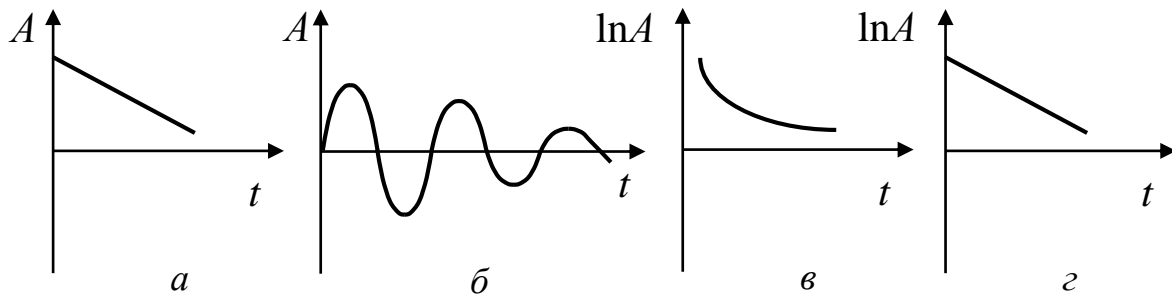
- 1) 0,1                      2) 0,3                      3) 0,5                      4) 1                      5) 2

**5.40.** В идеальном колебательном контуре, показанном на рисунке, напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_c = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 5$  В,  $\omega = 106$  с<sup>-1</sup>. В момент, когда напряжение между обкладками конденсатора равно  $U = 5$  В, модуль ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_{is}$  равен ... В.



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

**5.41.** График зависимости амплитуды  $A$  затухающих колебаний заряда (тока) от времени  $t$  верно представлена на рисунке ...



1) а

2) б

3) в

4) г

**5.42.** При уменьшении активного сопротивления  $R$  в реальном  $RLC$  – контуре частота  $\nu$  колебаний ...

- 1) увеличивается
- 2) не изменяется
- 3) уменьшается
- 4) сначала увеличивается, затем уменьшается
- 5) сначала уменьшается, затем увеличивается

**5.43.** При уменьшении емкости  $C$  конденсатора в реальном  $RLC$  – контуре частота  $\nu$  колебаний ...

- 1) не изменяется
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается
- 4) сначала увеличивается, потом уменьшается
- 5) сначала уменьшается, потом увеличивается

**5.44.** При уменьшении емкости  $C$  конденсатора в реальном  $RLC$  – контуре коэффициент затухания  $\beta$  ...

- 1) сначала увеличивается, потом уменьшается
- 2) сначала уменьшается, потом увеличивается
- 3) увеличивается
- 4) не изменяется
- 5) уменьшается

**5.45.** При уменьшении индуктивности  $L$  катушки в реальном  $RLC$  – контуре коэффициент затухания  $\beta$  ...

- 1) сначала увеличивается, потом уменьшается
- 2) сначала уменьшается, потом увеличивается
- 3) не изменяется
- 4) увеличивается
- 5) уменьшается



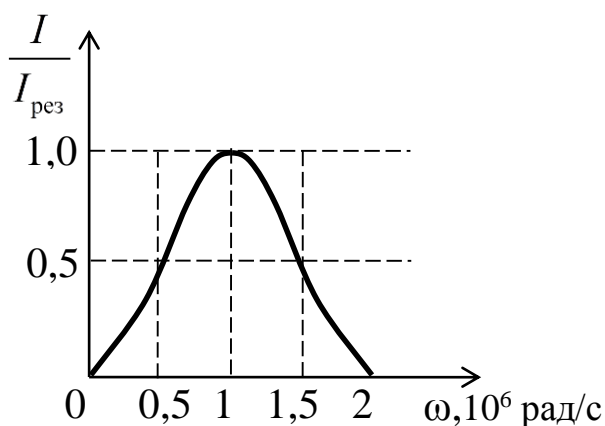
**5.51.** Если емкость контура  $C = 10$  мкФ, индуктивность  $L = 1$  мГн, то минимальное сопротивление  $R$ , при котором невозможны периодические электромагнитные колебания, равно ... Ом.

- 1) 10                      2)  $2\sqrt{10}$                       3)  $\sqrt{20}$                       4) 20                      5) 2

**5.52.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 1,2$  мГн и конденсатора емкостью  $C = 12$  пФ. Длина волны  $\lambda$ , которая может вызвать резонанс в этом контуре, равна ... м.

- 1) 585                      2) 226                      3) 58,5                      4) 22,6                      5) 2,26

**5.53.** На рисунке представлена зависимость относительной амплитуды  $\frac{I}{I_{рез}}$  вынужденных колебаний силы тока в катушке индуктивностью  $L = 1$  мГн, включенной в колебательный контур, от циклической частоты  $\omega$  переменной ЭДС. Емкость  $C$



конденсатора в этом контуре равна ... нФ. ( $I_{рез}$  – амплитудное значение силы тока при резонансе;  $I$  – амплитудное значение силы тока при циклической частоте  $\omega$  переменной ЭДС)

- 1) 0,1                      2) 1                      3) 10                      4) 100                      5) 1000

**5.54.** Электромагнитная волна – это ...

- 1) распространяющееся в пространстве переменное магнитное поле
- 2) распространяющееся в пространстве переменное электрическое поле
- 3) распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле
- 4) распространяющееся в пространстве магнитное поле

**5.55.** Среди перечисленных волн электромагнитными являются ...

- 1) световые, ультразвуковые, рентгеновские
- 2) радиоволны, звуковые, ультразвуковые
- 3) рентгеновские, световые, радиоволны

- 4) радиоволны, световые, ультразвуковые
- 5) рентгеновские, звуковые, радиоволны

**5.56.** Электромагнитные волны обладают следующими свойствами ...

- А. Переносят энергию
- Б. Являются продольными
- В. Являются поперечными
- Г. Могут распространяться в вакууме
- Д. Не переносят энергию

- 1) А, Б      2) В, Г, Д      3) А, В, Г      4) А, В, Д      5) Б, Г, Д

**5.57.** Условием возникновения электромагнитных волн является ...

- А. Наличие проводников
- Б. Изменение во времени электрического поля
- В. Наличие электрического поля
- Г. Наличие неподвижных заряженных частиц
- Д. Изменение во времени магнитного поля

- 1) А, В      2) В, Д      3) А, Б, Г      4) В, Д      5) Б, Д

**5.58.** Согласно классической электродинамике, не излучает электромагнитные волны ...

- 1) ускоренно движущийся заряд
- 2) электромагнит, подключенный к генератору переменного тока
- 3) линия электропередачи
- 4) неподвижный электромагнит, подключенный к аккумулятору

**5.59.** Заряженная частица излучает электромагнитные волны в вакууме ...

- 1) только при движении с ускорением
- 2) только при движении с постоянной скоростью
- 3) только в состоянии покоя
- 4) в состоянии покоя или при движении с постоянной скоростью

**5.60.** Из приведенных примеров электромагнитные волны максимальной частоты имеет ...

- 1) инфракрасное излучение Солнца
- 2) ультрафиолетовое излучение Солнца
- 3) излучение  $\gamma$ -радиоактивного препарата

4) излучение антенны радиопередатчика

**5.61.** Скорость электромагнитных волн зависит от следующих свойств среды ...

- А. Плотности
- Б. Температуры
- В. Магнитных свойств
- Г. Давления
- Д. Электрических свойств

- 1) А, Б      2) Б, В, Г      3) В, Д      4) Г, Д      5) А, Г, Д

**5.62.** В одной научной лаборатории для ускорения заряженных частиц используется линейный ускоритель, а во второй – циклотрон, в котором частицы разгоняются, двигаясь по спиралевидной траектории. Опасное для человека электромагнитное излучение может возникнуть ...

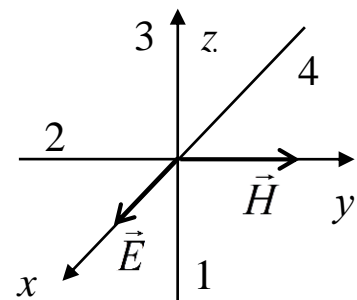
- 1) только в первой лаборатории      2) только во второй лаборатории  
3) в обеих лабораториях      4) ни в одной из лабораторий

**5.63.** Напряженность электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $Ox$  в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 4$ , изменяется по закону  $E = 10\sin(2\pi \cdot 10^8 t - 4,19x)$ , В/м. Максимальное значение объемной плотности энергии  $\omega_{\max}$  электромагнитной волны равно ... нДж/м<sup>3</sup>.

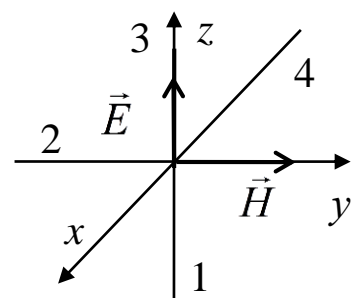
- 1) 0,15      2) 0,22      3) 0,62      4) 1,77      5) 3,5

**5.64.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Электромагнитная волна распространяется в направлении ...

- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4



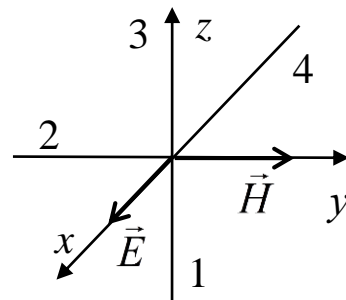
**5.65.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{S}$  плотности потока энергии



электромагнитного поля ориентирован в направлении ...

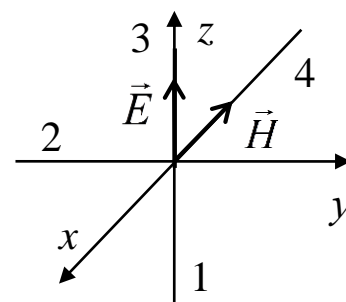
- 1) 1                    2) 2                    3) 3                    4) 4

**5.66.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{S}$  плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении ...



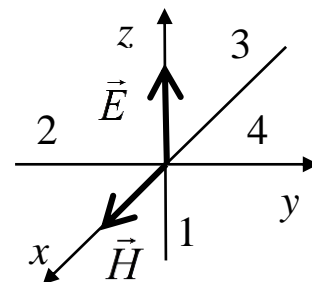
- 1) 1                    2) 2                    3) 3                    4) 4

**5.67.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{S}$  плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении ...



- 1) 1                    2) 2                    3) 3                    4) 4

**5.68.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{S}$  плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении ...



- 1) 1                    2) 2                    3) 3                    4) 4

**5.69.** При увеличении в 2 раза плотности потока энергии  $j$  электромагнитной волны, распространяющейся в вакууме, амплитуда  $H_m$  колебаний вектора напряженности  $\vec{H}$  магнитного поля ...

- 1) увеличивается в 2 раза
- 2) увеличивается в  $\sqrt{2}$  раза
- 3) остается неизменной
- 4) уменьшается в 2 раза
- 5) уменьшается в  $\sqrt{2}$  раза

**5.70.** При увеличении в 2 раза объемной плотности энергии  $\omega$  электромагнитной волны, если скорость  $v$  распространения волны неизменна, вектор  $\vec{S}$  плотности потока энергии ...

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

**5.71.** При уменьшении в 2 раза амплитуд  $E_m$  и  $H_m$  колебаний векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей плотность потока энергии  $j$  ...

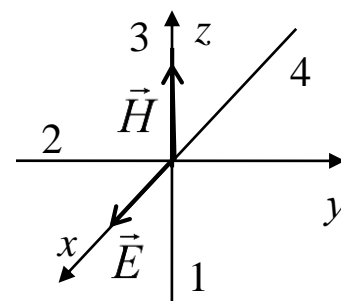
- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза
- 5) останется неизменной

**5.72.** Численное значение вектора Умова–Пойнтинга определяется ...

- 1) потоком энергии электромагнитного поля
- 2) плотностью потока энергии электромагнитных волн
- 3) энергией, переносимой электромагнитными волнами в единицу времени сквозь единичную площадку, перпендикулярную к направлению распространения волны
- 4) мощностью, переносимой электромагнитными волнами сквозь данную площадку

**5.73.** На рисунке показана ориентация векторов напряженностей  $\vec{E}$  электрического и  $\vec{H}$  магнитного полей в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{S}$  Умова–Пойнтинга электромагнитного поля ориентирован в направлении ...

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



**5.74.** Плоская электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $Ox$ . Через площадку площадью  $S = 5 \text{ см}^2$ , расположенную перпендикулярно оси  $Ox$ , за время  $t = 1$  мин переносится



энергия ... Дж. Среднее значение плотности потока энергии электромагнитной волны за указанное время равно  $I = 2 \text{ Вт/м}^2$ .

- 1) 0,001                      2) 0,06                      3) 6                      4) 10                      5) 600

**5.75.** Интенсивность электромагнитной волны  $I = 30 \text{ мВт/м}^2$ . Средняя плотность энергии  $\langle \omega \rangle$  электромагнитной волны равна ... Дж/м<sup>3</sup>.

- 1)  $3 \cdot 10^{-2}$                       2)  $10^{10}$                       3)  $9 \cdot 10^9$                       4)  $9 \cdot 10^3$                       5)  $10^{-10}$

**5.76.** В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна  $E_m = 3 \text{ В/м}$ . Амплитуда  $H_m$  напряженности магнитного поля равна ... мА/м.

- 1) 3,0                      2) 6,29                      3) 7,96                      4) 1,16                      5) 0,33

**5.77.** При переходе электромагнитной волны из одной среды в другую меняются ...

- А. Длина волны  
Б. Скорость распространения  
В. Период  
Г. Частота

- 1) А, В                      2) Б, В                      3) В, Г                      4) А, Б                      5) Б, Г

**5.78.** Электромагнитная волна частотой  $\nu = 3 \cdot 10^9 \text{ Гц}$  распространяется в вакууме. При прохождении расстояния  $l = 5 \text{ см}$  фаза электромагнитной волны изменится на ...

- 1)  $30^\circ$                       2)  $45^\circ$                       3)  $60^\circ$                       4)  $90^\circ$                       5)  $180^\circ$

**5.79.** Плоская электромагнитная волна распространяется в вакууме вдоль оси  $OX$ . Разность фаз  $\Delta\phi$  колебаний напряженности  $E$  электрического поля в волне в точках, координаты которых отличаются на  $\Delta x = \frac{3}{4}\lambda$  ( $\lambda$  – длина волны), равна ...

- 1)  $\frac{3}{4}\pi$                       2)  $\pi$                       3)  $\frac{3}{2}\pi$                       4)  $\frac{\pi}{4}$                       5)  $\frac{\pi}{2}$

**5.80.** Электромагнитная волна распространяется в воздухе. Если длина волны равна  $\lambda = 2 \text{ см}$ , то частота  $\nu$  колебаний вектора  $\vec{E}$  напряженности электромагнитной волны равна ... Гц.

- 1)  $1,5 \cdot 10^{10}$       2)  $1,5 \cdot 10^8$       3)  $1,5 \cdot 10^6$       4)  $6 \cdot 10^6$       5)  $6,7 \cdot 10^{-11}$

**5.81.** Напряженность  $E$  электрического поля плоской электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$ , изменяется по закону  $E = 50 \sin(3 \cdot 10^{14} t - 10^6 x)$ , В/м. Длина волны  $\lambda$  равна ... м.

- 1)  $2,09 \cdot 10^{-14}$       2)  $3,33 \cdot 10^{-9}$       3)  $10^{-6}$       4)  $6,28 \cdot 10^{-6}$       5)  $3 \cdot 10^8$

**5.82.** Напряженность  $E$  электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$ , имеет вид  $E = 4 \sin 10^6 (2 \cdot 10^8 t - 1,2x)$ , В/м. Период  $T$  волны равен ... с.

- 1)  $1,67 \cdot 10^8$       2) 1,2      3)  $5,23 \cdot 10^{-6}$       4)  $5 \cdot 10^{-9}$       5)  $3,14 \cdot 10^{-14}$

**5.83.** Напряженность  $E$  электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$  со скоростью  $v = 2 \cdot 10^8$  м/с, изменяется по закону  $E = 0,05 \sin(\omega t - 2x)$ , В/м. Циклическая частота  $\omega$  этой волны равна ... рад/с.

- 1)  $1,57 \cdot 10^{-8}$       2) 2      3) 3,14      4)  $6,4 \cdot 10^7$       5)  $4 \cdot 10^8$

**5.84.** Напряженность  $H$  магнитного поля электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$ , изменяется по закону  $H = 10 \sin(2\pi \cdot 10^8 t - 4,19x)$ , А/м. Длина волны  $\lambda$  равна ... м.

- 1)  $4,19 \cdot 10^{-8}$       2) 500      3) 1,50      4) 4,19      5) 6,68

**5.85.** Электромагнитная волна распространяется в среде, имеющей диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon = 2,417$ . В момент, когда напряженность электрического поля волны равна  $E = 50$  В/м, объемная плотность  $\omega$  энергии электромагнитной волны равна ... нДж/м<sup>3</sup>.

- 1) 1,07      2) 11,1      3) 22,1      4) 26,7      5) 53,5

**5.86.** В некоторой точке пространства индукция  $B$  магнитного поля электромагнитной волны изменяется от нуля до максимального значения  $B_{\max}$  за время  $t = 1,5$  мкс. Длина волны  $\lambda$  равна ... км.

- 1) 0,45      2) 0,9      3) 1,2      4) 1,8      5) 3,6

**5.87.** Колебательный контур индуктивностью  $L = 0,5$  мГн резонирует на длину волны  $\lambda = 300$  м, если емкость  $C$  контура равна ... пФ.

- 1) 0,2      2) 3,18      3) 20      4) 25      5) 51

**5.88.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 888$  пФ и катушки индуктивностью  $L = 1$  мГн. Контур настроен на длину волны  $\lambda$ , равную ... м.

- 1) 1775                      2) 400                      3) 250                      4) 40                      5) 25

**5.89.** В колебательном контуре радиопримника сила тока меняется по закону  $I = \sin 2,4\pi \cdot 10^7 t$ , А. Колебательный контур настроен на длину волны  $\lambda$ , равную ... м.

- 1) 11                      2) 16                      3) 19                      4) 23                      5) 25

**5.90.** Чтобы длину волны  $\lambda$ , на которую настроен колебательный контур, увеличить в два раза, число витков  $N$  катушки контура следует ...

- 1) уменьшить в 2 раза
- 2) уменьшить в 4 раза
- 3) увеличить в 2 раза
- 4) увеличить в 4 раза
- 5) увеличить в  $\sqrt{2}$  раз

**5.91.** Длина  $\lambda$  электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный  $LC$  – контур, равна  $\lambda = 12$  м. Если максимальная сила тока в контуре  $I_m = 1$  А, то максимальный заряд  $q_m$  на обкладках конденсатора равен ... нКл.

- 1) 1,91                      2) 6,37                      3) 4,18                      4) 0,19                      5) 41,8

**5.92.** В колебательном контуре максимальный заряд на обкладках конденсатора  $q_m = 25$  нКл, а максимальная сила тока  $I_m = 1$  А. Длина электромагнитной волны  $\lambda$  в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна ... м.

- 1) 68,2                      2) 47,1                      3) 39,4                      4) 51,1                      5) 71,6

**5.93.** Скорость распространения электромагнитных волн в некоторой среде составляет  $v = 250$  Мм/с. Если их частота в вакууме  $\nu_0 = 2$  МГц, то длина электромагнитных волн  $\lambda$  в среде равна ... м.

- 1) 125                      2) 250                      3) 500                      4) 600                      5) 1000

**5.94.** Сигнал радиолокатора возвратился от цели, движущейся в воздухе, через время  $t = 0,4$  мс. Цель находится на расстоянии  $l$ , равном ... км.

- 1) 0,06                      2) 0,6                      3) 1,2                      4) 60                      5) 120

**5.95.** Самолет находится на расстоянии  $S = 60$  км от радиолокатора. Радиолокатор принимает отраженный от самолета сигнал через время  $t$ , равное ... мс от момента отправки сигнала.

- 1) 0,05                      2) 0,2                      3) 0,4                      4) 2                      5) 4

**5.96.** Отраженный от самолета сигнал принимают радиолокатором через время  $t = 10^{-4}$  с от момента отправки сигнала радиолокатором. Самолет находится на расстоянии  $l$  ... км от радиолокатора.

- 1) 0,17                      2) 3                      3) 15                      4) 30                      5) 60

**5.97.** Радиолокатор излучает высокочастотные импульсы длительностью  $t = 10$  мкс. Наименьшая дальность  $L$  обнаружения цели этим радиолокатором равна ... км.

- 1) 0,15                      2) 0,3                      3) 1,5                      4) 3                      5) 6

**5.98.** Спутниковые телефоны передают сигналы через спутник, «висящий» на высоте  $h = 36000$  км над Землей. Минимальная задержка сигнала при использовании таких телефонов равна ...

- 1) 120 мкс                      2) 240 мкс                      3) 120 мкс                      4) 240 мс                      5) 12 с

**5.99.** По Международному соглашению длина радиоволн для передачи сигнала бедствия SOS составляет  $\lambda = 600$  м. Частота  $\nu$ , на которой передаются такие сигналы, равна ... МГц.

- 1) 2                      2) 0,5                      3) 1,5                      4) 6,0                      5) 3,0

**5.100.** Радиопередатчик корабля-спутника «Восток» работал на частоте  $\nu = 20$  МГц. Длина волны  $\lambda$ , которую он излучал, равна ... м.

- 1) 2/30                      2) 0,67                      3) 1,5                      4) 0,15                      5) 15

## Задачи

**5.101.** Колебательный контур содержит соленоид без сердечника длиной  $l = 5$  см, площадью поперечного сечения  $S_1 = 1,5$  см<sup>2</sup> и числом витков  $N = 500$ , а также плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами  $d = 1,5$  мм и площадью пластин  $S_2 = 100$  см<sup>2</sup>. Определите частоту  $\omega$  собственных колебаний контура. [ $\omega = 4,24 \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>]

**5.102.** Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид  $U = 50 \cos 10^4 t$ , В. Емкость конденсатора  $C = 0,1$  мкФ. Найдите период  $T$  колебаний, индуктивность контура  $L$ , закон изменения со временем тока  $I$  в цепи и длину волны  $\lambda$ , соответствующую этому контуру. [ $T = 0,628$  мс;  $L = 0,1$  Гн;  $I = -0,05 \sin 10^4 t$ ;  $\lambda = 1,88 \cdot 10^5$  м]

**5.103.** Идеальный колебательный контур содержит конденсатор емкостью  $C = 1$  мкФ и катушку индуктивности  $L = 0,01$  Гн. Какой должна быть емкость  $C_x$  конденсатора, чтобы циклическая частота  $\omega$  колебаний энергии конденсатора в контуре увеличилась на  $\Delta\omega = 2 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>? [ $C_x = 0,11$  мкФ]

**5.104.** Конденсатор электроемкостью  $C = 500$  пФ соединен с катушкой длиной  $l = 40$  см и площадью поперечного сечения  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Катушка содержит  $N = 1000$  витков. Сердечник немагнитный. Найдите период  $T$  колебаний. [ $T = 5,56$  мкс]

**5.105.** Катушка без сердечника длиной  $l = 50$  см и площадью поперечного сечения  $S_1 = 3$  см<sup>2</sup> имеет  $N = 1000$  витков и соединена с конденсатором. Воздушный конденсатор состоит из двух пластин площадью  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup> каждая. Расстояние между пластинами равно  $d = 5$  мм. Определите период  $T$  колебаний контура. [ $T = 0,628$  мкс]

**5.106.** Идеальный колебательный контур состоит из катушки и конденсатора. Во сколько раз увеличится циклическая частота  $\omega$  собственных колебаний в контуре, если в контур последовательно

включить второй конденсатор, емкость  $C_2$  которого в 3 раза меньше емкости  $C_1$  первого? [ $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 2$ ]

**5.107.** Максимальное значение силы тока в колебательном контуре  $I_m = 0,1$  А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора  $U_m = 200$  В. Определите циклическую частоту  $\omega$  колебаний, если энергия контура  $W = 0,2$  мДж. [ $\omega = 5 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>]

**5.108.** Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Период колебаний контура  $T = 6 \cdot 10^{-3}$  с, амплитуда колебаний силы тока в катушке  $I_m = 3$  мА. В момент времени  $t$  сила тока в катушке  $I = 1$  мА. Чему равен заряд  $q$  конденсатора в этот момент времени? Потерями энергии на нагревание проводников пренебречь. [ $q = 2,7$  мкКл]

**5.109.** Колебательный контур содержит катушку индуктивностью  $L = 10$  мкГн и конденсатор емкостью  $C = 1$  нФ. Максимальное напряжение на обкладках конденсатора равно  $U_m = 100$  В. Определите максимальный магнитный поток  $\Psi_{\max}$ , пронизывающий катушку. [ $\Psi_{\max} = 10$  мкВб]

**5.110.** В колебательном контуре с индуктивностью  $L = 0,4$  Гн и емкостью  $C = 20$  мкФ максимальное значение силы тока равно  $I_m = 0,1$  мА. Каким будет напряжение  $U$  на конденсаторе в момент, когда энергии  $W_{\text{эл}}$  электрического и  $W_{\text{м}}$  магнитного полей будут равны? Колебания считать незатухающими. [ $U = 10$  мВ]

**5.111.** Период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки, равен  $T = 6,28$  мкс. Амплитуда колебаний силы тока  $I_m = 5$  мА. В момент времени  $t$  заряд конденсатора равен  $q = 4$  нКл. Чему равна сила тока  $I$  в этот момент времени? [ $I = 3$  мА]

**5.112.** В колебательном контуре максимальная сила тока  $I_m = 0,2$  А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора  $U_m = 40$  В. Определите энергию  $W$  колебательного контура, если период колебаний  $T = 15,7$  мкс. [ $W = 10$  мкДж]

**5.113.** Уравнение изменения со временем тока в колебательном контуре имеет вид  $I = -0,02 \sin 400\pi t$ , А. Индуктивность контура  $L = 1$  Гн. Найти период  $T$  колебаний, емкость  $C$  конденсатора, максимальную энергию магнитного поля  $W_{\text{м max}}$  и максимальную энергию электрического поля  $W_{\text{эл max}}$ . [ $T = 5$  мс;  $C = 0,63$  мкФ;  $W_{\text{м max}} = W_{\text{эл max}} = 0,2$  мДж]

**5.114.** Энергия свободных незатухающих колебаний, происходящих в колебательном контуре, равна  $W = 0,2$  мДж. При медленном раздвигании пластин конденсатора частота  $\nu$  колебаний увеличилась в  $n = 2$  раза. Определить работу  $A$ , совершенную против сил электрического поля. [ $A = 0,6$  мДж]

**5.115.** Найдите отношение энергии  $W_{\text{м}}$  магнитного поля идеального колебательного контура к энергии  $W_{\text{эл}}$  его электрического поля для момента времени  $t = \frac{T}{8}$ . [ $\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}} = 1$ ]

**5.116.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 2,22$  нФ и катушки длиной  $l = 20$  см из медной проволоки диаметром  $d = 0,5$  мм. Найдите логарифмический декремент затухания  $\lambda$  колебаний. [ $\lambda = 0,018$ ]

**5.117.** Колебательный контур содержит катушку индуктивностью  $L = 25$  мГн, конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ и резистор сопротивлением  $R = 1$  Ом. Максимальный заряд на обкладках конденсатора равен  $q_m = 1$  мКл. Определите: 1) период  $T$  колебаний контура; 2) логарифмический декремент затухания  $\lambda$  колебаний; 3) уравнение зависимости изменения напряжения  $U$  на обкладках конденсатора от времени  $t$ . [ $T = 3,14$  мс;  $\lambda = 0,063$ ;  $U = 100e^{-20t} \cos 637\pi t$ , В]

**5.118.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 10$  мГн, конденсатора емкостью  $C = 0,1$  мкФ и резистора сопротивлением  $R = 20$  Ом. Определите через сколько полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшается в  $e$  раз. [ $N = 5$ ]

**5.119.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 405$  нФ, катушки с индуктивностью  $L = 10$  мГн и сопротивлением  $R = 2$  Ом. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период  $T$  колебаний. [ $\frac{U_0}{U} = 1,04$ ]

**5.120.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 0,2$  мкФ и катушки индуктивностью  $L = 5,07$  мГн. При каком логарифмическом декременте затухания  $\lambda$  разность потенциалов  $U$  на обкладках конденсатора за время  $t = 1$  мс уменьшится в 3 раза? [ $\lambda = 0,22$ ]

**5.121.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 1,1$  нФ и индуктивностью  $L = 5$  мГн. Логарифмический декремент затухания  $\lambda = 0,005$ . За какое время  $t$  вследствие затухания потеряется 99% энергии  $W$  контура? [ $t = 6,8$  мс]

**5.122.** Определите логарифмический декремент затухания  $\lambda$ , при котором энергия  $W$  колебательного контура через  $N = 5$  полных колебаний уменьшается в  $n = 5$  раз. [ $\lambda = 0,161$ ]

**5.123.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 5$  мГн и конденсатора емкостью  $C = 0,2$  мкФ. При каком логарифмическом декременте затухания  $\lambda$  и омическом сопротивлении  $R$  цепи энергия  $W$  уменьшится на порядок (в 10 раз) за три полных колебания? [ $\lambda = 0,38$ ;  $R = 19$  Ом]

**5.124.** Определите добротность  $Q$  колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью  $L = 2$  мГн, конденсатора емкостью  $C = 0,2$  мкФ и резистора сопротивлением  $R = 1$  Ом. [ $Q = 100$ ]

**5.125.** Частота затухающих колебаний в колебательном контуре с добротностью  $Q = 2500$  равна  $\nu = 550$  кГц. Определить время  $t$ , за которое амплитуда тока  $I_m$  в этом контуре уменьшится в 4 раза. [ $t = 2$  мс]

**5.126.** За сколько колебаний запасенная в колебательном контуре энергия  $W$  уменьшится в 2 раза, если добротность контура  $Q = 100$ ? [ $N = 11$ ]



**5.127.** Колебательный контур настроен на частоту  $\nu = 1,5 \cdot 10^7$  Гц. Во сколько раз нужно увеличить емкость  $C$  конденсатора для перенастройки контура на длину волны  $\lambda = 40$  м? [ $\frac{C_2}{C_1} = 4$ ]

**5.128.** Колебательный контур, состоящий из катушки и воздушного конденсатора, настроен на длину волны  $\lambda_1 = 300$  м. При этом расстояние между пластинами конденсатора  $d_1 = 6,4$  мм. Каким должно быть это расстояние  $d_2$  (в мм), чтобы контур был настроен на длину волны  $\lambda_2 = 240$  м? [ $d_2 = 10$  мм]

**5.129.** Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> каждая и катушки индуктивностью  $L = 1$  мкГн, резонирует на волну длиной  $\lambda = 10$  м. Определите расстояние  $d$  между пластинами конденсатора. [ $d = 3$  мм]

**5.130.** Катушка индуктивностью  $L = 30$  мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> и расстоянием между ними  $d = 0,1$  мм. Найдите диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны  $\lambda = 750$  м. [ $\epsilon = 6$ ]

**5.131.** Определите длину электромагнитной волны  $\lambda$  в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд на обкладках конденсатора  $q_m = 50$  нКл, а максимальная сила тока в контуре  $I_m = 1,5$  А. Активным сопротивлением  $R$  контура пренебречь. [ $\lambda = 62,8$  м]

**5.132.** Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна  $\lambda = 12$  м. Пренебрегая активным сопротивлением  $R$  контура, определите максимальный заряд  $q_m$  на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в контуре  $I_m = 1$  А. [ $q_m = 6,37$  нКл]

**5.133.** Колебательный контур содержит конденсатор емкостью  $C = 0,5$  нФ и катушку индуктивностью  $L = 0,4$  мГн. Определить длину волны  $\lambda$  излучения, генерируемого контуром. [ $\lambda = 843$  м]

**5.134.** Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью  $L = 1,2$  мГн и конденсатора переменной емкости от  $C_1 = 12$  пФ до  $C_2 = 80$  пФ. Определите диапазон длин электромагнитных волн  $\lambda$ , которые могут вызвать резонанс в этом контуре. Активное сопротивление  $R$  контура принять равным нулю. [от  $\lambda_1 = 226$  м до  $\lambda_2 = 584$  м]

**5.135.** После того как между внутренним и внешним проводниками кабеля поместили диэлектрик, скорость  $v$  распространения электромагнитных волн в кабеле уменьшилась на 63%. Определите диэлектрическую восприимчивость  $\epsilon$  вещества прослойки. [ $\epsilon = 6,3$ ]

**5.136.** Электромагнитная волна от некоторого источника распространяется в среде со скоростью  $v = 2,6 \cdot 10^8$  м/с, при этом на пути  $l = 130$  мкм укладывается  $N = 250$  длин волн. Определите период  $T$  колебаний источника. [ $T = 2 \cdot 10^{-15}$  с]

**5.137.** Электромагнитная волна с частотой  $\nu = 5$  МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  в вакуум. Определите приращение  $\Delta\lambda$  ее длины волны. [ $\Delta\lambda = 17,6$  м]

**5.138.** Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в немагнитной среде вдоль оси  $OX$ , имеет вид  $E = 10 \sin 10^6(2 \cdot 10^8 t - 1,5x)$ , В/м. Определите скорость  $v$  распространения волны. [ $v = 1,33 \cdot 10^8$  м]

**5.139.** Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью  $\mu = 1$ , имеет вид  $E = 10 \sin(6,28 \cdot 10^8 t - 4,19x)$ , В/м. Определите диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  среды и длину волны  $\lambda$ . [ $\epsilon = 4$ ;  $\lambda = 1,5$  м]

**5.140.** Космическая станция зарегистрировала электромагнитное излучение удаленного объекта, которое в принятой на этой станции системе отсчета можно описать в виде  $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(2\pi\nu t - kx)$ , где  $\nu = 15$  кГц,  $E_m = \{0; 1; 0\}$  мВ/м. Запишите закон изменения вектора  $\vec{E}$  в точке  $A$  с координатами  $x_A = 10^5$  м,  $y_A = 10$  м,  $z_A = 10^2$  м, где

расположена другая станция, неподвижная относительно первой. Найдите модуль вектора  $\vec{E}$  в точке  $A$  в момент времени  $t = 1$  мс.  
[ $\vec{E} = \vec{E}_m \cos 2\pi vt$ ;  $|\vec{E}| = 1$  мВ/м]

**5.141.** В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна  $E_m = 100$  В/м. Определить амплитуду напряженности  $H_m$  магнитного поля волны. [ $H_m = 0,265$  А/м]

**5.142.** В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  и магнитной проницаемостью  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_m = 50$  В/м. Определите амплитуду напряженности  $H_m$  магнитного поля и фазовую скорость  $\nu$  волны. [ $H_m = 0,188$  А/м;  $\nu = 2,12 \cdot 10^8$  м/с]

**5.143.** В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны равна  $H_m = 1$  мА/м. Определите амплитуду  $E_m$  напряженности электрического поля волны. [ $E_m = 0,377$  В/м]

**5.144.** Через плоскую площадку площадью  $S = 220$  см<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны, за время  $t = 4$  с переносится энергия  $W = 0,4$  Дж. Чему равна плотность потока энергии  $j$  (модуль вектора Умова-Пойтинга)? [ $j = 4,55$  Вт/м<sup>2</sup>]

**5.145.** На расстоянии  $l_1 = 300$  м от Останкинской телевизионной башни плотность потока излучения максимальна и равна  $j_1 = 40$  мВт/м<sup>2</sup>. Какова плотность потока излучения на расстоянии уверенного приема, равном  $l_2 = 120$  км. [ $j_2 = 0,25$  мкВт/м<sup>2</sup>]

**5.146.** В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряженности электрического поля которой равна  $E_m = 100$  В/м. Какую энергию  $W$  перенесит эта волна через площадку площадью  $S = 50$  см<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за время  $t = 1$  мин? Период волны  $T \ll t$ . [ $W = 4$  Дж]

**5.147.** Плоская электромагнитная волна распространяется в вакууме вдоль оси  $OX$ . Амплитуда напряженности электрического поля  $E_m = 5$  В/м. Определите энергию  $W$ , переносимую волной за время  $t = 10$  мин через площадку, расположенную перпендикулярно оси  $OX$ , площадью  $S = 15$  см<sup>2</sup>. Период волны  $T \ll t$ . [ $W = 30$  мДж]

**5.148.** В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны  $H_m = 0,1$  А/м. Определить энергию  $W$ , переносимую этой волной через площадку площадью  $S = 1$  м<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за время  $t = 1$  с. Период волны  $T \ll t$ . [ $W = 1,88$  Дж]

**5.149.** В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_m = 50$  мВ/м. Определите интенсивность  $I$  волны. [ $I = 3,31$  мкВт/м<sup>2</sup>]

**5.150.** В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля  $H_m = 5$  мА/м. Определите интенсивность  $I$  волны. [ $I = 4,71$  мВт/м<sup>2</sup>]

# Индивидуальные задания

## Раздел II. Электричество и магнетизм

### 1. Электростатическое поле в вакууме и веществе

#### Тестовые задания

<b>1</b>	1.1, 1.21, 1.41, 1.61, 1.81, 1.101, 1.121, 1.141, 1.161, 1.181	<b>8</b>	1.8, 1.28, 1.48, 1.68, 1.88, 1.108, 1.128, 1.148, 1.168, 1.188	<b>15</b>	1.15, 1.35, 1.55, 1.75, 1.95, 1.115, 1.135, 1.155, 1.175, 1.195	<b>22</b>	1.2, 1.23, 1.44, 1.65, 1.86, 1.102, 1.123, 1.144, 1.165, 1.186
<b>2</b>	1.2, 1.22, 1.42, 1.62, 1.82, 1.102, 1.122, 1.142, 1.162, 1.182	<b>9</b>	1.9, 1.29, 1.49, 1.69, 1.89, 1.109, 1.129, 1.149, 1.169, 1.189	<b>16</b>	1.16, 1.36, 1.56, 1.76, 1.96, 1.116, 1.136, 1.156, 1.176, 1.196	<b>23</b>	1.3, 1.24, 1.45, 1.66, 1.87, 1.103, 1.124, 1.145, 1.166, 1.187
<b>3</b>	1.3, 1.23, 1.43, 1.63, 1.83, 1.103, 1.123, 1.143, 1.163, 1.183	<b>10</b>	1.19, 1.39, 1.59, 1.79, 1.99, 1.119, 1.139, 1.159, 1.179, 1.199	<b>17</b>	1.17, 1.37, 1.57, 1.77, 1.97, 1.117, 1.137, 1.157, 1.177, 1.197	<b>24</b>	1.4, 1.25, 1.46, 1.67, 1.88, 1.104, 1.125, 1.146, 1.167, 1.188
<b>4</b>	1.4, 1.24, 1.44, 1.64, 1.84, 1.104, 1.124, 1.144, 1.164, 1.184	<b>11</b>	1.11, 1.31, 1.51, 1.71, 1.91, 1.111, 1.131, 1.151, 1.171, 1.191	<b>18</b>	1.18, 1.38, 1.58, 1.78, 1.98, 1.118, 1.138, 1.158, 1.178, 1.198	<b>25</b>	1.5, 1.26, 1.47, 1.68, 1.89, 1.105, 1.126, 1.147, 1.168, 1.189
<b>5</b>	1.5, 1.25, 1.45, 1.65, 1.85, 1.105, 1.125, 1.145, 1.165, 1.185	<b>12</b>	1.12, 1.32, 1.52, 1.72, 1.92, 1.112, 1.132, 1.152, 1.172, 1.192	<b>19</b>	1.19, 1.39, 1.59, 1.79, 1.99, 1.119, 1.139, 1.159, 1.179, 1.199	<b>26</b>	1.6, 1.27, 1.48, 1.69, 1.90, 1.106, 1.127, 1.148, 1.169, 1.190
<b>6</b>	1.6, 1.26, 1.46, 1.66, 1.86, 1.106, 1.126, 1.146, 1.166, 1.186	<b>13</b>	1.13, 1.33, 1.53, 1.73, 1.93, 1.113, 1.133, 1.153, 1.173, 1.193	<b>20</b>	1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 1.100, 1.120, 1.140, 1.160, 1.180, 1.200	<b>27</b>	1.7, 1.28, 1.49, 1.70, 1.91, 1.107, 1.128, 1.149, 1.170, 1.191
<b>7</b>	1.7, 1.27, 1.47, 1.67, 1.87, 1.107, 1.127, 1.147, 1.167, 1.187	<b>14</b>	1.14, 1.34, 1.54, 1.74, 1.94, 1.114, 1.134, 1.154, 1.174, 1.194	<b>21</b>	1.1, 1.22, 1.43, 1.64, 1.85, 1.101, 1.122, 1.143, 1.164, 1.185	<b>28</b>	1.8, 1.29, 1.50, 1.71, 1.92, 1.108, 1.129, 1.150, 1.171, 1.192

<b>29</b>	1.9, 1.30, 1.51, 1.72, 1.93, 1.109, 1.130, 1.151, 1.172, 1.193	<b>31</b>	1.11, 1.32, 1.53, 1.74, 1.95, 1.111, 1.132, 1.153, 1.174, 1.195	<b>33</b>	1.13, 1.34, 1.55, 1.76, 1.97, 1.113, 1.134, 1.155, 1.176, 1.197	<b>35</b>	1.15, 1.36, 1.57, 1.78, 1.99, 1.115, 1.136, 1.157, 1.178, 1.199
<b>30</b>	1.10, 1.31, 1.52, 1.73, 1.94, 1.110, 1.131, 1.152, 1.173, 1.194	<b>32</b>	1.12, 1.33, 1.54, 1.75, 1.96, 1.112, 1.133, 1.154, 1.175, 1.196	<b>34</b>	1.14, 1.35, 1.56, 1.77, 1.98, 1.114, 1.135, 1.156, 1.177, 1.198	<b>36</b>	1.16, 1.37, 1.58, 1.79, 1.100, 1.116, 1.137, 1.158, 1.179, 1.200

### Задачи

<b>1</b>	1.201, 1.216, 1.231	<b>10</b>	1.210, 1.225, 1.240	<b>19</b>	1.219, 1.234, 1.249	<b>28</b>	1.208, 1.224, 1.240
<b>2</b>	1.202, 1.217, 1.232	<b>11</b>	1.211, 1.226, 1.241	<b>20</b>	1.220, 1.235, 1.250	<b>29</b>	1.209, 1.225, 1.241
<b>3</b>	1.203, 1.218, 1.233	<b>12</b>	1.212, 1.227, 1.242	<b>21</b>	1.201, 1.217, 1.233	<b>30</b>	1.210, 1.226, 1.242
<b>4</b>	1.204, 1.219, 1.234	<b>13</b>	1.213, 1.228, 1.243	<b>22</b>	1.202, 1.218, 1.234	<b>31</b>	1.211, 1.227, 1.243
<b>5</b>	1.205, 1.220, 1.235	<b>14</b>	1.214, 1.229, 1.244	<b>23</b>	1.203, 1.219, 1.235	<b>32</b>	1.212, 1.228, 1.244
<b>6</b>	1.206, 1.221, 1.236	<b>15</b>	1.215, 1.230, 1.245	<b>24</b>	1.204, 1.220, 1.236	<b>33</b>	1.213, 1.229, 1.245
<b>7</b>	1.207, 1.222, 1.237	<b>16</b>	1.216, 1.231, 1.246	<b>25</b>	1.205, 1.221, 1.237	<b>34</b>	1.214, 1.230, 1.246
<b>8</b>	1.208, 1.223, 1.238	<b>17</b>	1.217, 1.232, 1.247	<b>26</b>	1.206, 1.222, 1.238	<b>35</b>	1.215, 1.231, 1.247
<b>9</b>	1.209, 1.224, 1.239	<b>18</b>	1.218, 1.233, 1.248	<b>27</b>	1.207, 1.223, 1.239	<b>36</b>	1.216, 1.232, 1.248

## 2. Постоянный электрический ток

### Тестовые задания

<b>1</b>	2.1, 2.21, 2.41, 2.61, 2.81	<b>10</b>	2.10, 2.30, 2.50, 2.70, 2.90	<b>19</b>	2.19, 2.39, 2.59, 2.79, 2.99	<b>28</b>	2.8, 2.29, 2.50, 2.71, 2.92
<b>2</b>	2.2, 2.22, 2.42, 2.62, 2.82	<b>11</b>	2.11, 2.31, 2.51, 2.71, 2.91	<b>20</b>	2.20, 2.40, 2.60, 2.80, 2.100	<b>29</b>	2.9, 2.30, 2.51, 2.72, 2.93
<b>3</b>	2.3, 2.23, 2.43, 2.63, 2.83	<b>12</b>	2.12, 2.32, 2.52, 2.72, 2.92	<b>21</b>	2.1, 2.22, 2.43, 2.64, 2.85	<b>30</b>	2.10, 2.31, 2.52, 2.73, 2.94
<b>4</b>	2.4, 2.24, 2.44, 2.64, 2.84	<b>13</b>	2.13, 2.33, 2.53, 2.73, 2.93	<b>22</b>	2.2, 2.23, 2.44, 2.65, 2.86	<b>31</b>	2.11, 2.32, 2.53, 2.74, 2.95
<b>5</b>	2.5, 2.25, 2.45, 2.65, 2.85	<b>14</b>	2.14, 2.34, 2.54, 2.74, 2.94	<b>23</b>	2.3, 2.24, 2.45, 2.66, 2.87	<b>32</b>	2.12, 2.33, 2.54, 2.75, 2.96
<b>6</b>	2.6, 2.26, 2.46, 2.66, 2.86	<b>15</b>	2.15, 2.35, 2.55, 2.75, 2.95	<b>24</b>	2.4, 2.25, 2.46, 2.67, 2.88	<b>33</b>	2.13, 2.34, 2.55, 2.76, 2.97
<b>7</b>	2.7, 2.27, 2.47, 2.67, 2.87	<b>16</b>	2.16, 2.36, 2.56, 2.76, 2.96	<b>25</b>	2.5, 2.26, 2.47, 2.68, 2.89	<b>34</b>	2.14, 2.35, 2.56, 2.77, 2.98
<b>8</b>	2.8, 2.28, 2.48, 2.68, 2.88	<b>17</b>	2.17, 2.37, 2.57, 2.77, 2.97	<b>26</b>	2.6, 2.27, 2.48, 2.69, 2.90	<b>35</b>	2.15, 2.36, 2.57, 2.78, 2.99
<b>9</b>	2.9, 2.29, 2.49, 2.69, 2.89	<b>18</b>	2.18, 2.38, 2.58, 2.78, 2.98	<b>27</b>	2.7, 2.28, 2.49, 2.70, 2.91	<b>36</b>	2.16, 2.37, 2.58, 2.79, 2.100

### Задачи

<b>1</b>	2.101, 2.116, 2.131	<b>10</b>	2.110, 2.125, 2.140	<b>19</b>	2.119, 2.134, 2.149	<b>28</b>	2.108, 2.124, 2.140
<b>2</b>	2.102, 2.117, 2.132	<b>11</b>	2.111, 2.126, 2.141	<b>20</b>	2.120, 2.135, 2.150	<b>29</b>	2.109, 2.125, 2.241
<b>3</b>	2.103, 2.118, 2.133	<b>12</b>	2.112, 2.127, 2.142	<b>21</b>	2.101, 2.117, 2.133	<b>30</b>	2.110, 2.126, 2.242
<b>4</b>	2.104, 2.119, 2.134	<b>13</b>	2.113, 2.128, 2.143	<b>22</b>	2.102, 2.118, 2.134	<b>31</b>	2.111, 2.127, 2.143
<b>5</b>	2.105, 2.120, 2.135	<b>14</b>	2.114, 2.129, 2.144	<b>23</b>	2.103, 2.119, 2.135	<b>32</b>	2.112, 2.128, 2.144
<b>6</b>	2.106, 2.121, 2.136	<b>15</b>	2.115, 2.130, 2.145	<b>24</b>	2.104, 2.120, 2.136	<b>33</b>	2.113, 2.129, 2.145
<b>7</b>	2.107, 2.122, 2.137	<b>16</b>	2.116, 2.1231, 2.146	<b>25</b>	2.105, 2.121, 2.137	<b>34</b>	2.114, 2.130, 2.146
<b>8</b>	2.108, 2.123, 2.138	<b>17</b>	2.117, 2.132, 2.147	<b>26</b>	2.106, 2.122, 2.138	<b>35</b>	2.115, 2.131, 2.147
<b>9</b>	2.109, 2.124, 2.139	<b>18</b>	2.118, 2.133, 2.148	<b>27</b>	2.107, 2.123, 2.139	<b>36</b>	2.116, 2.132, 2.148

### 3. Магнитное поле в вакууме и веществе

#### Тестовые задания

<b>1</b>	3.1, 3.21, 3.41, 3.61, 3.81	<b>10</b>	3.10, 3.30, 3.50, 3.70, 3.90	<b>19</b>	3.19, 3.39, 3.59, 3.79, 3.99	<b>28</b>	3.8, 3.29, 3.50, 3.71, 3.92
<b>2</b>	3.2, 3.22, 3.42, 3.62, 3.82	<b>11</b>	3.11, 3.31, 3.51, 3.71, 3.91	<b>20</b>	3.20, 3.40, 3.60, 3.80, 3.100	<b>29</b>	3.9, 3.30, 3.51, 3.72, 3.93
<b>3</b>	3.3, 3.23, 3.43, 3.63, 3.83	<b>12</b>	3.12, 3.32, 3.52, 3.72, 3.92	<b>21</b>	3.1, 3.22, 3.43, 3.64, 3.85	<b>30</b>	3.10, 3.31, 3.52, 3.73, 3.94
<b>4</b>	3.4, 3.24, 3.44, 3.64, 3.84	<b>13</b>	3.13, 3.33, 3.53, 3.73, 3.93	<b>22</b>	3.2, 3.23, 3.44, 3.65, 3.86	<b>31</b>	3.11, 3.32, 3.53, 3.74, 3.95
<b>5</b>	3.5, 3.25, 3.45, 3.65, 3.85	<b>14</b>	3.14, 3.34, 3.54, 3.74, 3.94	<b>23</b>	3.3, 3.24, 3.45, 3.66, 3.87	<b>32</b>	3.12, 3.33, 3.54, 3.75, 3.96
<b>6</b>	3.6, 3.26, 3.46, 3.66, 3.86	<b>15</b>	3.15, 3.35, 3.55, 3.75, 3.95	<b>24</b>	3.4, 3.25, 3.46, 3.67, 3.88	<b>33</b>	3.13, 3.34, 3.55, 3.76, 3.97
<b>7</b>	3.7, 3.27, 3.47, 3.67, 3.87	<b>16</b>	3.16, 3.36, 3.56, 3.76, 3.96	<b>25</b>	3.5, 3.26, 3.47, 3.68, 3.89	<b>34</b>	3.14, 3.35, 3.56, 3.77, 3.98
<b>8</b>	3.8, 3.28, 3.48, 3.68, 3.88	<b>17</b>	3.17, 3.37, 3.57, 3.77, 3.97	<b>26</b>	3.6, 3.27, 3.48, 3.69, 3.90	<b>35</b>	3.15, 3.36, 3.57, 3.78, 3.99
<b>9</b>	3.9, 3.29, 3.49, 3.69, 3.89	<b>18</b>	3.18, 3.38, 3.58, 3.78, 3.98	<b>27</b>	3.7, 3.28, 3.49, 3.70, 3.91	<b>36</b>	3.16, 3.37, 3.58, 3.79, 3.100

#### Задачи

<b>1</b>	3.101, 3.116, 3.131	<b>10</b>	3.110, 3.125, 3.140	<b>19</b>	3.119, 3.134, 3.149	<b>28</b>	3.108, 3.124, 3.140
<b>2</b>	3.102, 3.117, 3.132	<b>11</b>	3.111, 3.126, 3.141	<b>20</b>	3.120, 3.135, 3.150	<b>29</b>	3.109, 3.125, 3.241
<b>3</b>	3.103, 3.118, 3.133	<b>12</b>	3.112, 3.127, 3.142	<b>21</b>	3.101, 3.117, 3.133	<b>30</b>	3.110, 3.126, 3.242
<b>4</b>	3.104, 3.119, 3.134	<b>13</b>	3.113, 3.128, 3.143	<b>22</b>	3.102, 3.118, 3.134	<b>31</b>	3.111, 3.127, 3.143
<b>5</b>	4.105, 4.120, 4.135	<b>14</b>	3.114, 3.129, 3.144	<b>23</b>	3.103, 3.119, 3.135	<b>32</b>	3.112, 3.128, 3.144
<b>6</b>	4.106, 4.121, 4.136	<b>15</b>	3.115, 3.130, 3.145	<b>24</b>	3.104, 3.120, 3.136	<b>33</b>	3.113, 43.129, 3.145
<b>7</b>	4.107, 4.122, 4.137	<b>16</b>	3.116, 3.1231, 3.146	<b>25</b>	3.105, 3.121, 3.137	<b>34</b>	3.114, 3.130, 3.146
<b>8</b>	4.108, 4.123, 4.138	<b>17</b>	3.117, 3.132, 3.147	<b>26</b>	3.106, 3.122, 3.138	<b>35</b>	3.115, 3.131, 3.147
<b>9</b>	4.109, 4.124, 4.139	<b>18</b>	3.118, 3.133, 3.148	<b>27</b>	3.107, 3.123, 3.139	<b>36</b>	3.116, 3.132, 3.148



## 4. Явление электромагнитной индукции. Основы теории Максвелла

### Тестовые задания

<b>1</b>	4.1, 4.21, 4.41, 4.61, 4.81	<b>10</b>	4.10, 4.30, 4.50, 4.70, 4.90	<b>19</b>	4.19, 4.39, 4.59, 4.79, 4.99	<b>28</b>	4.8, 4.29, 4.50, 4.71, 4.92
<b>2</b>	4.2, 4.22, 4.42, 4.62, 4.82	<b>11</b>	4.11, 4.31, 4.51, 4.71, 4.91	<b>20</b>	4.20, 4.40, 4.60, 4.80, 4.100	<b>29</b>	4.9, 4.30, 4.51, 4.72, 4.93
<b>3</b>	4.3, 4.23, 4.43, 4.63, 4.83	<b>12</b>	4.12, 4.32, 4.52, 4.72, 4.92	<b>21</b>	4.1, 4.22, 4.43, 4.64, 4.85	<b>30</b>	4.10, 4.31, 4.52, 4.73, 4.94
<b>4</b>	4.4, 4.24, 4.44, 4.64, 4.84	<b>13</b>	4.13, 4.33, 4.53, 4.73, 4.93	<b>22</b>	4.2, 4.23, 4.44, 4.65, 4.86	<b>31</b>	4.11, 4.42, 4.53, 4.74, 4.95
<b>5</b>	4.5, 4.25, 4.45, 4.65, 4.85	<b>14</b>	4.14, 4.34, 4.54, 4.74, 4.94	<b>23</b>	4.3, 4.24, 4.45, 4.66, 4.87	<b>32</b>	4.12, 4.33, 4.54, 4.75, 4.96
<b>6</b>	4.6, 4.26, 4.46, 4.66, 4.86	<b>15</b>	4.15, 4.35, 4.55, 4.75, 4.95	<b>24</b>	4.4, 4.25, 4.46, 4.67, 4.88	<b>33</b>	4.13, 4.34, 4.55, 4.76, 4.97
<b>7</b>	4.7, 4.27, 4.47, 4.67, 4.87	<b>16</b>	4.16, 4.36, 4.56, 4.76, 4.96	<b>25</b>	4.5, 4.26, 4.47, 4.68, 4.89	<b>34</b>	4.14, 4.35, 4.56, 4.77, 4.98
<b>8</b>	4.8, 4.28, 4.48, 4.68, 4.88	<b>17</b>	4.17, 4.37, 4.57, 4.77, 4.97	<b>26</b>	4.6, 4.27, 4.48, 4.69, 4.90	<b>35</b>	4.15, 4.36, 4.57, 4.78, 3.99
<b>9</b>	4.9, 4.29, 4.49, 4.69, 4.89	<b>18</b>	4.18, 4.38, 4.58, 4.78, 4.98	<b>27</b>	4.7, 4.28, 4.49, 4.70, 4.91	<b>36</b>	4.16, 4.37, 4.58, 4.79, 34.100

### Задачи

<b>1</b>	4.101, 4.116, 4.131	<b>10</b>	4.110, 4.125, 4.140	<b>19</b>	4.119, 4.134, 4.149	<b>28</b>	4.108, 4.124, 4.140
<b>2</b>	4.102, 4.117, 4.132	<b>11</b>	4.111, 4.126, 4.141	<b>20</b>	4.120, 4.135, 4.150	<b>29</b>	4.109, 4.125, 4.241
<b>3</b>	4.103, 4.118, 4.133	<b>12</b>	4.112, 4.127, 4.142	<b>21</b>	4.101, 4.117, 4.133	<b>30</b>	4.110, 4.126, 4.242
<b>4</b>	4.104, 4.119, 4.134	<b>13</b>	4.113, 4.128, 4.143	<b>22</b>	4.102, 4.118, 4.134	<b>31</b>	4.111, 4.127, 4.143
<b>5</b>	4.105, 4.120, 4.135	<b>14</b>	4.114, 4.129, 4.144	<b>23</b>	4.103, 4.119, 4.135	<b>32</b>	4.112, 4.128, 4.144
<b>6</b>	4.106, 4.121, 4.136	<b>15</b>	4.115, 4.130, 4.145	<b>24</b>	4.104, 4.120, 4.136	<b>33</b>	4.113, 4.129, 4.145
<b>7</b>	4.107, 4.122, 4.137	<b>16</b>	4.116, 4.1231, 4.146	<b>25</b>	4.105, 4.121, 4.137	<b>34</b>	4.114, 4.130, 4.146
<b>8</b>	4.108, 4.123, 4.138	<b>17</b>	4.117, 4.132, 4.147	<b>26</b>	4.106, 4.122, 4.138	<b>35</b>	4.115, 4.131, 4.147
<b>9</b>	4.109, 4.124, 4.139	<b>18</b>	4.118, 4.133, 4.148	<b>27</b>	4.107, 4.123, 4.139	<b>36</b>	4.116, 4.132, 4.148

## 5. Энергия магнитного поля. Электромагнитные колебания и волны

### Тестовые задания

<b>1</b>	5.1, 5.21, 5.41, 5.61, 5.81	<b>10</b>	5.10, 5.30, 5.50, 5.70, 5.90	<b>19</b>	5.19, 5.39, 5.59, 5.79, 5.99	<b>28</b>	5.8, 5.29, 5.50, 5.71, 5.92
<b>2</b>	5.2, 5.22, 5.42, 5.62, 5.82	<b>11</b>	5.11, 5.31, 5.51, 5.71, 5.91	<b>20</b>	5.20, 5.40, 5.60, 5.80, 5.100	<b>29</b>	5.9, 5.30, 5.51, 5.72, 5.93
<b>3</b>	5.3, 5.23, 5.43, 5.63, 5.83	<b>12</b>	5.12, 5.32, 5.52, 5.72, 5.92	<b>21</b>	5.1, 5.22, 5.43, 5.64, 5.85	<b>30</b>	5.10, 5.31, 5.52, 5.73, 5.94
<b>4</b>	5.4, 5.24, 5.44, 5.64, 5.84	<b>13</b>	5.13, 5.33, 5.53, 5.73, 5.93	<b>22</b>	5.2, 5.23, 5.44, 5.65, 5.86	<b>31</b>	5.11, 5.32, 5.53, 5.74, 5.95
<b>5</b>	5.5, 5.25, 5.45, 5.65, 5.85	<b>14</b>	5.14, 5.34, 5.54, 5.74, 5.94	<b>23</b>	5.3, 5.24, 5.45, 5.66, 5.87	<b>32</b>	5.12, 5.33, 5.54, 5.75, 5.96
<b>6</b>	5.6, 5.26, 5.46, 5.66, 5.86	<b>15</b>	5.15, 5.35, 5.55, 5.75, 5.95	<b>24</b>	5.4, 5.25, 5.46, 5.67, 5.88	<b>33</b>	5.13, 5.34, 5.55, 5.76, 5.97
<b>7</b>	5.7, 5.27, 5.47, 5.67, 5.87	<b>16</b>	5.16, 5.36, 5.56, 5.76, 5.96	<b>25</b>	5.5, 5.26, 5.47, 5.68, 5.89	<b>34</b>	5.14, 5.35, 5.56, 5.77, 5.98
<b>8</b>	5.8, 5.28, 5.48, 5.68, 5.88	<b>17</b>	5.17, 5.37, 5.57, 5.77, 5.97	<b>26</b>	5.6, 5.27, 5.48, 5.69, 5.90	<b>35</b>	5.15, 5.36, 5.57, 5.78, 5.99
<b>9</b>	5.9, 5.29, 5.49, 5.69, 5.89	<b>18</b>	5.18, 5.38, 5.58, 5.78, 5.98	<b>27</b>	5.7, 5.28, 5.49, 5.70, 5.91	<b>36</b>	5.16, 5.37, 5.58, 5.79, 5.100

### Задачи

<b>1</b>	5.101, 5.116, 5.131	<b>10</b>	5.110, 5.125, 5.140	<b>19</b>	5.119, 5.134, 5.149	<b>28</b>	5.108, 5.124, 5.140
<b>2</b>	5.102, 5.117, 5.132	<b>11</b>	5.111, 5.126, 5.141	<b>20</b>	5.120, 5.135, 5.150	<b>29</b>	5.109, 5.125, 5.241
<b>3</b>	5.103, 5.118, 5.133	<b>12</b>	5.112, 5.127, 5.142	<b>21</b>	5.101, 5.117, 5.133	<b>30</b>	5.110, 5.126, 5.242
<b>4</b>	5.104, 5.119, 5.134	<b>13</b>	5.113, 5.128, 5.143	<b>22</b>	5.102, 5.118, 5.134	<b>31</b>	5.111, 5.127, 5.143
<b>5</b>	5.105, 5.120, 5.135	<b>14</b>	5.114, 5.129, 5.144	<b>23</b>	5.103, 5.119, 5.135	<b>32</b>	5.112, 5.128, 5.144
<b>6</b>	5.106, 5.121, 5.136	<b>15</b>	5.115, 5.130, 5.145	<b>24</b>	5.104, 5.120, 5.136	<b>33</b>	5.113, 5.129, 5.145
<b>7</b>	5.107, 5.122, 5.137	<b>16</b>	5.116, 5.1231, 5.146	<b>25</b>	5.105, 5.121, 5.137	<b>34</b>	5.114, 5.130, 5.146
<b>8</b>	5.108, 5.123, 5.138	<b>17</b>	5.117, 5.132, 5.147	<b>26</b>	5.106, 5.122, 5.138	<b>35</b>	5.115, 5.131, 5.147
<b>9</b>	5.109, 5.124, 5.139	<b>18</b>	5.118, 5.133, 5.148	<b>27</b>	5.107, 5.123, 5.139	<b>36</b>	5.116, 5.132, 5.148

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев И. В. Курс физики. Т. 2. СПб.: Изд-во «Лань», 2019. 468 с.
2. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. М.: Изд-во «Академия», 2015. 720 с.
3. Трофимова Т. И. Курс физики. М.: Изд-во «Академия», 2017. 560 с.
4. Волькенштейн В. С. Все решения по общему курсу физики. В 2 кн. М.: Олимп, ООО «Фирма «Издательство АСТ»», 1999. Кн. 2. 592 с.
5. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. М.: Изд-во «Книжный мир», 2006. 327 с.
6. Трофимова Т. И. Сборник задач по курсу физики для втузов. М.: «Оникс 21 век», «Мир и Образование», 2003. 432 с.
7. Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике: учеб. пособие для втузов 8-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Физматлит», 2008. 640 с.
8. Хатмуллина М. Т., Рабчук Л. В., Строкина В. Р., Сагитова Э. В. Контрольно-измерительные материалы по дисциплине «Физика». Уфа: Изд-во УГАТУ, 2015. 275 с.
9. Александров И. В., Сагитова Э. В., Строкина В. Р., Трофимова Е. В. Физика: тестовые задания. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2013. 251 с.
10. Шатохин С. А., Трофимова Е. В., Михайлов Г. П. Сборник индивидуальных заданий по разделу «Электричество и магнетизм». Уфа: Изд-во УГАТУ, 2004. 44 с.
11. Лейберт Б. М., Кудашева И. А. Задачник-практикум по общей физике: Часть 2. Электромагнетизм. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. 284 с.
12. Гладской В. М., Самойленко П. И. Сборник задач с решениями. М.: Изд-во «Дрофа», 2002. 288 с.
13. Черноуцан А. И. Физика. Задачи с ответами и решениями. М.: Изд-во «КДУ», 2013. 352 с.