

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Физика»

А. И. Кравченко, П. А. Хило, О. И. Проневич

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

ПРАКТИКУМ

**по курсу «Физика» для студентов
технических специальностей
дневной формы обучения**

Гомель 2013

УДК 537(075.8)
ББК 22.33я73
К78

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 26.03.2013 г.)*

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. каф. «Высшая математика»
ГГТУ им. П. О. Сухого. *В. И. Лашкевич*

Кравченко, А. И.
К78 Электричество и магнетизм : практикум по курсу «Физика» для студентов техн. специальностей днев. формы обучения / А. И. Кравченко, П. А. Хило, О. И. Проневич. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 100 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит тесты к экзамену и основные формулы по разделу «Электричество и магнетизм». Предназначен для самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям, коллоквиумам и экзаменам по курсу «Физика», проводимым в тестовой форме.

Для студентов технических специальностей дневной формы обучения.

УДК 537(075.8)
ББК 22.33я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2013

Предисловие

Практикум по разделу «Электричество и магнетизм» курса «Физика» ч. 2 содержит подборку тестовых задач различной степени сложности как для использования на экзаменах, так и на практических занятиях и для самостоятельной работы студентов.

Тестовые задания составлены в соответствии с требованиями общеобразовательных стандартов и типовых учебных программ.

Практикум содержит тестовые задачи по основным темам раздела «Электричество и магнетизм»: «Электростатика», «Потенциал», «Конденсаторы», «Законы постоянного тока», «Магнитное поле в вакууме», «Движение заряженных частиц в электрическом и магнитных полях», «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные колебания», и др.

Тестовые задания содержат задачи с ответами, один или несколько из которых являются правильными. Часть задач предполагает установление правильного соответствия между понятиями и формулами двух множеств физических величин.

Приводятся так же основные формулы и справочный материал.

Практикум предназначен для студентов дневного отделения.

1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Основные понятия и формулы

Закон сохранения заряда:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i = \text{const},$$

где $\sum_{i=1}^n q_i$ - алгебраическая сумма зарядов, входящих в изолиро-

ванную систему;

n - число зарядов.

Закон Кулона:

$$\vec{F} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r},$$

где \vec{F} - сила взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 ;

\vec{r} - вектор проведенный от q_1 к q_2 ;

r - модуль этого вектора;

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Кл}^2}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}.$$

Модуль вектора \vec{F} :

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

Напряженность электрического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_+},$$

где q_+ - единичный пробный точечный положительный заряд.

Модуль напряженности поля, создаваемого точечным зарядом

q :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

Принцип суперпозиции. Результирующая сила \vec{F} , действующая на точечный заряд в электрическом поле, созданном системой точечных зарядов равна геометрической сумме сил действующих со стороны каждого заряда в отдельности:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Напряжённость поля, создаваемого системой точечных зарядов:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i,$$

а в случае протяженных зарядов:

$$\vec{E} = \int d\vec{E},$$

где $d\vec{E}$ - поле, создаваемое зарядом dq .

Диполь - система двух разных по абсолютной величине, но противоположных по знаку зарядов.

Электрический момент диполя:

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

где \vec{l} - плечо диполя (рис.1.1).

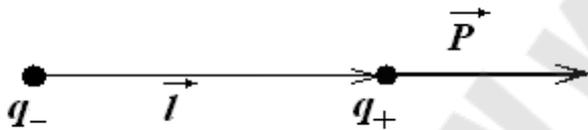


Рис.1.1

Поток вектора \vec{E} через произвольную поверхность S :

$$\Phi_E = \oint_S E \cos \alpha dS \text{ или } \Phi_E = \oint_S E_n dS, \quad \Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S},$$

где α - угол между вектором \vec{E} и нормалью \vec{n} к элементу поверхности;

dS - площадь элемента поверхности;

E_n - проекция вектора напряженности на нормаль.

Теорема Гаусса:

$$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum_{i=1}^n q_i,$$

где $\sum_{i=1}^n q_i$ - алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри

замкнутой поверхности.

Модуль напряженности поля, создаваемого бесконечно длинной равномерно заряженной нитью:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\tau}{r},$$

где $\tau = \frac{dq}{dl}$ - линейная плотность заряда.

Модуль напряженности поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

где $\sigma = \frac{dq}{dl}$ - поверхностная плотность заряда.

Модуль напряженности поля, создаваемого заряженной металлической сферой:

а) внутри сферы – $E=0$;

б) на поверхности сферы – $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2}$, где R - радиус сферы;

в) вне сферы – $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$, где r – расстояние от центра сферы

до точки.

Поляризованность диэлектрика

$$\vec{P} = \frac{\vec{P}_V}{V} = \frac{\sum_i \vec{P}_i}{V},$$

где V – объём диэлектрика; $\vec{P}_V = \sum_i \vec{P}_i$ – дипольный момент ди-

электрика, \vec{P}_i – дипольный момент i - той молекулы.

Связь между поляризованностью диэлектрика и напряженностью электростатического поля можно выразить формулой

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

где χ – диэлектрическая восприимчивость вещества;

ε_0 – электрическая постоянная.

Связь диэлектрической проницаемости ε с диэлектрической восприимчивостью χ можно выразить формулой

$$\varepsilon = 1 + \chi.$$

Связь между величиной напряженности \vec{E} поля в диэлектрике и величиной напряженности \vec{E}_0 внешнего поля можно записать следующим образом:

$$E = E_0 - \frac{P}{\varepsilon_0}; \quad E = \frac{E_0}{\varepsilon},$$

где P – величина поляризованности; ϵ – диэлектрическая проницаемость.

Связь между векторами электрического смещения \vec{D} , напряжённости электростатического поля \vec{E} и поляризованности \vec{P} :

$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$, $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$, где ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость.

Теорема Гаусса для поля в диэлектрике:

$$\Phi_D = \oint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n q_i^{cb},$$

где $\sum_{i=1}^n q_i^{cb}$ - алгебраическая сумма свободных зарядов, находящихся внутри замкнутой поверхности S .

Потенциал электрического поля в точке (B):

$$\varphi(B) = \frac{W(B)}{q_+} = \frac{A_{B,\infty}}{q_+} = \int_B^{\infty} E_e dl,$$

где $W(B)$ – потенциальная энергия заряда находящегося в точке (B);

$A_{B,\infty}$ - работа сил электростатического поля по перемещению заряда из данной точки (B) в бесконечность;

E_e - проекция вектора \vec{E} на направление перемещения;

q_+ - пробный заряд.

Потенциал поля, создаваемый точечным зарядом на расстоянии r от заряда q :

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

Потенциал поля, созданного системой точечных зарядов:

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

где $\sum_{i=1}^n \varphi_i$ - алгебраическая сумма потенциалов, создаваемых отдельными зарядами в данной точке.

Потенциал поля связан с напряженностью электростатического поля соотношением:

$$\vec{E} = -grad\varphi;$$

где $\text{grad}\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\vec{k}$.

Для сферически симметричного поля, эта связь выражается формулой:

$$\vec{E} = -\frac{\partial\varphi}{\partial r} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \text{ или в скалярной форме } E = -\frac{\partial\varphi}{\partial r}.$$

В случае однородного поля:

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

где d – расстояние между двумя эквипотенциальными поверхностями с потенциалами φ_1 и φ_2 .

Работа сил поля по перемещению точечного заряда q из одной точки поля в другую:

$$A = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r})d\vec{r} = q \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E}(\vec{r})d\vec{r} = q \int_{r_1}^{r_2} E_r dr, \text{ или } A = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где E_r - проекция вектора напряжённости \vec{E} на направление перемещения.

Разность потенциалов между точками 1 и 2 в электростатическом поле

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_+} = \int_1^2 \vec{E}d\vec{l} = \int_1^2 E_l dl,$$

где A_{12} – работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда q_+ из точки 1 в точку 2; E_l – проекция вектора \vec{E} на направление элементарного перемещения $d\vec{l}$ (интегрирование производится вдоль любой линии, соединяющей начальную и конечную точки, так как работа сил электростатического поля не зависит от траектории перемещения).

Разность потенциалов между точками, находящимися на расстоянии x_1 и x_2 от равномерно заряженной бесконечной плоскости,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(x_2 - x_1),$$

где σ – поверхностная плотность заряда.

Разность потенциалов между бесконечными разноименными заряженными плоскостями, расстояние между которыми равно d

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E dx = \int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} dx = \int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} d.$$

Разность потенциалов между двумя точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра равномерно заряженной сферической поверхности (объемно заряженного шара) радиусом R с общим зарядом q , причем $r_1 > R, r_2 > R, r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

Разность потенциалов между двумя точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра заряженного шара радиусом R с общим зарядом q , причём $r_1 < R, r_2 < R, r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^3} dr = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 R^3} (r_2^2 - r_1^2).$$

Разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстояниях r_1 и r_2 от оси равномерно заряженного с линейной плотностью τ бесконечного цилиндра радиусом R , причём $r_1 > R, r_2 > R, r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

Емкость уединенного проводника: $C = \frac{|q|}{|\varphi|}$,

где q - заряд проводника; φ - потенциал проводника.

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{|q|}{|\Delta\varphi|},$$

где $\Delta\varphi$ - разность потенциалов пластин конденсатора;

q - заряд пластины конденсатора.

Емкость сферы радиусом R

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R.$$

Емкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d},$$

где d - расстояние между пластинами конденсатора;

S - площадь пластины (одной) конденсатора;

ε - диэлектрическая проницаемость диэлектрика, заполняющего пространство между пластинами.

Емкость сферического конденсатора (две концентрические сферы радиусом R_1 и R_2 , пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε):

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}.$$

Емкость цилиндрического конденсатора (два коаксиальных цилиндра длиной l и радиусами R_1 и R_2 , пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε):

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}.$$

Общая емкость последовательно соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i},$$

где n - число конденсаторов.

Общая емкость параллельно соединенных конденсаторов:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i.$$

Энергия заряженного конденсатора:

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

Энергия взаимодействия системы точечных зарядов

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i,$$

где φ_i - потенциал, создаваемый в точке, где находится заряд q_i , всеми зарядами, кроме i -того.

Энергия электрического поля в объеме V

$$W = \int_V \omega dV,$$

где $\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2}$ – объёмная плотность энергии; dV – бесконечно малый объём.

Сила притяжения между пластинами плоского конденсатора

$$F = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2 S}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 U^2 S}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Тестовые задачи по электростатике

1.1 Какое из приведённых ниже выражений есть определение напряжённости электрического поля?

а) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$; б) $\nabla\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$; в) $\vec{E} = \frac{\vec{D}}{\varepsilon_0\varepsilon}$;

г) $\oint_S E dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$; д) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$.

1.2 Установите соответствие между определением физической величины и его математическим выражением.

Определение	Математическое выражение
а) линейная плотность заряда	1) $\rho = \frac{dq}{dV}$
б) поверхностная плотность заряда	2) $\lambda = \frac{dq}{dl}$
в) объёмная плотность заряда	3) $\sigma = \frac{dq}{dS}$

1.3 Величина напряжённости электрического поля заряжённого тела (поставьте в соответствие математическое выражение).

Напряжённость эл. поля	Математическое выражение
а) точечного заряда на расстоянии r	1) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}$
б) внутри объёмно-заряжённого шара	2) $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$
в) бесконечно длинной равномерно заряжённой нити на расстоянии r от	3) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}$

ее оси

г) бесконечной равномерно заряженной плоскости

$$4) E = \frac{4\pi\rho r^3}{3\epsilon_0}$$

д) плоского конденсатора

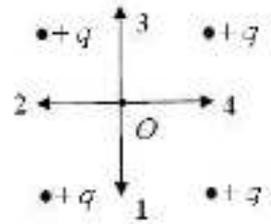
$$5) E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

1.4 Как изменится по модулю напряжённость электрического поля точечного заряда при уменьшении расстояния до заряда в 4 раза?

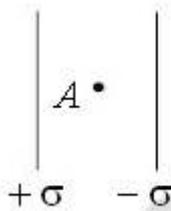
а) уменьшится в 2 раза; б) уменьшится в 4 раза; в) уменьшится в 16 раз; г) увеличится в 16 раз; д) увеличится в 4 раза.

1.5 Каково направление вектора напряжённости электрического поля в точке O , созданного равными по модулю зарядами $+q$?

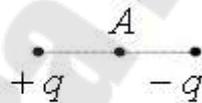
а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) напряжённость в точке O равна нулю.



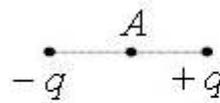
1.6 В каких из четырех случаев различного распределения зарядов, приведенных ниже, напряжённость электрического поля в точке A равна нулю?



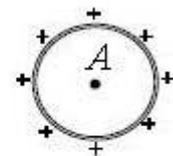
1)



2)



3)

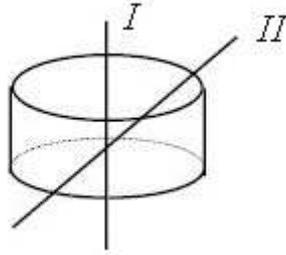


Заряженное
кольцо

4)

а) 1,2; б) 2,3; в) 3; г) 4; д) 3,4.

1.7 Вблизи равномерно заряженной нити мысленно построим замкнутую поверхность, имеющую форму цилиндра, соосного с нитью I . Как изменится модуль потока вектора напряжённости электрического поля через ту же поверхность цилиндра, если нить наклонить (II), сохранив пересечение нити с основаниями цилиндра? Среда однородна.



а) увеличится; б) уменьшится; в) не изменится.

1.8 Установите соответствие между определением и его математическим выражением.

Определение

Математическое выражение

а) теорема Гаусса

$$1) \oint_L E dl = 0$$

б) закон Кулона

$$2) \oint_S E dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

в) теорема о циркуляции

$$3) \epsilon_2 E_{2n} = \epsilon_{1n}$$

г) поле диполя

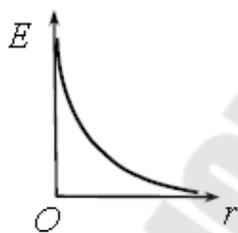
$$4) F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

д) условие на границе двух однородных изотропных

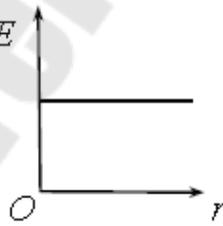
диэлектриков

$$5) E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho}{r^3} \sqrt{1 + 3 \cos^2 \theta}$$

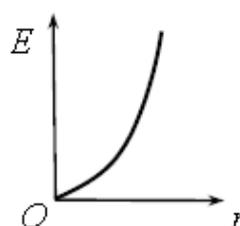
1.9 Укажите, на каком графике правильно показана зависимость напряжённости электростатического поля \vec{E} от расстояния r для тонкой равномерно заряжённой бесконечной нити r ?



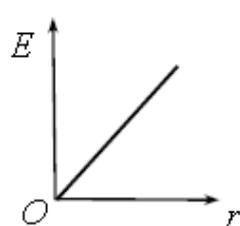
а)



б)

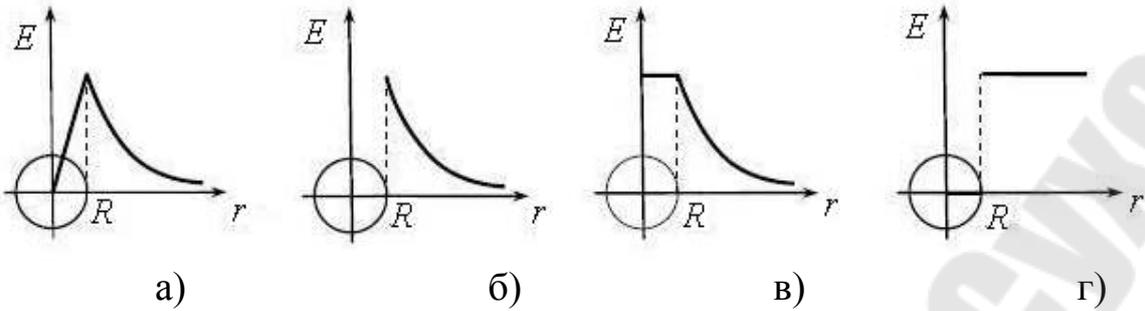


в)



г)

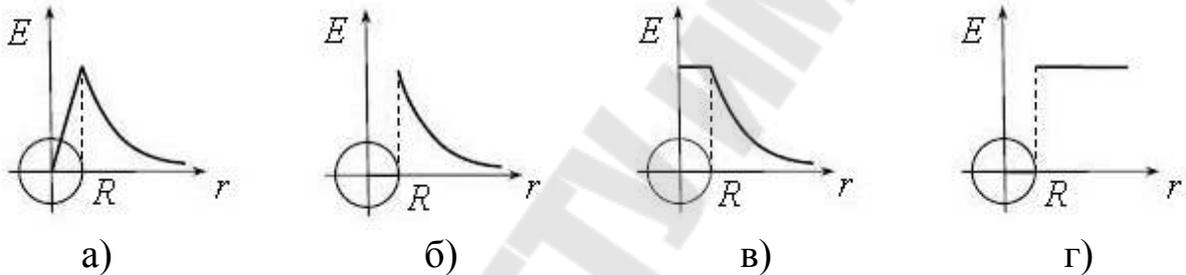
1.10 Укажите, на каком графике правильно показана зависимость напряжённости электростатического поля \vec{E} от расстояния r для равномерно заряжённой проводящей сферы радиусом R .



1.11 Как изменится по модулю напряжённость электрического поля точечного заряда при увеличении расстояния до заряда в 4 раза?

а) уменьшится в 2 раза; б) уменьшится в 4 раза; в) уменьшится в 16 раз; г) увеличится в 2 раза; д) увеличится в 16 раз.

1.12 Какой из приведённых ниже графиков отражает зависимость напряжённости электростатического поля E от расстояния r для равномерно заряжённого по объёму шара радиусом R ?



1.13 Какое из приведённых ниже выражений есть определение потенциала электрического поля?

- а) $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$; б) $\varphi = \frac{W_p}{q'}$; в) $\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$;
 г) $d\varphi = -E dr$; д) $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$.

1.14 Поставьте в соответствие потенциалу заряжённого тела его математическое выражение.

Потенциал	Математическое выражение
а) потенциал точечного заряда	1) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \oint_V \frac{\rho dV}{r}$
б) потенциал внутри заряженной сферы радиуса r	2) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho \cos\theta}{r^2}$
в) потенциал системы точечных зарядов	3) $\varphi = const$

г) потенциал поля диполя

$$4) \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{k=1, (k \neq 1)}^n \frac{q_k}{r_{ik}}$$

д) потенциал тела с равномерно

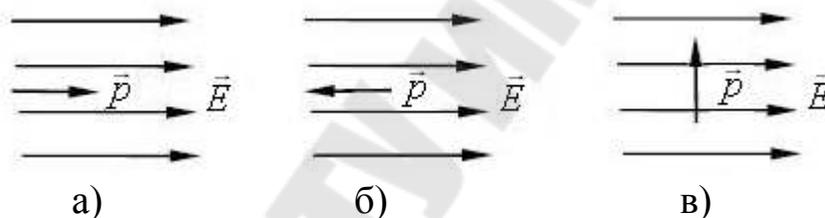
распределённым по объёму зарядом

$$5) \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

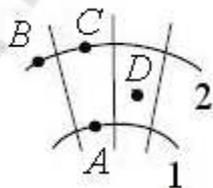
1.15 Какое из приведённых ниже выражений определяет энергию диполя в электрическом поле?

а) $W = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r}$; б) $W = q\varphi$; в) $W = -pE \cos \alpha$; г) $W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i$.

1.16 При какой ориентации электрический диполь в однородном электрическом поле находится в положении устойчивого равновесия относительно поворотов?



1.17 На рисунке показаны силовые линии и две эквипотенциальные поверхности 1 и 2 в электростатическом поле. Какие точки имеют одинаковые потенциалы?

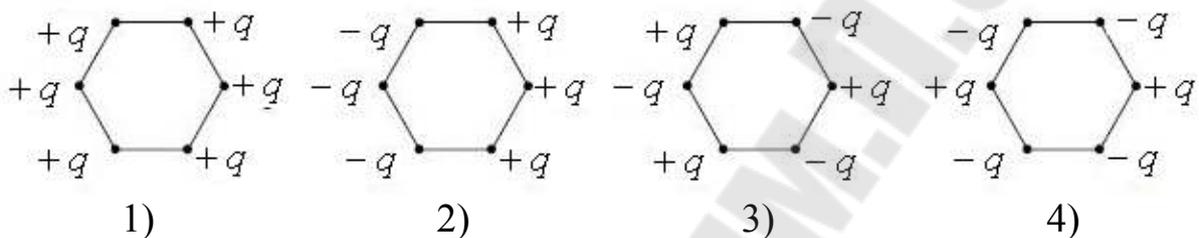


а) A, B и C ; б) B и C ; в) A и D ; г) B и D ; д) C и D .

1.18 Какое из ниже приведённых выражений даёт связь между напряжённостью электростатического поля и потенциалом в неоднородном электрическом поле?

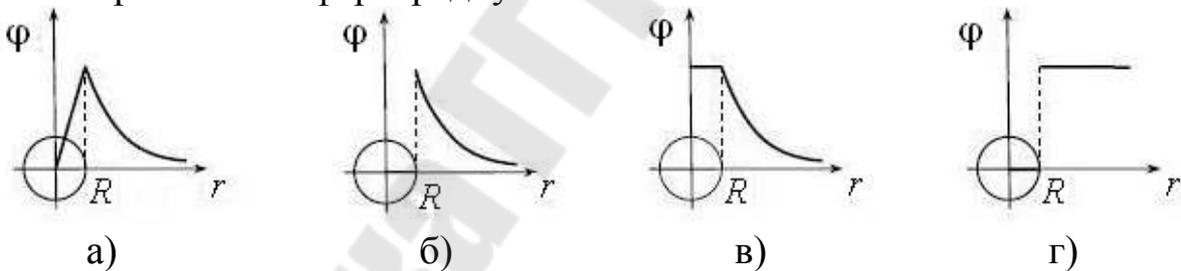
$$\begin{aligned}
 \text{а) } \vec{E} &= -\left(\frac{d\varphi}{dx} + \frac{d\varphi}{dy} + \frac{d\varphi}{dz}\right)\vec{r}; & \text{б) } \vec{E} &= \left(\frac{d\varphi}{dx} + \frac{d\varphi}{dy} + \frac{d\varphi}{dz}\right)\vec{r}; & \text{в) } \\
 E &= \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}; & \text{г) } \vec{E} &= \left(\frac{d\varphi}{dx}\vec{e}_x + \frac{d\varphi}{dy}\vec{e}_y + \frac{d\varphi}{dz}\vec{e}_z\right); & \text{д) } \\
 \vec{E} &= -\left(\frac{d\varphi}{dx}\vec{e}_x + \frac{d\varphi}{dy}\vec{e}_y + \frac{d\varphi}{dz}\vec{e}_z\right).
 \end{aligned}$$

1.19 Укажите номера всех схем, на которых потенциал поля в центре правильного шестиугольника равен нулю.

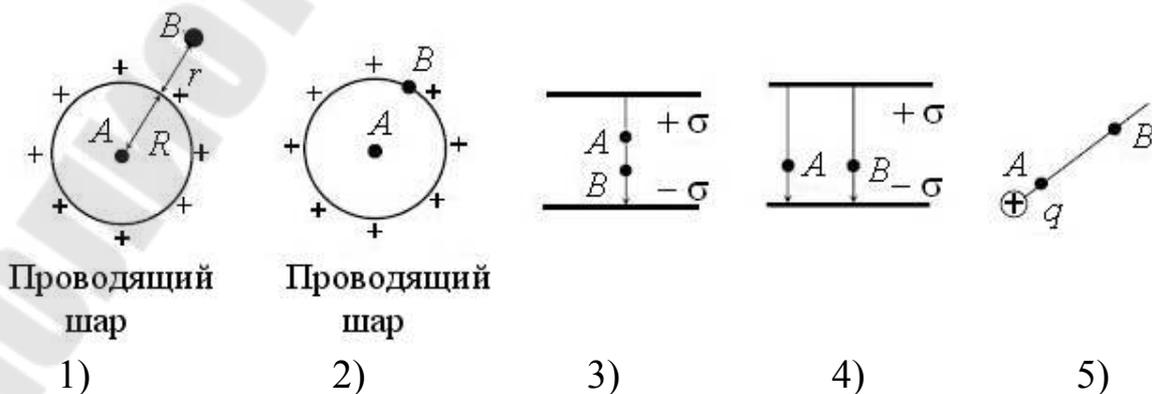


а) 1,2,3; б) 1,4; в) 1,3,4; г) 2,3,4; д) 2,3.

1.20 Какой из ниже приведённых графиков качественно отражает зависимость потенциала от расстояния для уединённой металлической заряженной сферы радиуса R ?



1.21 В каких из нижеприведенных случаев разность потенциалов между точками A и B равна нулю?



а) $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$; б) $C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$; в) $C = \frac{q}{U}$; г) $C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$;

д) $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(R_2 / R_1)}$.

1.25 От каких факторов зависит ёмкость уединённого проводника, расположенного в вакууме?

- а) только от размеров проводника;
- б) только от формы проводника;
- в) от формы и размеров проводника;
- г) от формы, размеров и материалов проводника;
- д) от формы, размеров и от заряда проводника.

1.26 Энергия заряжённого проводника определяется выражением:

а) $\frac{q^2}{2C}$; б) $\frac{\varphi q}{2}$; в) $\frac{\vec{E}\vec{D}}{2}$; г) $\frac{CU^2}{2}$.

1.27 Энергия электрического поля определяется выражением:

а) $\frac{\vec{E}\vec{D}}{2}$; б) $\frac{\vec{E}\vec{P}}{2}$; в) $\int_V \rho_E dV$; г) $\frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2}$.

1.28 Электроёмкости конденсатора поставьте в соответствие математическое выражение.

Электроёмкость	Математическое выражение
а) электроёмкость плоского конденсатора	1) $\frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$
б) электроёмкость сферического конденсатора	2) $\frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(R_2 / R_1)}$
в) электроёмкость цилиндрического конденсатора	3) $\frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$

1.29 Какое из приведённых ниже выражений есть определение плотности энергии электрического поля?

$$\text{а) } \rho_E = \frac{W}{V}; \text{ б) } \rho_E = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}; \text{ в) } \rho_E = \frac{D^2}{2\epsilon_0 \epsilon}; \text{ г) } \rho_E = \frac{\vec{E}\vec{D}}{2}.$$

1.30 Выберите из приведённых ниже выражений все те, которые определяют поток электростатического смещения \vec{D} через поверхность S .

$$1) \int_S D dS; 2) \int_S D \cos(\vec{n}, \vec{D}) dS; 3) \frac{D}{\epsilon \epsilon_0} \cos(\vec{D}, \vec{n}) dS; 4) \int_S D dS; 5) \frac{DS}{\epsilon \epsilon_0}$$

1.31 Какое из приведённых ниже выражений есть определение электрического смещения?

$$\text{а) } \vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}; \text{ б) } \vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}; \text{ в) } \nabla \vec{D} = \rho_{cm}; \text{ г) } \int_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_{icm};$$

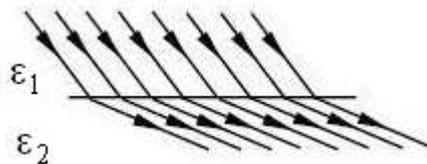
$$\text{д) } \vec{D} = \frac{q}{4\pi r^2} \vec{e}_r.$$

1.32 Какое из приведённых ниже выражений есть определение вектора поляризованности?

$$\text{а) } \vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}; \text{ б) } \vec{P} = \vec{D} - \epsilon_0 \vec{E}; \text{ в) } \nabla \vec{P} = -\rho'_{изб}; \text{ г) } \vec{P} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^n \vec{p}_i;$$

$$\text{д) } \int_S \vec{P} d\vec{S} = -q'_{изб}.$$

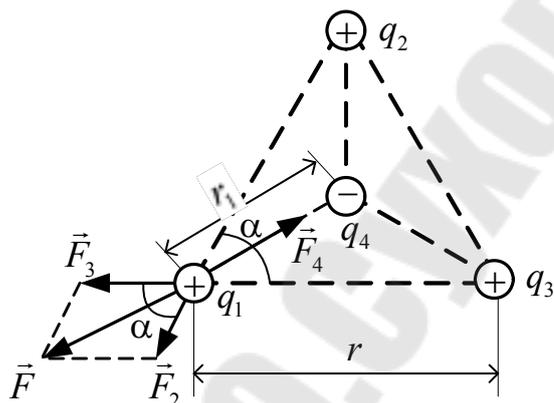
1.33 На рисунке дано изображение электростатического поля на границе двух диэлектриков с диэлектрическими проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 . Сравнить ϵ_1 и ϵ_2 между собой. Указать, линии какого поля \vec{E} или \vec{D} изображены на рисунке.



$$\text{а) } \epsilon_1 > \epsilon_2, \text{ линии вектора } \vec{E}; \quad \text{б) } \epsilon_1 > \epsilon_2, \text{ линии вектора } \vec{D};$$

$$\text{в) } \epsilon_1 < \epsilon_2, \text{ линии вектора } \vec{E}; \quad \text{г) } \epsilon_1 < \epsilon_2, \text{ линии вектора } \vec{D}.$$

1.34 Три одинаковых положительных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = 1 \text{ нКл}$ расположены по вершинам равностороннего треугольника (см. рис.). Какой отрицательный заряд q_4 нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?



- а) $q_4 = 0,51 \text{ нКл}$; б) $q_4 = 0,58 \text{ нКл}$; в) $q_4 = 2,6 \text{ нКл}$; г) $q_4 = 0,9 \text{ нКл}$;
 д) $q_4 = 2,8 \text{ нКл}$.

1.35 Два тонких длинных проводника равномерно заряжены разноимёнными зарядами с линейной плотностью $|\tau| = 200 \text{ мкКл/м}$ и расположены параллельно друг другу. Расстояние между проводниками $d = 10 \text{ см}$. Найти величину напряжённости \vec{E} поля в точке, удалённой от первого проводника на расстояние $r_1 = 15 \text{ см}$, а от второго – на $r_2 = 16 \text{ см}$?

- а) $E = 26 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$; б) $E = 19 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$; в) $E = 35 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$; г) $E = 14 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$;
 д) $E = 96 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$.

1.36 Найти величину напряжённости \vec{E} и потенциал ϕ в центре полукольца радиусом $R = 5 \text{ см}$, по которому равномерно распределён заряд $q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$.

- а) $E = 6,88 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\phi = 5,39 \cdot 10^2 \text{ В}$;
 б) $E = 4,32 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\phi = 3,21 \cdot 10^2 \text{ В}$;
 в) $E = 3,54 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\phi = 4,89 \cdot 10^2 \text{ В}$;
 г) $E = 2,24 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $\phi = 3,23 \cdot 10^2 \text{ В}$;

$$\text{д) } E = 1,15 \cdot 10^3 \frac{B}{m}, \varphi = 2,16 \cdot 10^2 B.$$

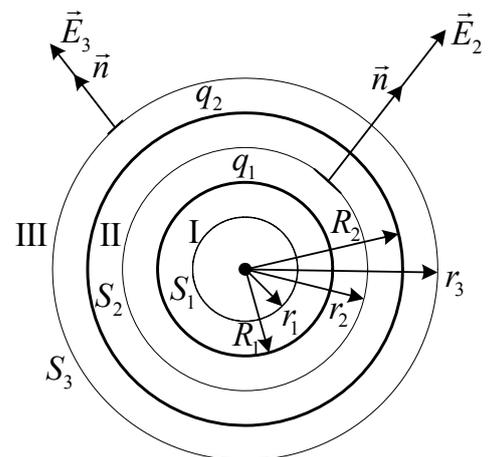
1.37 Тонкий стержень длиной $l = 15 \text{ см}$ несёт равномерно распределённый заряд с линейной плотностью $\tau = 6 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}}$. Найти величину напряжённости \vec{E} , создаваемую этим зарядом, в точке, расположенной на оси стержня и удалённой от ближайшего конца стержня на расстояние $r = 10 \text{ см}$.

а) $E = 324 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; б) $E = 156 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; в) $E = 224 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; г) $E = 674 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$;
 д) $E = 136 \frac{\text{нВ}}{\text{м}}$.

1.38 На отрезке тонкого прямого провода длиной $l = 10 \text{ см}$ равномерно распределён заряд $q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Найти величину напряжённости \vec{E} в точке, расположенной на перпендикуляре к проводу, проведённом через один из его концов, на расстоянии $r_0 = 0,08 \text{ м}$.

а) $E = 45 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; б) $E = 39 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; в) $E = 51 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; г) $E = 86 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; д) $E = 98 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$.

1.39 Две концентрические проводящие сферы радиусами $R_1 = 6 \text{ см}$ и $R_2 = 10 \text{ см}$ несут соответственно заряды $q_1 = 1 \text{ нКл}$ и $q_2 = -0,5 \text{ нКл}$ (см. рис.). Найти величину напряжённости \vec{E} поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях $r_1 = 5 \text{ см}$, $r_2 = 9 \text{ см}$, $r_3 = 15 \text{ см}$.



а) $E_1 = 0 \text{ В/м}$, $E_2 = 1,11 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, $E_3 = 200 \text{ В/м}$;
 б) $E_1 = 0,5 \text{ В/м}$, $E_2 = 0,9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, $E_3 = 16 \text{ В/м}$;
 в) $E_1 = 0 \text{ В/м}$, $E_2 = 0,9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, $E_3 = 20 \text{ В/м}$;

$$\text{г) } E_1 = 0,5B / \text{м}, E_2 = 1,11 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}, E_3 = 14B / \text{м};$$

$$\text{д) } E_1 = 0B / \text{м}, E_2 = 1,4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}, E_3 = 110B / \text{м}.$$

1.40 Электрическое поле создано двумя одинаковыми параллельными пластинами площадью 150см^2 каждая. Пластины расположены на малом (по сравнению с линейными размерами пластин) расстоянии друг от друга. На одной из пластин равномерно распределён заряд $q_1 = -50\text{нКл}$, на другой заряд $q_2 = +150\text{нКл}$. Найти величину напряжённости \vec{E} электрического поля между пластинами.

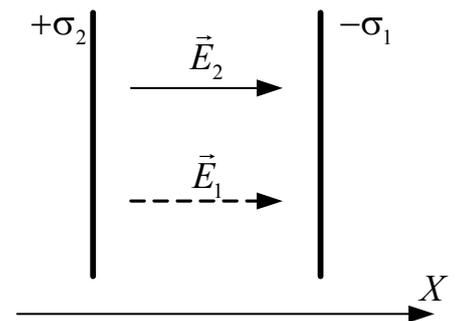
$$\text{а) } E = 750 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}; \text{ б) } E = 890 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}; \text{ в) } E = 900 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}; \text{ г) } E = 480 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

$$\text{д) } E = 970 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}.$$

1.41 Две круглые параллельные пластины находятся на малом (по сравнению с радиусом) расстоянии друг от друга. Пластины равномерно заряжены с поверхностной плотностью $\sigma_1 = 10\text{нКл}/\text{м}^2$ и $\sigma_2 = -30\text{нКл}/\text{м}^2$. Определить величину силы взаимодействия между пластинами, приходящуюся на площадь S , равную 2м^2 .

$$\text{а) } F = 42,8\text{мкН}; \text{ б) } F = 16,2\text{мкН}; \text{ в) } F = 33,8\text{мкН}; \text{ г) } F = 20,1\text{мкН};$$

$$\text{д) } F = 29,9\text{мкН}.$$



1.42 Металлическое кольцо, радиусом R несёт на себе электрический заряд q , при котором величина натяжения проволоки, из которой сделано кольцо, равна T . Какой заряд Q нужно поместить в центр кольца, чтобы оно разорвалось? Проволока выдерживает максимальную величину натяжения T_0 .

$$\text{а) } Q > \frac{8\pi^2 \varepsilon_0 (T_0 - T) R^2}{q}; \text{ б) } Q > \frac{6\pi^2 \varepsilon_0 (T_0 - T) R^2}{q}; \text{ в) } Q > \frac{7\pi (T_0 - T) R^2}{q};$$

$$\text{г) } Q > \frac{8\pi \varepsilon_0 (T_0 - T) R^2}{q}; \text{ д) } Q > \frac{8\pi^2 (T_0 - T) R^2}{2q}.$$

1.43 Эбонитовый полый шар равномерно заряжён по объёму с плотностью $\rho = 100 \text{ нКл} / \text{м}^3$. Внутренний радиус R_1 шара равен 5 см , а наружный $R_2 = 10 \text{ см}$. Вычислить величину напряжённости \vec{E} электрического поля в точках, отстоящих от центра шара на расстояниях $r_1 = 3 \text{ см}$, $r_2 = 6 \text{ см}$, $r_3 = 12 \text{ см}$.

а) $E_1 = 10 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_2 = 21,1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_3 = 113 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;

б) $E_1 = 0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_2 = 31,6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_3 = 113 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;

в) $E_1 = 10 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_2 = 34,1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_3 = 174 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;

г) $E_1 = 0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_2 = 31,6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_3 = 228 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;

д) $E_1 = 0,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_2 = 31,6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, $E_3 = 201 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

1.44 Точечный заряд $q = 100 \text{ нКл}$ находится на малом расстоянии от большой металлической пластины напротив её середины. Найти величину силы \vec{F} , действующую на заряд со стороны пластины. Пластина несёт равномерно распределённый по поверхности заряд $\sigma = 10 \text{ нКл} / \text{м}^2$.

а) $F = 28,3 \text{ мкН}$; б) $F = 17,6 \text{ мкН}$; в) $F = 87,4 \text{ мкН}$; г) $F = 11,5 \text{ мкН}$;

д) $F = 56,5 \text{ мкН}$.

1.45 Тонкая, бесконечно длинная нить с равномерно распределённым по длине зарядом плотностью $\tau = 0,2 \text{ мкКл} / \text{м}$ параллельна безграничной проводящей плоскости с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 2 \text{ нКл} / \text{см}^2$. С какой величиной силы электрическое поле заряженной бесконечной плоскости действует на каждый метр заряженной бесконечно длинной нити, помещённой в это поле?

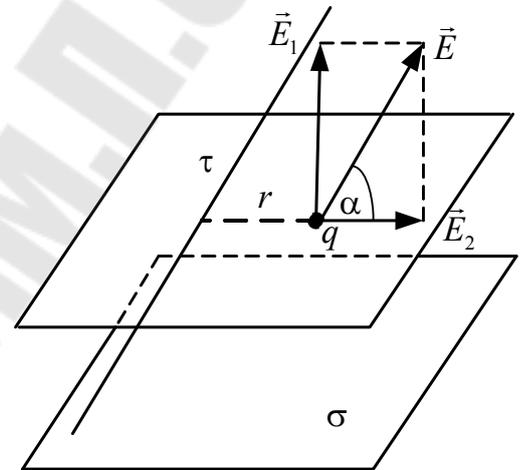
а) $\frac{F}{l} = 634 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$; б) $\frac{F}{l} = 350 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$; в) $\frac{F}{l} = 226 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$; г) $\frac{F}{l} = 542 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$;

д) $\frac{F}{l} = 700 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$.

1.46 Электрическое поле создаётся положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью заряда $\tau = 1 \text{ нКл/см}$. Какую величину скорости приобретёт электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линии напряжённости с расстояния $r_1 = 1,5 \text{ см}$ до $r_2 = 1 \text{ см}$?

- а) $v_2 = 16 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $v_2 = 24 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; в) $v_2 = 35 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
 г) $v_2 = 87 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; д) $v_2 = 56 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1.47 Электрическое поле создано бесконечной плоскостью, заряженной с поверхностной плотностью $\sigma = 400 \text{ нКл/м}^2$, и бесконечной прямой нитью, заряженной с линейной плотностью $\tau = 100 \text{ нКл/м}$. На расстоянии $r = 10 \text{ см}$ от нити находится точечный заряд $q = 10 \text{ нКл}$. Определить величину силы, действующую на заряд, и её направление, если заряд и нить лежат в плоскости, параллельной заряженной плоскости.



- а) $F = 289 \text{ мкН}$, $\alpha = 31,5^\circ$; б) $F = 356 \text{ мкН}$, $\alpha = 45,5^\circ$;
 в) $F = 469 \text{ мкН}$, $\alpha = 67,5^\circ$; г) $F = 780 \text{ мкН}$, $\alpha = 81,5^\circ$;
 д) $F = 970 \text{ мкН}$, $\alpha = 21,5^\circ$.

1.48 Сплошной эбонитовый шар ($\epsilon = 3$) радиусом $R = 5 \text{ см}$ заряжен равномерно с объёмной плотностью $\rho = 5 \text{ нКл/м}^3$. Определить величину энергии электростатического поля, заключённой внутри шара.

- а) $W = 6,54 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$; б) $W = 7,4 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$; в) $W = 14,8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$;
 г) $W = 4,11 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$; д) $W = 13,95 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$.

1.49 Ёмкость шара, погружённого в масло ($\epsilon = 5$), равна $0,39 \text{ нФ}$, заряд на шаре $1,76 \text{ нКл}$. Каков потенциал шара ϕ ?

- а) $\phi = 1,76 \text{ кВ}$; б) $\phi = 3,2 \text{ кВ}$; в) $\phi = 2,5 \text{ кВ}$; г) $\phi = 4,5 \text{ кВ}$;
 д) $\phi = 6,5 \text{ кВ}$.

1.50 Ёмкость шара, погружённого в масло ($\varepsilon = 5$), равна $0,39\text{нФ}$, заряд на шаре $1,76\text{нКл}$. Каков радиус шара?

- а) $R = 0,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; б) $R = 1 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; в) $R = 0,4 \cdot 10^{-3}\text{ м}$;
г) $R = 0,8 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; д) $R = 0,7 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

1.51 Ёмкость шара, погружённого в масло ($\varepsilon = 5$), равна $0,39\text{нФ}$, заряд на шаре $1,76\text{нКл}$. Какова поверхностная плотность заряда σ ?

- а) $\sigma = 231 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$; б) $\sigma = 228 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$; в) $\sigma = 245 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$;
г) $\sigma = 286 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$; д) $\sigma = 416 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$.

1.52 Пластины плоского конденсатора площадью $S = 200\text{см}^2$ притягиваются с силой $F_1 = 9,84\text{мН}$. Между пластинами конденсатора находится точечный заряд $q = 30\text{мКл}$. Определить, с какой величиной силы F_2 поле конденсатора действует на заряд.

- а) $F_2 = 24\text{мН}$; б) $F_2 = 45\text{мН}$; в) $F_2 = 96\text{мН}$; г) $F_2 = 10\text{мН}$;
д) $F_2 = 98\text{мН}$.

1.53 Ёмкость конденсатора $C_1 = 0,4\text{мкФ}$, когда он заполнен воздухом. Конденсатор заряжается до разности потенциалов $U = 500\text{В}$. Определить изменение энергии конденсатора ΔW и работу сил электрического поля при заполнении конденсатора трансформаторным маслом ($\varepsilon = 2,5$) для случая, когда конденсатор отключён от источника

- а) $\Delta W = -3,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$, $A = 3,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$;
б) $\Delta W = -1,8 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$, $A = 1,8 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$;
в) $\Delta W = 1,8 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$, $A = -1,8 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$;
г) $\Delta W = 2,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$, $A = -2,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$;
д) $\Delta W = -2,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$, $A = 1,6 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$.

1.54 Ёмкость конденсатора $C_1 = 0,4\text{мкФ}$, когда он заполнен воздухом. Конденсатор заряжается до разности потенциалов $U = 500\text{В}$. Определить изменение энергии конденсатора ΔW и работу сил элект-

трического поля при заполнении конденсатора трансформаторным маслом ($\varepsilon = 2,5$) для случая, когда конденсатор соединён с источником.

- а) $\Delta W = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}, A = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ Дж};$
- б) $\Delta W = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}, A = 2,6 \cdot 10^{-1} \text{ Дж};$
- в) $\Delta W = -2,6 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}, A = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ Дж};$
- г) $\Delta W = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}, A = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Дж};$
- д) $\Delta W = -6,6 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}, A = -6,6 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}.$

1.55 Пространство между пластинами плоского конденсатора заполняется диэлектриком ($\varepsilon = 7$). При присоединении пластин к источнику напряжения величина напряжённости электрического поля в конденсаторе $E = 0,4 \cdot 10^6 \text{ В/м}$. Найти давление пластин на диэлектрик.

- а) $P = 5 \text{ Па};$ б) $P = 10 \text{ Па};$ в) $P = 7 \text{ Па};$ г) $P = 14 \text{ Па};$ д) $P = 8 \text{ Па}.$

1.56 Пространство между пластинами плоского конденсатора заполняется диэлектриком ($\varepsilon = 7$). При присоединении пластин к источнику напряжения величина напряжённости электрического поля в конденсаторе $E = 0,4 \cdot 10^6 \text{ В/м}$. Найти электрическую индукцию в диэлектрике

- а) $D = 2,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$ б) $D = 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$ в) $D = 1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$
- г) $D = 3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$ д) $D = 4,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}.$

1.57 Пространство между пластинами плоского конденсатора заполняется диэлектриком ($\varepsilon = 7$). При присоединении пластин к источнику напряжения величина напряжённости электрического поля в конденсаторе $E = 0,4 \cdot 10^6 \text{ В/м}$. Найти объёмную плотность энергии электрического поля в диэлектрике.

- а) $\omega = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$ б) $\omega = 2 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$ в) $\omega = 3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$ г) $\omega = 4 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$
- д) $\omega = 5 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}.$

1.58 На пластинах плоского воздушного конденсатора находится заряд $4,95 \text{ нКл}$. Конденсатор подключён к источнику с ЭДС, равной 280 В . Площадь пластины конденсатора $S = 0,01 \text{ м}^2$. Найти величину напряжённости поля \vec{E} внутри конденсатора.

- а) $E = 41 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; б) $E = 32 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; в) $E = 45 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$; г) $E = 23 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$;
д) $E = 56 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$

1.59 На пластинах плоского воздушного конденсатора находится заряд $4,95 \text{ нКл}$. Конденсатор подключён к источнику с ЭДС, равной 280 В . Площадь пластины конденсатора $S = 0,01 \text{ м}^2$. Найти величину скорости \vec{v} , которую получит электрон, пройдя в конденсаторе путь от одной пластины до другой

- а) $v = 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $v = 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; в) $v = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; г) $v = 5 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
д) $v = 3 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1.60 На пластинах плоского воздушного конденсатора находится заряд $4,95 \text{ нКл}$. Конденсатор подключён к источнику с ЭДС, равной 280 В . Площадь пластины конденсатора $S = 0,01 \text{ м}^2$. Найти величину силы притяжения пластин \vec{F} .

- а) $F = 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$; б) $F = 0,11 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$; в) $F = 0,31 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$;
г) $F = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$; д) $F = 0,41 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$.

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Основные понятия и формулы

Количественной характеристикой интенсивности движения зарядов является сила тока i :

$$|i| = \frac{|dq|}{dt},$$

где dq — заряд, прошедший через поверхность S внутри проводника за время dt .

Если ток создается и положительными и отрицательными носителями заряда, то

$$|i| = \frac{|dq_+|}{dt} + \frac{|dq_-|}{dt},$$

где dq_+ и dq_- — положительный и отрицательный заряды, прошедшие через рассматриваемую поверхность за время dt .

В случае постоянного тока:

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

где q — заряд, прошедший через данную поверхность S за конечный промежуток времени t .

Величина вектора плотности тока. Если dS — элементарная площадка, α — угол между нормалью к этой площадке и направлением поля в том месте, где расположена площадка, dI — ток, протекающий через dS (рис. 2.1), то числовое значение вектора равно:

$$j = \frac{|dI|}{dS \cos \alpha} = \frac{|dI|}{dS_{\perp}},$$

где dS — элементарная площадка, $dS_{\perp} = dS \cos \alpha$ — проекция dS на плоскость, перпендикулярную к линиям поля, α — угол между нормалью к этой площадке и направлением поля в том месте, где расположена площадка, dI — ток, протекающий через dS (рис. 2.1).

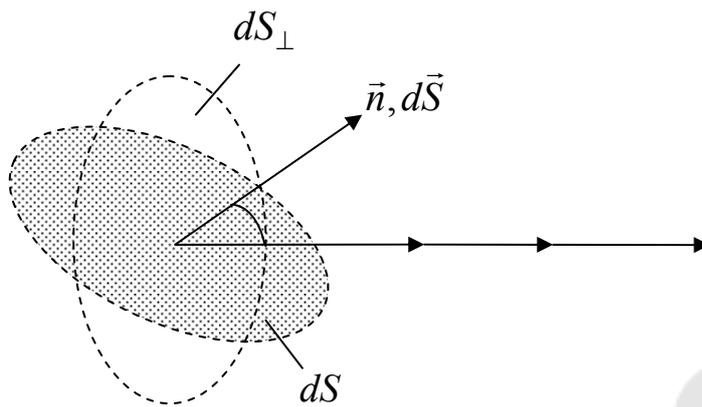


Рис.2.1.

Ток, протекающий через элементарную площадку dS , ориентированную в проводнике произвольно равен:

$dI = j dS \cos \alpha = \vec{j} d\vec{S}$, где $d\vec{S}$ — вектор, численно равный dS и направленный по нормали к площадке dS .

Ток, протекающий через всю поверхность S :

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S}.$$

Связь плотности тока со средней скоростью $\langle \vec{u} \rangle$ направленного движения заряженных частиц:

$$\vec{j} = q \cdot n \cdot \langle \vec{u} \rangle,$$

где q — заряд частицы;

n — концентрация частиц.

Закон Ома - сила электрического тока, текущего от точки 1 к точке 2 однородного участка цепи (однородным называется участок цепи, в котором на заряды действуют только электрические силы), пропорциональна разности потенциалов на концах этого участка:

$$I_{12} = \gamma_{12} (\Phi_1 - \Phi_2),$$

где γ_{12} - электрическая проводимость участка; величина, обратная проводимости, называется электрическим сопротивлением $1/\gamma_{12} = R_{12}$.

$$\text{Тогда: } I_{12} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R_{12}}.$$

Сопротивление проводника при данной температуре рассчитывается по формуле:

$$R_t = \rho_t \frac{l}{S},$$

где l — длина проводника; S — площадь поперечного сечения; ρ_t — удельное сопротивление.

Для большинства проводников удельное сопротивление изменяется с температурой по линейному закону:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t^\circ), \quad (4.10)$$

где ρ_t — удельное сопротивление при $t^\circ\text{C}$; ρ_0 — удельное сопротивление при 0°C ; $t^\circ\text{C}$ — температура по Цельсию; α — температурный коэффициент сопротивления.

Тогда:

$$R_t = \rho_0(1 + \alpha t^\circ) \frac{l}{S} = R_0(1 + \alpha t^\circ),$$

где через R_0 обозначено сопротивление проводника при 0°C :

$$R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}.$$

Вектор плотности тока в каждой точке изотропного проводника направлен так же, как и вектор напряжённости:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E}.$$

Величина обратная удельному сопротивлению, называется удельной проводимостью или удельной электропроводностью $\sigma = 1/\rho$, тогда:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} - \text{закон Ома в дифференциальной форме.}$$

Сопротивление последовательно соединённых проводников:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i,$$

где R_i - сопротивление i -го проводника;

n - число проводников.

Сопротивление параллельно соединённых проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

Закон Ома для неоднородного участка цепи:

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

где $(\varphi_1 - \varphi_2)$ - разность потенциалов на концах участка цепи;

ε_{12} - э.д.с. источников тока, входящих в участок;

R - сопротивление цепи (участка цепи).

Закон Ома для однородного участка цепи ($\varepsilon_{12} = 0$):

$$I = \frac{U}{R},$$

где U - напряжение на участке цепи.

Закон Ома для полной цепи ($\varphi_1 = \varphi_2$):

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

где r - внутреннее сопротивление источника тока;

ε - э.д.с. источника.

Правила Кирхгофа для разветвленных цепей:

1. Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узловых точках цепи, равна нулю:

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

где n - число токов сходящихся в узле;

2. Для любого замкнутого контура, произвольно выбранного в сложной цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов I_k на сопротивление R_k соответствующих участков цепи равна алгебраической сумме всех ЭДС, действующих в этом контуре:

$$\sum_{i=1}^n I_k R_k = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i.$$

Работа тока за время t :

$$A = qU = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t.$$

Мощность тока:

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

Закон Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 Rt,$$

где Q - количество теплоты, выделяющееся в цепи за время t .

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме:

$$\omega = \sigma E^2,$$

где ω - тепловая мощность тока.

2.3 Какое из приведённых выражений есть определение плотности тока?

а) $I = \frac{dq}{dt}$; б) $j = \frac{dI}{dS_{\perp}}$; в) $I = \int \vec{j} d\vec{S}$; г) $I = \frac{q}{t}$;
 д) $\vec{j} = e^+ n^+ \vec{u}^+ + e^- n^- \vec{u}^-$.

2.4 Какое из приведенных ниже выражений определяет силу тока в проводнике?

а) $qvln/S$; б) $qvln$; в) $qvlnS/l$; г) $qvnl$; д) $qvlnS..$

2.5 Проводящей среде поставьте в соответствие функциональную зависимость ее удельного сопротивления от температуры.

Среда	Функциональная зависимость
а) металл	1) $\rho = \rho_0 e^{\Delta E / kT}$
б) полупроводник	2) $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$
в) электролит	3) $\rho = \frac{1}{\alpha n q (b_+ + b_-)}$

2.6 Какое из приведенных выражений определяет уравнение непрерывности для постоянного тока?

а) $\int_S j dS = -\frac{dq}{dt}$; б) $\nabla \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$; в) $\nabla \vec{j} = 0$; г) $\vec{j} = const$.

2.7 По медному проводнику сечением $0,8 \text{ мм}^2$ течёт ток 80 мА . Найдите величину средней скорости упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

а) $\langle v \rangle = 7,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $\langle v \rangle = 9,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; в) $\langle v \rangle = 10,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
 г) $\langle v \rangle = 12,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; д) $\langle v \rangle = 14,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2.8 Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых источника, реостата и амперметра. При температуре $t_0 = 0^\circ \text{C}$ сопро-

тивление реостата $R_0 = 120 \text{ Ом}$, сопротивление амперметра $R_A = 20 \text{ Ом}$. Амперметр показывает ток $I_0 = 22 \text{ мА}$. Если же реостат нагреется на $\Delta t = 50^\circ \text{ C}$, то амперметр покажет силу тока $I = 17,5 \text{ мА}$. Каков температурный коэффициент сопротивления проволоки, из которой сделан реостат?

- а) $\alpha = 0,006 \text{ K}^{-1}$; б) $\alpha = 0,002 \text{ K}^{-1}$; в) $\alpha = 6 \text{ K}^{-1}$; г) $\alpha = 0,00 \text{ K}^{-1}$;
 д) $\alpha = 4,5 \text{ K}^{-1}$.

2.9 Вольфрамовая нить электрической лампочки при температуре $t_1 = 20^\circ \text{ C}$ имеет сопротивление $R_1 = 35,8 \text{ Ом}$. Какова будет температура t_2 нити лампочки, если при включении в сеть напряжением $U = 120 \text{ В}$ по нити идёт ток $I = 0,33 \text{ А}$? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

- а) $t_2 = 1600^\circ \text{ C}$; б) $t_2 = 1800^\circ \text{ C}$; в) $t_2 = 1900^\circ \text{ C}$; г) $t_2 = 2000^\circ \text{ C}$;
 д) $t_2 = 2200^\circ \text{ C}$.

2.10 Через лампу накаливания течёт ток $I = 1 \text{ А}$. Температура t вольфрамовой нити диаметром $d_1 = 0,2 \text{ мм}$ равна 2000° C . Ток подводится медным проводом сечением $S_2 = 5 \text{ мм}^2$. Определите напряжённость электростатического поля: 1) в вольфраме; 2) в меди. Удельное сопротивление вольфрама при 0° C $\rho_0 = 55 \text{ нОм} \cdot \text{м}$, его температурный коэффициент сопротивления $\alpha_1 = 0,0045 \text{ град}^{-1}$, удельное сопротивление меди $\rho_2 = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$.

- а) $E_1 = 12,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; $E_2 = 3,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{В}}{\text{м}}$; б) $E_1 = 17,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; $E_2 = 3,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{В}}{\text{м}}$;
 в) $E_1 = 12,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; $E_2 = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{В}}{\text{м}}$; г) $E_1 = 17,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; $E_2 = 6,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{В}}{\text{м}}$;
 д) $E_1 = 10,3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; $E_2 = 5,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

2.11 На катушку намотана медная проволока диаметром $d = 1 \text{ мм}$. Какое сопротивление имеет проволока, если масса её $m = 3,41 \text{ кг}$?

а) $R = 8,2 \text{ Ом}$; б) $R = 10,8 \text{ Ом}$; в) $R = 12,6 \text{ Ом}$; г) $R = 14,8 \text{ Ом}$; д) $R = 20,4 \text{ Ом}$.

2.12 Чтобы изготовить печь сопротивлением $R = 40 \text{ Ом}$, при комнатной температуре $t = 20^\circ \text{C}$ на фарфоровый цилиндр диаметром $d = 5 \text{ см}$ наматывают никелиновую проволоку радиусом $r = 0,5 \text{ мм}$. Сколько витков проволоки потребуется для изготовления такой печи? Удельное сопротивление никелина $\rho = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ при температуре $t = 20^\circ \text{C}$.

а) $N = 300$; б) $N = 500$; в) $N = 600$; г) $N = 800$; д) $N = 1000$.

2.13 Электрический ток силой $I = 8 \text{ А}$ протекает по стальной проволоке круглого сечения. Радиус сечения $r = 0,5 \text{ мм}$. Рассчитайте скорость направленного движения (дрейфа) электронов в проволоке. Концентрацию электронов проводимости принять равной 10^{29} м^{-3} .

а) $\langle v \rangle = 3,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $\langle v \rangle = 4,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; в) $\langle v \rangle = 5,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

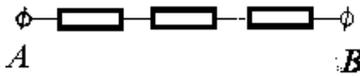
г) $\langle v \rangle = 6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; д) $\langle v \rangle = 6,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2.14 По железному проводнику ($\rho = 7,87 \text{ г/см}^3$, $M = 56 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$), сечением $S = 0,5 \text{ мм}^2$ течёт ток $I = 0,1 \text{ А}$. Определите величину средней скорости упорядоченного (направленного) движения электронов, считая, что число n свободных электронов в единице объёма проводника равно числу атомов n' в единице объёма проводника.

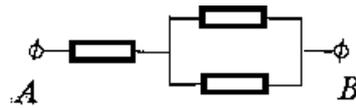
а) $\langle v \rangle = 6,8 \text{ мкм/с}$; б) $\langle v \rangle = 8,6 \text{ мкм/с}$; в) $\langle v \rangle = 12,2 \text{ мкм/с}$;

г) $\langle v \rangle = 14,8 \text{ мкм/с}$; д) $\langle v \rangle = 16 \text{ мкм/с}$.

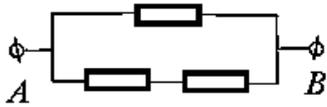
2.15 На рисунке показаны четыре типа соединений трех одинаковых сопротивлений. Установите правильное соотношение общих сопротивлений этих участков.



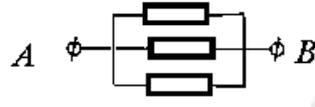
1



2



3



- а) $R_1 > R_2 < R_3 < R_4$; б) $R_1 > R_2 < R_3 > R_4$; в) $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$;
 г) $R_1 < R_2 < R_3 < R_4$; д) $R_1 < R_2 < R_3 > R_4$; е) $R_1 < R_2 > R_3 > R_4$.

2.16 Имеется цепь из n равных последовательно соединенных сопротивлений. Как изменится сопротивление цепи, если их соединить параллельно?

- а) увеличится в n раз; б) увеличится в n^2 раз;
 в) уменьшится в n раз; г) уменьшится в n^2 раз.

2.17 Интегральная форма закона Ома для неоднородного участка цепи выражается уравнением.

- а) $I = \frac{U}{R}$; б) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$; в) $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R}$; г) $\vec{j} = \sigma \vec{E}$;
 д) $\vec{j} = \sigma(\vec{E} + \vec{E}')$.

2.18 Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением $R = 30 \text{ Ом}$ при равномерном нарастании напряжения на концах провода от $U_1 = 2 \text{ В}$ до $U_2 = 4 \text{ В}$ в течение времени $t = 20 \text{ с}$.

- а) $q = 5 \text{ Кл}$; б) $q = 10 \text{ Кл}$; в) $q = 15 \text{ Кл}$; г) $q = 20 \text{ Кл}$; д) $q = 20 \text{ Кл}$.

2.19 По медному проводу длиной $l = 1000 \text{ м}$ и диаметром $d = 4 \text{ мм}$ течёт ток I . При каком значении тока падение напряжения U на проводе будет равно $10,8 \text{ В}$?

- а) $I = 2 \text{ А}$; б) $I = 5 \text{ А}$; в) $I = 8 \text{ А}$; г) $I = 12 \text{ А}$; д) $I = 15 \text{ А}$.

2.20 Определите величину плотности тока в медной проволоке длиной $l = 100 \text{ м}$, если разность потенциалов на её конца $\varphi_1 - \varphi_2 = 10 \text{ В}$. Удельное сопротивление меди $\rho = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$.

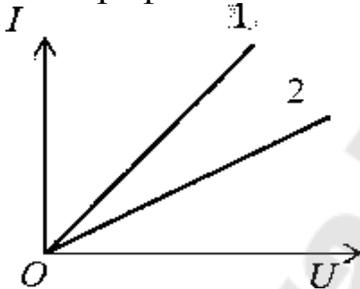
- а) $j = 5,88 \frac{\text{МА}}{\text{м}^2}$; б) $j = 4,54 \frac{\text{МА}}{\text{м}^2}$; в) $j = 3,26 \frac{\text{МА}}{\text{м}^2}$; г) $j = 8,56 \frac{\text{МА}}{\text{м}^2}$;

$$d) j = 12,96 \frac{MA}{M^2}.$$

2.21 Поставьте в соответствие закону его математическое выражение

Закон	Математическое выражение
а) закон Ома для однородного участка цепи;	1) $\vec{j} = \sigma \vec{E}$
б) закон Ома в дифференциальной форме;	2) $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R}$
в) закон Ома для неоднородного участка цепи;	3) $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$
г) закон Ома для замкнутой цепи;	4) $\vec{j} = anq(b_+ + b_-)\vec{E}$
д) закон Ома для электролитов	5) $I = \frac{U}{R}$

2.22 Сравните сопротивления двух проводников, для которых приведён график $I = f(U)$.



- а) $R_1 > R_2$; б) $R_1 < R_2$; в) $R_1 = R_2$;
 г) по приведенным графикам о сопротивлениях 1 и 2 сказать ничего нельзя.

2.23 Верны ли следующие утверждения:

- 1) при соединении двух проводников из различных металлов между ними возникает контактная разность потенциалов, которая зависит только от их химического состава и температуры;
- 2) разность потенциалов между концами цепи, состоящей из последовательно соединенных металлических проводников, находящихся при одинаковой температуре, не зависит от химического состава промежуточных проводников.

а) верно, только 1; б) верно, только 2; в) верны оба суждения; г) оба суждения неверны.

2.24 Выберите все факторы, от которых зависит контактная разность потенциалов $\Phi_1 - \Phi_2$.

- 1) от химической природы контактирующих металлов;
- 2) от температуры контактирующих металлов;
- 3) от состояния поверхности;
- 4) от площади соприкосновения металлов.

а) 1,2; б) 1,2,3; в) 2,3,4; г) 3,4; д) 1,3,4.

2.25 Являются ли тождественными понятия: разность потенциалов и напряжение?

- а) да, являются;
- б) нет, не являются, но они совпадают для однородного участка цепи;
- в) нет, не являются и никогда не совпадают.

2.26 Определите величину плотности \vec{j} электрического тока, в медном проводе (удельное сопротивление $\rho = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$), если удельная тепловая мощность тока $\omega = 1,7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$.

- а) $j = 6 \text{ кА} / \text{м}^2$; б) $j = 10 \text{ кА} / \text{м}^2$; в) $j = 12 \text{ кА} / \text{м}^2$; г) $j = 8 \text{ кА} / \text{м}^2$;
- д) $j = 14 \text{ кА} / \text{м}^2$.

2.27 Какое из приведённых ниже выражений определяет полную мощность тока в цепи?

- а) IU ; б) $I(\Phi_1 - \Phi_2)$; в) εI ; г) $I^2 R$.

2.28 Какую наибольшую мощность P_{max} можно получить во внешней цепи от батареи аккумуляторов? ЭДС батареи $\varepsilon = 12 \text{ В}$. Ток короткого замыкания 6 А .

- а) $P_{\text{max}} = 24 \text{ Вт}$; б) $P_{\text{max}} = 46 \text{ Вт}$; в) $P_{\text{max}} = 18 \text{ Вт}$; г) $P_{\text{max}} = 72 \text{ Вт}$;
- д) $P_{\text{max}} = 86 \text{ Вт}$.

2.29 Какое из приведённых ниже уравнений выражает дифференциальную форму закона Джоуля - Ленца?

$$\text{а) } \int_S \vec{j} d\vec{S} = -\frac{dq}{dt}; \quad \text{б) } Q = IUt; \quad \text{в) } \int_1^2 I^2 R dt; \quad \text{г) } Q_{y\partial} = \rho j.$$

2.30 Определите количество теплоты Q , выделившееся в проводнике сопротивлением $R = 50 \text{ Ом}$, при пропускании по нему электрического тока. Сила тока в проводнике равномерно нарастает с $I_0 = 0$ до $I = 10 \text{ А}$ в течение времени $\tau = 30 \text{ с}$.

$$\text{а) } Q = 15 \text{ кДж}; \quad \text{б) } Q = 35 \text{ кДж}; \quad \text{в) } Q = 55 \text{ кДж}; \quad \text{г) } Q = 50 \text{ кДж}.$$

2.31 По проводнику сопротивлением $R = 3 \text{ Ом}$ течёт равномерно возрастающий ток. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за время $\tau = 8 \text{ с}$, равно $Q = 200 \text{ Дж}$. Определить количество электричества q , протёкшее за это время по проводнику. В начальный момент сила тока в проводнике была равна нулю.

$$\text{а) } q = 10 \text{ Кл}; \quad \text{б) } q = 5 \text{ Кл}; \quad \text{в) } q = 15 \text{ Кл}; \quad \text{г) } q = 18 \text{ Кл}; \quad \text{д) } q = 20 \text{ Кл}.$$

2.32 В проводнике в течение времени $\tau = 10 \text{ с}$ равномерно убывает сила тока от $I_0 = 5 \text{ А}$ до $I = 0$. При этом в проводнике выделяется количество теплоты $Q = 1 \text{ кДж}$. Каково сопротивление R проводника?

$$\text{а) } R = 8 \text{ Ом}; \quad \text{б) } R = 10 \text{ Ом}; \quad \text{в) } R = 12 \text{ Ом}; \quad \text{г) } R = 14 \text{ Ом}; \quad \text{д) } R = 16 \text{ Ом}.$$

2.33 Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$ нарастает по линейному закону от $I_0 = 0$ до $I_{\text{max}} = 6 \text{ А}$ за $t = 2 \text{ с}$. Определите количество выделившейся теплоты Q_1 за первую секунду и Q_2 за вторую секунду.

$$\begin{aligned} \text{а) } Q_1 = 20 \text{ Дж}, Q_2 = 300 \text{ Дж}; \quad \text{б) } Q_1 = 40 \text{ Дж}, Q_2 = 360 \text{ Дж}; \\ \text{в) } Q_1 = 60 \text{ Дж}, Q_2 = 420 \text{ Дж}; \quad \text{г) } Q_1 = 80 \text{ Дж}, Q_2 = 490 \text{ Дж}; \\ \text{д) } Q_1 = 100 \text{ Дж}, Q_2 = 510 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

2.34 В цепь источника постоянного тока с ЭДС $\varepsilon = 6 \text{ В}$ включён резистор сопротивления $R = 80 \text{ Ом}$. Определите: 1) плотность тока в соединительных проводах площадью поперечного сечения. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь.

$$\text{а) } j = 3,32 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}; \quad \text{б) } j = 2,75 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}; \quad \text{в) } j = 2,16 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2};$$

$$е) j = 3,75 \cdot 10^4 \frac{A}{m^2}; \text{ д) } j = 4,13 \cdot 10^4 \frac{A}{m^2}.$$

2.35 В цепь источника постоянного тока с ЭДС $\varepsilon = 6V$ включён резистор сопротивления $R = 80\text{Ом}$. площадь поперечного сечения проводов $S = 2\text{мм}^2$. Определите число N электронов, проходящих через сечение проводов за время $t = 1\text{с}$. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь.

- а) $N = 4,69 \cdot 10^{17}$ электронов; б) $N = 1,79 \cdot 10^{17}$ электронов;
 в) $N = 2,15 \cdot 10^{17}$ электронов; г) $N = 3,64 \cdot 10^{17}$ электронов;
 д) $N = 4,3 \cdot 10^{17}$ электронов.

2.36 Установите соответствие между определением ЭДС и ее математическим выражением.

Определение ЭДС

Математическое выражение

а) ЭДС - физическая величина, численно равная работе, совершаемой сторонними силами при перемещении положительного единичного заряда по замкнутой цепи;

$$1) \varepsilon = \int_L Edl$$

б) ЭДС равна сумме падений напряжения на внешнем и внутреннем участках цепи;

$$2) \varepsilon = \frac{A}{q}$$

в) ЭДС равна разности потенциалов на клеммах источника тока при разомкнутой внешней цепи;

$$3) \varepsilon = IR + Ir$$

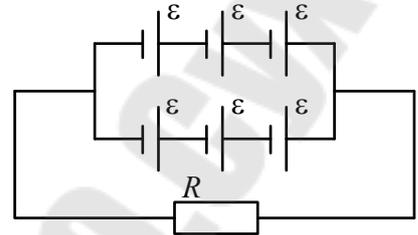
г) ЭДС есть циркуляция вектора напряженности поля сторонних сил по замкнутому контуру.

$$4) \varepsilon = \varphi_1 - \varphi_2$$

2.37 К источнику с ЭДС, равной ε , и внутренним сопротивлением r_1 присоединили сопротивление $R = 0,01\text{Ом}$. При этом амперметр показал силу тока $I_1 = 0,5A$. Если же к источнику присоединить последовательно ещё один источник с такой же ЭДС, но с внутренним сопротивлением $r_2 = 4,5\text{Ом}$, то сила тока I_2 в том же сопротивлении окажется равной $0,4A$. Определите внутреннее сопротивление r_1 и ЭДС источника ε .

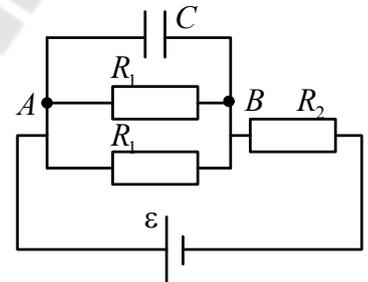
- а) $r_1 = 2,9 \text{ Ом}, \varepsilon = 1,5 \text{ В}$; б) $r_1 = 5,3 \text{ Ом}, \varepsilon = 2 \text{ В}$; в) $r_1 = 4 \text{ Ом}, \varepsilon = 2,5 \text{ В}$;
 г) $r_1 = 7,2 \text{ Ом}, \varepsilon = 9 \text{ В}$; д) $r_1 = 21 \text{ Ом}, \varepsilon = 8 \text{ В}$.

2.38 В схеме (см. рис.) ЭДС каждого элемента $\varepsilon = 1,2 \text{ В}$, внутреннее сопротивление $r = 0,2 \text{ Ом}$. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление R и дает во внешнюю цепь ток $I = 2 \text{ А}$. Найдите сопротивление R .



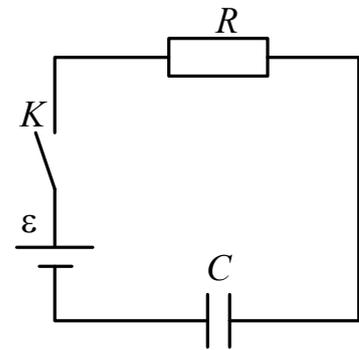
- а) $\varepsilon = 50 \text{ В}$; б) $\varepsilon = 130 \text{ В}$; в) $\varepsilon = 200 \text{ В}$;
 г) $\varepsilon = 70 \text{ В}$; д) $\varepsilon = 100 \text{ В}$.

2.39 Два одинаковых резистора сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и резистор сопротивлением $R_2 = 20 \text{ Ом}$ подключены к источнику ЭДС (см. рис.). К участку AB подключён плоский конденсатор ёмкостью $C = 0,1 \text{ мкФ}$. Заряд q на обкладках конденсатора равен 2 мкКл . Определите ЭДС источника, пренебрегая его внутренним сопротивлением.



- а) $\varepsilon = 70 \text{ В}$; б) $\varepsilon = 100 \text{ В}$; в) $\varepsilon = 50 \text{ В}$; г) $\varepsilon = 200 \text{ В}$; д) $\varepsilon = 130 \text{ В}$.

2.40 Конденсатор ёмкостью $C = 0,2 \text{ мкФ}$ подключён последовательно с резистором $R = 10 \text{ МОм}$ к источнику с электродвижущей силой $\varepsilon = 10 \text{ В}$ (см. рис.). Найти закон изменения со временем заряда на обкладках конденсатора. Определить работу, совершаемую источником при зарядке конденсатора и количество теплоты, выделяющейся при этом в цепи. Определить время, в течение которого заряд увеличивается в e раз.



- а) $\tau = 2 \text{ с}; A_{\text{ист}} = 20 \text{ мкДж}; Q = 10 \text{ мкДж}$;
 б) $\tau = 1 \text{ с}; A_{\text{ист}} = 40 \text{ мкДж}; Q = 16 \text{ мкДж}$;
 в) $\tau = 2 \text{ с}; A_{\text{ист}} = 20 \text{ мкДж}; Q = 15 \text{ мкДж}$;
 г) $\tau = 1 \text{ с}; A_{\text{ист}} = 40 \text{ мкДж}; Q = 10 \text{ мкДж}$;
 д) $\tau = 2 \text{ с}; A_{\text{ист}} = 16 \text{ мкДж}; Q = 10 \text{ мкДж}$.

2.41 Определите ЭДС ε и внутреннее сопротивление r источника тока, если во внешней цепи при силе тока $4A$ развивается мощность $10Bm$, а при силе тока $2A$ – мощность $8Bm$.

- а) $\varepsilon = 4B, r = 2,30\text{Ом}$; б) $\varepsilon = 6B, r = 4\text{Ом}$; в) $\varepsilon = 7B, r = 4,3\text{Ом}$;
 г) $\varepsilon = 5,5B, r = 0,75\text{Ом}$; д) $\varepsilon = 7,5B, r = 1,75\text{Ом}$.

2.42 Батарея состоит из двух последовательно соединённых элементов с одинаковыми ЭДС $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2B$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = 1\text{Ом}$ и $r_2 = 1,5\text{Ом}$. Разность потенциалов на зажимах второго элемента $U_2 = 0$. При каком внешнем сопротивлении R это возможно?

- а) $R = 1,5\text{Ом}$; б) $R = 0,5\text{Ом}$; в) $R = 2\text{Ом}$; г) $R = 3\text{Ом}$; д) $R = 5\text{Ом}$.

2.43 Батарея аккумуляторов с ЭДС $\varepsilon = 12B$ и внутренним сопротивлением $r = 2,4\text{Ом}$ замкнута на внешнее сопротивление $R = 9\text{Ом}$. Найдите падение напряжения U во внешней цепи и падение напряжения U_r внутри батареи. С каким КПД η работает батарея?

- а) $U = 9,5B; U_r = 2,24B; \eta = 0,6$; б) $U = 6,5B; U_r = 1,53B; \eta = 0,79$;
 в) $U = 9,5B; U_r = 2,53B; \eta = 0,79$; г) $U = 3,9B; U_r = 2,53B; \eta = 0,4$;
 д) $U = 3,9B; U_r = 2,24B; \eta = 0,6$.

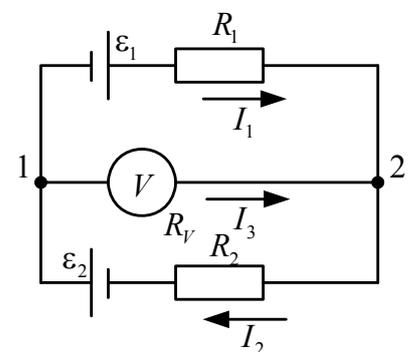
2.44 Определите ток короткого замыкания для батареи, если при силе тока $I_1 = 3A$ во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность $P_1 = 18Bm$, при силе тока $I_2 = 1A$ – соответственно $P_2 = 10Bm$.

- а) $I_{кз} = 2A$; б) $I_{кз} = 4A$; в) $I_{кз} = 8A$; г) $I_{кз} = 10A$; д) $I_{кз} = 6A$.

2.45 Источник ЭДС вначале замыкают на резистор сопротивлением R_1 , а затем – на резистор сопротивлением R_2 , при этом в обоих случаях выделяется одинаковое количество теплоты. Определите внутреннее сопротивление r источника ЭДС.

- а) $r = \sqrt{R_1 R_2}$; б) $r = \sqrt{R_1^2 R_2}$; в) $r = \sqrt{R_1^2 R_2^2}$; г) $r = 2\sqrt{R_1 R_2}$;
 д) $r = 4\pi\sqrt{R_1 R_2}$.

2.46 Элементы цепи имеют значения $\varepsilon_1 = 1,5B$; $\varepsilon_2 = 1,6B$; $R_1 = 1\text{кОм}$; $R_2 = 2\text{кОм}$. Оп-



ределите показания вольтметра, если его сопротивление $R_V = 2\text{кОм}$. Сопротивлением источников тока и соединённых проводов пренебречь.

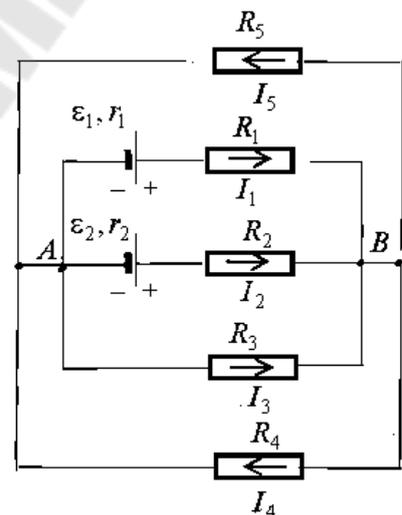
- а) $U_{12} = -0,20\text{В}$; б) $U_{12} = -0,35\text{В}$; в) $U_{12} = -0,15\text{В}$;
 г) $U_{12} = 0,4\text{В}$; д) $U_{12} = 0,35\text{В}$.

2.47 Если соединить два элемента одноименными полюсами, то сила тока в цепи $I = 0,5\text{А}$. ЭДС первого элемента $\varepsilon_1 = 1,2\text{В}$ и внутреннее сопротивление $r_1 = 0,1\text{Ом}$. ЭДС второго элемента $\varepsilon_2 = 0,9\text{В}$ и внутреннее сопротивление $r_2 = 0,3\text{Ом}$. Определите сопротивление R соединительных проводов.

- а) $R = 1\text{Ом}$; б) $R = 0,8\text{Ом}$; в) $R = 0,6\text{Ом}$; г) $R = 0,4\text{Ом}$; д) $R = 0,2\text{Ом}$.

2.48 Максимальное количество независимых уравнений для электрической цепи, изображенной на рисунке, в соответствии с правилами Кирхгофа равно:

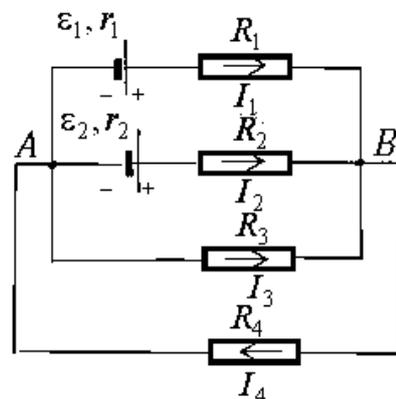
- а) 3;
 б) 5;
 в) 6;
 г) 4;
 д) 8.



2.49 Укажите, в каких уравнениях, составленных по правилам Кирхгофа для схемы, изображенной на рисунке, допущены ошибки?

- 1) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$;
 2) $I_1 R_1 - I_2 (R_2 + r_2) = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$;
 3) $I_1 (R_1 + r_1) - I_3 R_3 = \varepsilon_1$;
 4) $I_3 R_3 + I_4 R_4 = 0$.

- а) 4; б) 2,3; в) 3,4; г) 1,2.



Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

3. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Основные понятия и формулы

Закон Био-Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0 \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]}{4\pi r^3} I \quad \text{или} \quad dB = \frac{\mu\mu_0 I \sin \alpha}{4\pi r^2} dl,$$

где $d\vec{B}$ - магнитная индукция поля, создаваемого элементом проводника с током I ;

\vec{r} - радиус-вектор, проведенный от элемента проводника к точке, в которой определяется магнитная индукция;

α - угол между радиус-вектором и направлением тока в элементе проводника;

$d\vec{l}$ - вектор, равный по модулю длине dl проводника и совпадающий по направлению с током (элемент проводника).

Магнитная индукция в центре кругового витка с током определяется по формуле:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}, \quad \text{где } R - \text{ радиус витка.}$$

Магнитная индукция на оси кругового тока

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{\sqrt{(R^2 + h^2)^3}} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{(R^2 + h^2)^{3/2}};$$

где h - расстояние от центра витка до точки, в которой определяется магнитная индукция.

Магнитная индукция поля, созданная прямым бесконечно длинным проводником с током

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r_0},$$

где r_0 - кратчайшее расстояние от оси проводника до точки, в которой определяется магнитная индукция.

Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком проводника с током (рис. 3.1), может быть найдена по формуле:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2).$$

На рис. направление вектора магнитной индукции \vec{B} обозначено точкой - это значит, что вектор \vec{B} направлен перпендикулярно плоскости чертежа к нам.

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (закон Ампера),

$$d\vec{F} = I[d\vec{l}, \vec{B}] \quad \text{или} \quad dF = IBdl \sin \alpha,$$

где α - угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции \vec{B} .

$d\vec{l}$ - вектор элемента тока проводника, проведенный в направлении тока.

Магнитный момент плоского контура с током:

$$\vec{p}_m = \vec{n}IS,$$

где \vec{n} - единичный вектор нормали к плоскости контура;

I - сила тока, протекающего по контуру;

S - площадь контура.

Механический (вращательный) момент сил, действующий на контур с током, помещенный в однородное магнитное поле,

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}], \quad \text{или} \quad M = p_m B \sin \alpha,$$

где α - угол между векторами \vec{p}_m и \vec{B} .

Потенциальная энергия (механическая) контура с током в магнитном поле

$$\Pi_{\text{мех}} = -\vec{p}_m \vec{B}, \quad \text{или} \quad \Pi_{\text{мех}} = -p_m B \cos \alpha.$$

Отношение величины магнитного момента p_m к величине механического L (момента импульса) заряженной частицы, движущейся по круговой орбите,

$$\frac{p_m}{L} = \frac{q}{2m},$$

где q - заряд частицы; m - масса частицы.

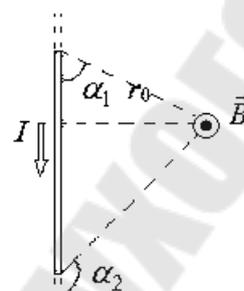
Сила Лоренца

$$\vec{F} = q[\vec{v}, \vec{B}], \quad \text{или} \quad F = qvB \sin \alpha,$$

где α - угол между векторами \vec{v} и \vec{B} .

Если частица движется одновременно в электрическом и магнитном полях, то сила действующая на частицу определяется по формуле Лоренца:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}, \vec{B}].$$



Магнитная индукция \vec{B} и напряженность \vec{H} магнитного поля связаны соотношением $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$,

где μ - магнитная проницаемость среды; в вакууме $\mu = 1$,
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ - магнитная постоянная.

Магнитная индукция внутри соленоида и тороида:

$$B = \mu\mu_0 nI.$$

где n - отношение числа витков соленоида к его длине.

Тестовые задачи по магнитному полю

3.1 Определению поставьте в соответствии математическое выражение

Определение	Математическое выражение
а) сила Лоренца	1) $\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}]$
б) сила Ампера	2) $\vec{F} = p_m \frac{\partial \vec{B}}{\partial n}$
в) сила взаимодействия двух прямых параллельных токов	3) $\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]$
г) сила, действующая на контур с током в неоднородном магнитном поле	4) $F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{b} l$
д) момент сил, действующих на контур с током	5) $\vec{F} = [I d\vec{l} \vec{B}]$

3.2 Определению поставьте в соответствии математическое выражение

Определение	Математическое выражение
а) циркуляция вектора \vec{B}	1) $\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$
б) закон Био-Савара-Лапласа	2) $\int_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i$

- в) принцип суперпозиции
- г) теорема Гаусса для поля \vec{B}
- д) закон Ампера

$$3) \int_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

$$4) \vec{F} = [I d\vec{l} \vec{B}]$$

$$5) dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

3.3 Какая из ниже приведённых формул представляет закон Био-Савара-Лапласа.

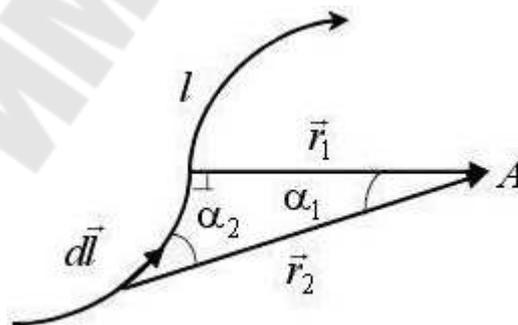
а) $\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$;

б) $d\vec{B} = \frac{I}{r^3} [d\vec{l} \vec{r}]$;

в) $\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$;

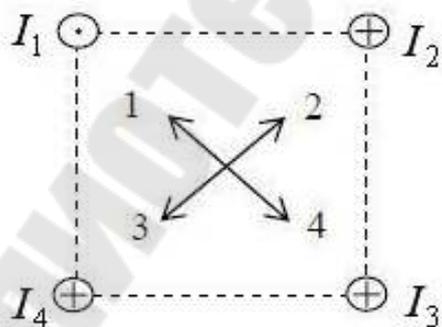
г) $\int_L H \cos(\vec{H} d\vec{l}) = \sum_{i=1}^n I_i$.

3.4 Закон Био-Савара-Лапласа определяет магнитную индукцию $d\vec{B}$ поля, создаваемого элементом $d\vec{l}$ проводника с током I в некоторой точке A (см. рисунок). Какой радиус вектор и какой угол, изображенные на рисунке, входят в закон Био-Савара-Лапласа?



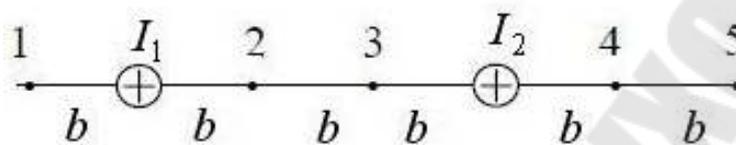
- а) радиус вектор \vec{r}_1 и угол α_1 ; б) радиус вектор \vec{r}_1 и угол α_2 ;
- в) радиус вектор \vec{r}_2 и угол α_1 ; г) радиус вектор \vec{r}_2 и угол α_2 .

3.5 Четыре параллельных тока одинаковой величины текут так, как показано на рисунке. Какая из стрелок указывает направление магнитной индукции в центре квадрата?



- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4;
- д) ни одна из стрелок не указывает направление магнитной индукции в центре квадрата.

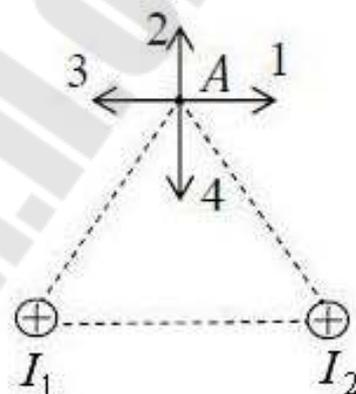
3.6 На рисунке изображены два бесконечно длинных проводника, перпендикулярных плоскости чертежа. Токи текут «от нас»,



$I_1 = 2I_2$. В какой из пяти указанных точек $B = 0$?

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

3.7 На рисунке изображено сечение двух параллельных проводов, по которым протекают токи одинаковой величины. Какая из стрелок указывает направление вектора магнитной индукции в точке A , одинаково удалённой от токов?



- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

3.8 Из ниже приведённых величин выберите физическую величину, которую можно приравнять к выражению $\frac{\mu_0 I \sin \alpha dl}{4\pi r^2}$ при определённом смысле входящих в него величин.

- а) dH ; б) H ; в) dB ; г) B ; д) F .

3.9 Определению поставьте в соответствии математическое выражение.

Определение

Математическое выражение

а) магнитное поле движущегося

$$1) B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

заряда

б) магнитное поле прямого тока

$$2) B = \mu_0 nI$$

в) магнитное поле в центре

$$3) B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

кругового тока

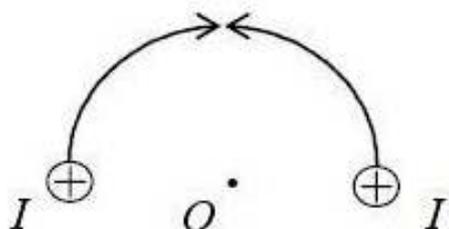
г) магнитное поле соленоида

$$4) \vec{B} = \frac{\mu_0 q[\vec{v}\vec{r}]}{4\pi r^3}$$

д) магнитное поле тороида

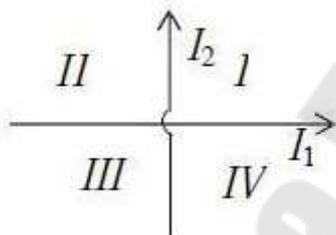
$$5) B = \frac{\mu_0 I}{2 R}$$

3.10 Два бесконечно длинных параллельных проводника с токами I сближаются, перемещаясь по дуге окружности с центром в точке O . Как изменяется модуль индукции магнитного поля в точке O , если: 1) токи в проводах параллельны; 2) антипараллельны?



- а) уменьшается, увеличивается; б) увеличивается, уменьшается;
 в) уменьшается, уменьшается; г) увеличивается, увеличивается.

3.11 Два прямолинейных бесконечно длинных проводника с токами расположены взаимно перпендикулярно в одной плоскости. В каких квадратах находятся точки, в которых $\vec{B} = 0$?



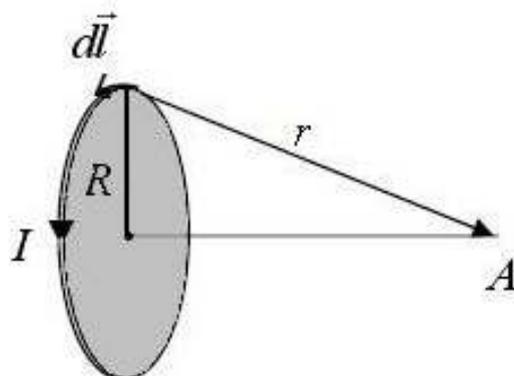
- а) I, III; б) II, IV; в) I, II; г) III, IV.

3.12 Верно ли записаны выражения модуля вектора индукции магнитного поля кругового витка с током:

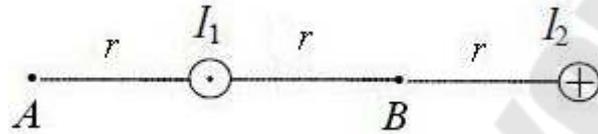
а) в центре витка $B_0 = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_L \frac{Idl}{R^2}$;

б) в точке A на оси витка

$$B_A = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_L \frac{Idl}{r^2}$$



3.13 Найти напряжённость магнитного поля H , создаваемого двумя бесконечно длинными проводниками с токами I_1 и I_2 ($I_1 = 2I_2$) в точках A и B .

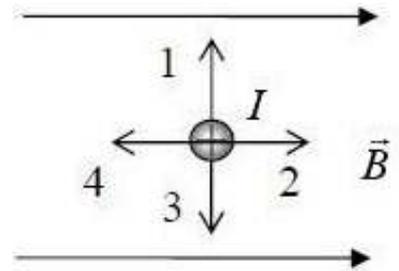


- а) $\frac{3I_2}{2\pi r'} \frac{5I_2}{6\pi r'}$; б) $\frac{5I_2}{6\pi r'} \frac{I_2}{\pi r}$; в) $\frac{7I_2}{6\pi r'} \frac{3I_2}{2\pi r}$; г) $\frac{5I_2}{6\pi r'} \frac{I_2}{2\pi r}$.

3.14 Какое из приведённых ниже выражений представляет собой силу, действующую на положительно заряженную частицу, движущуюся одновременно в электрическом и магнитном полях?

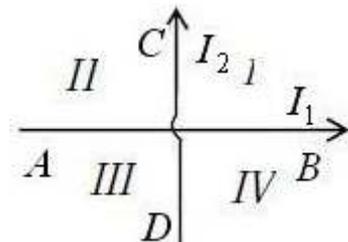
- а) $q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]$; б) $q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]$; в) $qE + q(\vec{B}\vec{v})$; г) $qE + q(Bv)$.

3.15 На рисунке изображено сечение прямолинейного бесконечно длинного проводника с током. Проводник помещён в магнитное поле. Какая из стрелок правильно указывает направление силы, действующей на проводник со стороны поля?



- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

3.16 По проводнику AB течёт ток $I_1 = 8A$, а по проводнику CD - ток $I_2 = 2A$. Определить направление индукции магнитного поля в точках на биссектрисах прямых углов в квадратах I и II .



- а) к нам, от нас; б) к нам, к нам;
в) от нас, от нас; г) от нас, к нам.

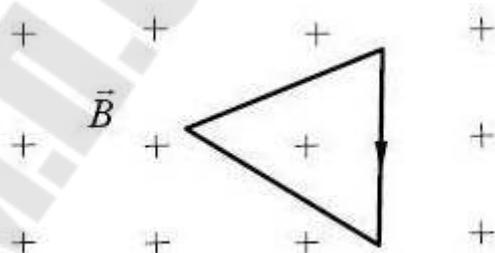
3.17 Какая из приведённых ниже формул является математическим выражением закона Ампера?

- а) $\vec{F} = q[\vec{v}\vec{B}]$; б) $\Phi = BS \cos \alpha$; в) $\int_L \vec{H}d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$;
г) $d\vec{F} = I[d\vec{l}\vec{B}]$; д) $dB = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2}$.

3.18 Меняется ли кинетическая энергия заряженной частицы под действием магнитного поля?

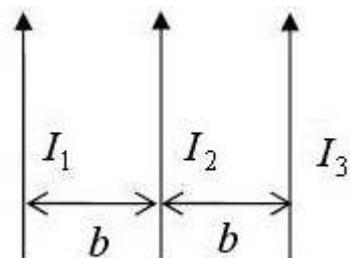
- а) да, если частица движется перпендикулярно полю;
- б) да, если частица движется вдоль поля;
- в) нет, но только в случае, когда частица движется перпендикулярно;
- г) нет, но только в случае, когда частица движется вдоль поля;
- д) никогда не меняется.

3.19 В однородное магнитное поле поместили треугольный проводящий контур, обтекаемый током. Линии индукции \vec{B} перпендикулярны плоскости контура. Как направлена результирующая магнитная сила, действующая на контур.



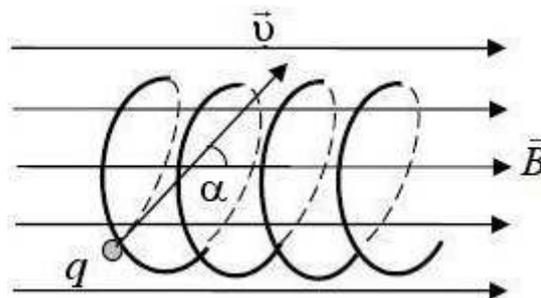
- а) \rightarrow ; б) \leftarrow ; в) \downarrow ; г) \uparrow ; д) $\vec{F} = 0$.

3.20 Три бесконечно длинных параллельных проводника с токами расположены на равных расстояниях b один от другого $I_1 = 2I_2, I_3 = I_2$. Указать направление результирующей, действующей на проводник I_2 .



- а) \rightarrow ; б) \leftarrow ; в) $\vec{F} = 0$.

3.21 Частица массой m и с зарядом q влетает со скоростью \vec{v} в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} под углом α к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Какое из приведённых ниже выражений представляет собой радиус спирали?



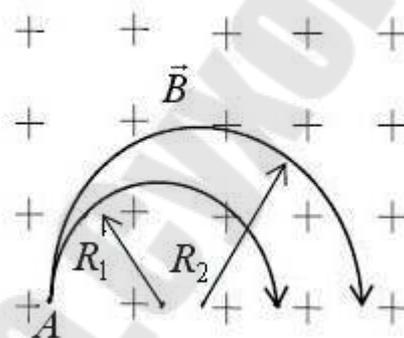
- а) $\frac{2\pi m}{qB}$; б) $\frac{qB}{mv \cos \alpha}$; в) $\frac{2\pi m \cos \alpha}{qB}$; г) $\frac{mv \sin \alpha}{qB}$; д) $\frac{qm}{vB \sin \alpha}$.

3.22 Две заряженные частицы отклоняются однородным магнитным полем и движутся по окружностям различного радиуса в направлении, указанном на рисунке. Выберите из ниже приведённых те, на которые Вы ответите “да”.

1) заряжены ли частицы положительно?
 2) заряжены ли частицы отрицательно?
 3) обязательно ли скорость частицы, движущейся по окружности радиусом R_1 , меньше скорости частицы, движущейся по окружности радиусом R_2 ?

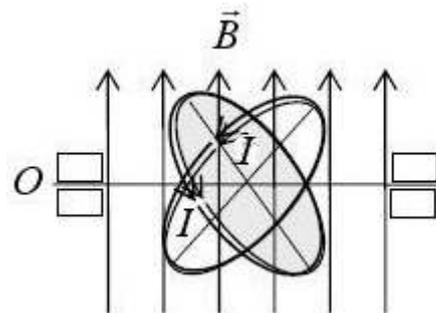
4) обязательно ли удельные заряды частиц совпадают?

а) 1; б) 2); в) 1,3,4; г) 2,3,4; д) 1,3.



3.23 В однородном магнитном поле находятся два жёстко связанных круговых витка с равными токами, имеющие неподвижную ось вращения OO_1 . Трение в оси пренебрежимо мало. Угол между плоскостью каждого витка и осью 45° . Будет ли положение витков равновесным, и если да, то каков характер равновесия?

а) равновесия нет; б) устойчивое равновесие;
 в) неустойчивое равновесие; г) безразличное равновесие.

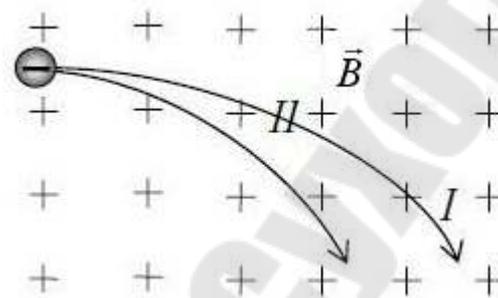


3.24 Рамку с током поворачивают в однородном магнитном поле, изменяя угол между нормалью к рамке и направлением линии индукции: а) от 0 до 30° ; б) от 30° до 60° . Сравнить произведения работы. Ток в рамке поддерживается неизменным.

а) $A_a < A_b$; б) $A_a > A_b$; в) $A_a = A_b$.

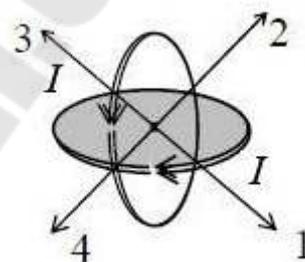
3.25 Пучок отрицательно заряженных частиц, влетающих в однородное магнитное поле, расщепляется на два. Какая траектория соответствует: а) большему импульсу, если частицы имеют одинаковые заряды, но разные импульсы; б) большему заряду, если частицы имеют одинаковые импульсы, но разные заряды?

- а) I, II; б) II, I.



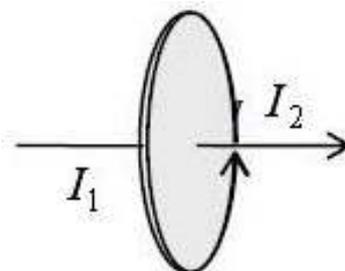
3.26 Два одинаковых круговых витка с токами, имеющие общий центр, расположены взаимно перпендикулярно. Какая из стрелок указывает направление индукции результирующего магнитного поля в общем центре витков? Плоскости витков перпендикулярны чертежу.

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

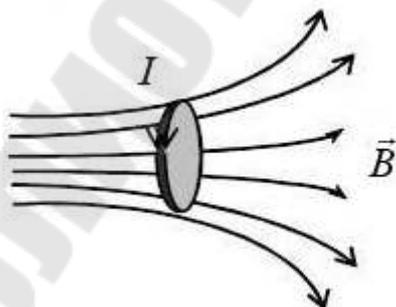


3.27 По оси кругового контура с током проходит бесконечно длинный прямолинейный проводник с током. Как действует магнитное поле проводника на круговой контур?

- Контур:
а) сжимается; б) расширяется; в) перемещается влево;
г) перемещается вправо; д) не испытывает никакого действия.



3.28 Круговой контур с током поместили в неоднородное магнитное поле. Что будет происходить с контуром?



- а) расширяется и втягивается в область более сильного поля, т.

е. влево;

б) расширяется и выталкивается из области более сильного поля, т. е. вправо;

в) сжимается и втягивается в область более сильного поля, т. е. влево;

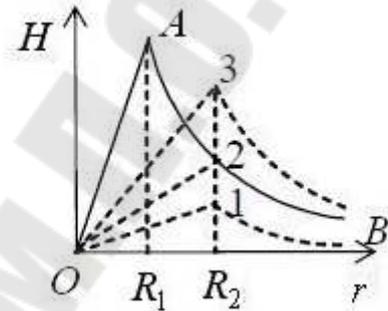
г) сжимается и выталкивается из области более сильного поля, т. е. вправо.

3.29 На рисунке OAB – график $H(r)$ для поля бесконечно длинного прямолинейного провода с током при равномерном распределении плотности тока по сечению провода. Каким будет график $H(r)$, если радиус провода увеличить от R_1 до R_2 , оставив прежней силу тока в проводе и сохранив распределение плотности тока равномерным?

а) 1;

б) 2;

в) 3.



3.30 Магнетику поставьте в соответствии магнитную проницаемость.

Магнетик

Магнитная проницаемость μ

а) диамагнетик

1) >1

б) парамагнетик

2) $\gg 1$

в) ферромагнетик

3) <1

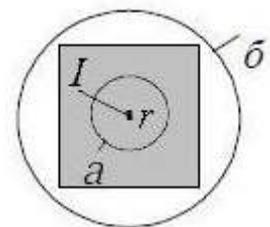
3.31 По оси бесконечно длинного однородного ферромагнитного стержня с квадратным сечением проходит проводник с током I . Справедливо ли выражение циркуляции вектора напряженности магнитного поля по круговому контуру радиуса r с центром на оси стержня: $2\pi rH = I$ если: а) контур проходит внутри стержня; б) снаружи? Контур расположен в плоскости нормального сечения стержня.

а) да, да;

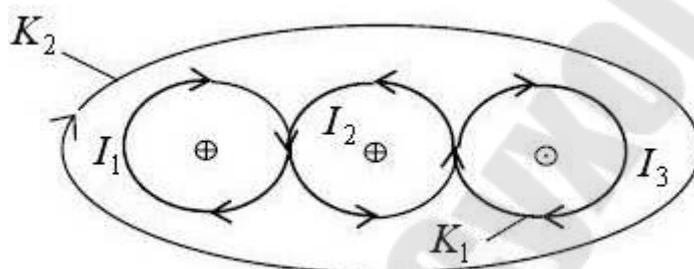
б) да, нет;

в) нет, да;

г) нет, нет.

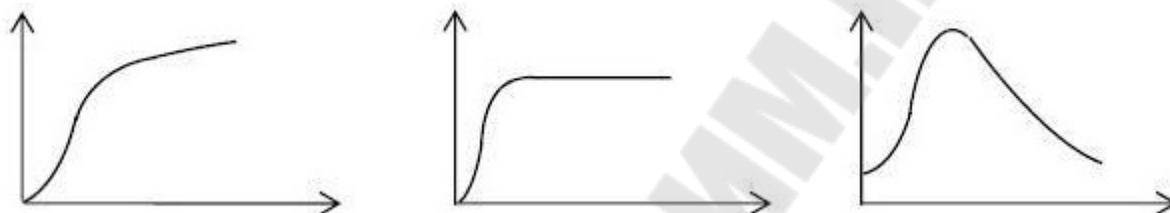


3.32 Дано $I_1 = I_2 = I_3 = 1\text{A}$ (см. рисунок).
 Определить циркуляции вектора H по контурам K_1 и K_2 .



- а) 1A, 1A; б) 1A, -1A; в) -1A, 1A; г) 1A, -3A; д) -1A, 3A.

3.33 На приведённых ниже рисунках даны типичные кривые намагничивания для ферромагнетиков. Указать, в каких координатах даны соответствующие кривые.



- а) $J = f(H), B = f(H), \mu = f(H)$; б) $\mu = f(H), J = f(H), B = f(H)$;
 в) $J = f(H), \mu = f(H), B = f(H)$; г) $\mu = f(H), B = f(H), J = f(H)$;
 д) $B = f(H), J = f(H), \mu = f(H)$; е) $B = f(H), \mu = f(H), J = f(H)$;

3.34 По двум длинным параллельным проводам текут токи $I_1 = I_2 = 30\text{A}$ в противоположных направлениях. Расстояние между проводами равно $d = 5\text{cm}$. Найдите модуль напряжённости \vec{H} магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 4\text{cm}$ от одного и $r_2 = 3\text{cm}$ от другого провода.

- а) $H = 50 \frac{\text{A}}{\text{m}}$; б) $H = 100 \frac{\text{A}}{\text{m}}$; в) $H = 150 \frac{\text{A}}{\text{m}}$; г) $H = 200 \frac{\text{A}}{\text{m}}$; д) $H = 350 \frac{\text{A}}{\text{m}}$.

3.35 Два параллельных бесконечно длинных провода расположены на расстоянии $d = 4\text{cm}$ друг от друга. Определите величину магнитной индукции \vec{B} в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии $r_1 = 5\text{cm}$ и от другого – на расстоянии $r_2 = 8\text{cm}$. Токи в проводах $I_1 = 50\text{A}$ и $I_2 = 10\text{A}$ текут в одном направлении.

- а) $B = 443\text{мкТл}$; б) $B = 324\text{мкТл}$; в) $B = 280\text{мкТл}$; г) $B = 187\text{мкТл}$;

д) $B = 98 \text{ мкТл}$.

3.36 Стороны прямоугольника, изготовленного из тонкого провода, равны $a = 30 \text{ см}$ и $b = 40 \text{ см}$. Величина магнитной индукции \vec{B}_0 в точке пересечения диагоналей равна 400 мкТл , если по проводнику пропустить ток I . Определите величину тока I .

а) $I = 96 \text{ А}$; б) $I = 120 \text{ А}$; в) $I = 140 \text{ А}$; г) $I = 136 \text{ А}$; д) $I = 68 \text{ А}$.

3.37 По тонкому проволочному контуру в виде треугольника течёт ток. Не изменяя силы тока, контуру придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась величина магнитной индукции в центре контура?

а) увеличилась в 1,19 раз; б) не изменилась; в) уменьшилась в 1,19 раз; г) уменьшилась в 2,34 раз; д) увеличилась в 2,34 раз.

3.38 Длинный прямой провод с током $I = 50 \text{ А}$ изогнут под углом $\alpha = 150^\circ$. Определите величину магнитной индукции \vec{B} в точках, лежащих на биссектрисе угла и удалённых от его вершины на расстоянии $a = 5 \text{ см}$.

а) $B_A = 261 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; $B_C = 121 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$;

б) $B_A = 261 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; $B_C = 153 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$;

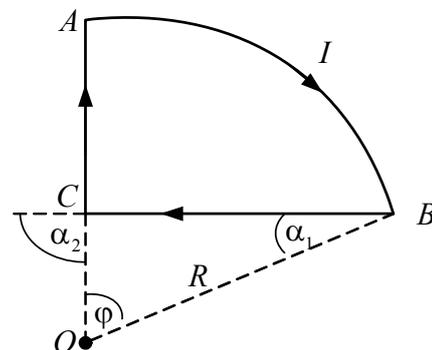
в) $B_A = 241 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; $B_C = 133 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$;

г) $B_A = 284 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; $B_C = 176 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$;

д) $B_A = 295 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; $B_C = 193 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$.

3.39 По контуру $ABCA$ идёт ток $I = 10 \text{ А}$. Определите величину вектора индукции \vec{B} магнитного поля в точке O , если радиус дуги

AB $R = 10 \text{ см}$, $\varphi = 60^\circ$ (см. рисунок).



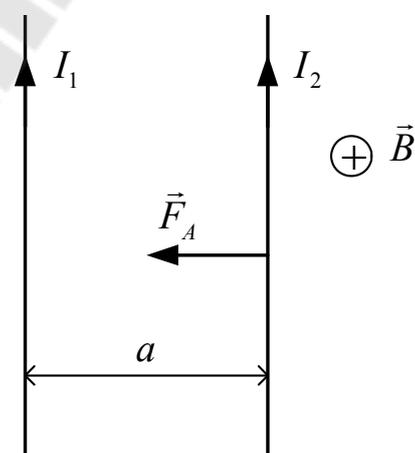
а) $B = 4,9 \text{ мкТл}$; б) $B = 5,2 \text{ мкТл}$; в) $B = 7,1 \text{ мкТл}$; г) $B = 3,4 \text{ мкТл}$;

д) $B = 6,9 \text{ мкТл}$.

3.40 По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток силы $I_1 = 27 \text{ А}$. Под ним на расстоянии $a = 1,5 \text{ см}$ находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1,5 \text{ А}$. Определите, какой должна быть площадь поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$. Равновесие будет устойчивым или неустойчивым?

- а) $S = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; б) $S = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; в) $S = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; г) $S = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$;
 б) $S = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$.

3.41 Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии $a_1 = 10 \text{ см}$ друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи силой 20 А и 30 А какую работу A_l на каждый метр длины проводника нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $a_2 = 20 \text{ см}$? (см. рисунок).



- а) $\frac{A}{l} = 3,28 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$; б) $\frac{A}{l} = 5,68 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$;
 в) $\frac{A}{l} = 7,89 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$; г) $\frac{A}{l} = 8,28 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$;
 д) $\frac{A}{l} = 9,48 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Дж}}{\text{м}}$.

3.42 В однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ влетает протон под углом 30° к направлению поля. Кинетическая энергия протона $W = 433 \text{ эВ}$. Определите радиус R винтовой линии, по которой будет двигаться протон.

- а) $R = 0,3 \text{ см}$; б) $R = 0,8 \text{ см}$; в) $R = 1,5 \text{ см}$; г) $R = 2 \text{ см}$; д) $R = 2,8 \text{ см}$.

3.43 Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ возбуждено электрическое поле напряжённостью $E = 100 \text{ кВ/м}$. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолиней-

ной траектории, заряженная частица. Вычислите величину скорости частицы.

$$\begin{aligned} \text{а) } \quad v &= 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}} \quad ; \quad \text{б) } v = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}} \quad ; \quad \text{в) } v = 3 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}} ; \\ \text{г) } \quad v &= 4 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}} \quad ; \quad \text{д) } v = 6 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}} . \end{aligned}$$

3.44 Протон влетает в электромагнитное поле со скоростью $v = 100 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Магнитное поле с напряжённостью $H = 2,6 \text{ кА/м}$ и электрическое поле напряжённостью $E = 2,6 \text{ В/м}$ направлены одинаково. Найдите величины нормального \vec{a}_n , тангенциального \vec{a}_τ и полного ускорения протона. Задачу решить, если скорость протона направлена:

- 1) параллельно направлению электрического поля;
- 2) перпендикулярно к направлению электрического поля.

$$\text{а) } a_\tau = a = 20,1 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2, \quad a_n = a = 37,5 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2 ;$$

$$\text{б) } a_\tau = a = 16,4 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2, \quad a_n = a = 24,3 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2 ;$$

$$\text{в) } a_\tau = a = 14,8 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2, \quad a_n = a = 18,5 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2 ;$$

$$\text{г) } a_\tau = a = 19,9 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2, \quad a_n = a = 12,3 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2 ;$$

$$\text{д) } a_\tau = a = 9,4 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2, \quad a_n = a = 2,43 \cdot 10^9 \text{ м/с}^2 .$$

3.45 В однородное магнитное поле напряжённостью $H = 200 \text{ кА/м}$ влетает заряженная частица со скоростью $v = 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ перпендикулярно магнитному полю. В результате частица движется по окружности радиусом $R = 8,3 \text{ см}$. Найдите удельный заряд частицы.

$$\text{а) } \left(\frac{q}{m} \right)_\alpha = 2,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \quad ; \quad \text{б) } \left(\frac{q}{m} \right)_\alpha = 3,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \quad ; \quad \text{в) } \left(\frac{q}{m} \right)_\alpha = 3,7 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

$$\text{г) } \left(\frac{q}{m} \right)_\alpha = 4,8 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \quad ; \quad \text{д) } \left(\frac{q}{m} \right)_\alpha = 5,2 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} .$$

3.46 Протон и α – частица влетают в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению их движения. Найдите отношение периода обращения T_1 протона в магнитном поле к периоду обращения T_2 α – частица.

а) $\frac{T_1}{T_2} = 0,5$; б) $\frac{T_1}{T_2} = 1$; в) $\frac{T_1}{T_2} = 1,5$; г) $\frac{T_1}{T_2} = 2$; д) $\frac{T_1}{T_2} = 2,5$.

3.47 В магнитном поле с индукцией $B = 0,6$ Тл по круговой орбите радиусом $R = 4$ см движется заряженная частица. Скорость движения частицы $v = 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Найдите заряд q частицы и частоту n обращения её в магнитном поле, если известно, что её энергия $W = 24$ кэВ.

а) $q = 4,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $n = 2 \cdot 10^6$ Гц;

б) $q = 3,7 \cdot 10^{-19}$ Кл, $n = 4,8 \cdot 10^6$ Гц;

в) $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $n = 4 \cdot 10^6$ Гц;

г) $q = 2,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $n = 2,9 \cdot 10^6$ Гц;

д) $q = 1,4 \cdot 10^{-19}$ Кл, $n = 6 \cdot 10^6$ Гц;.

3.48 В однородное магнитное поле влетает протон и α – частица, ускоренные одинаковой разностью потенциалов. Во сколько раз радиус кривизны R_1 траектории протона отличается от радиуса кривизны R_2 траектории α – частица? Магнитное поле перпендикулярно скоростям частиц.

а) $\frac{R_1}{R_2} = 0,2$; б) $\frac{R_1}{R_2} = 0,7$; в) $\frac{R_1}{R_2} = 2,6$; г) $\frac{R_1}{R_2} = 5,7$; д) $\frac{R_1}{R_2} = 8,4$.

3.49 Длинный провод имеет изгиб в форме правильного треугольника, удалённая сторона которого параллельна проводу. Провод без трения может вращаться вокруг горизонтальной оси в поле тяжести Земли и в однородном вертикальном магнитном поле с постоянной индукцией магнитного поля $B = 0,5$ Тл. При какой силе постоянного тока I в проводе его треугольный изгиб отклонится на угол 45° от вертикали, если линейная плотность материала провода $\gamma = 12,5$ кг/м.

а) $I = 457 \text{ А}$; б) $I = 624 \text{ А}$; в) $I = 896 \text{ А}$; г) $I = 981 \text{ А}$; д) $I = 1284 \text{ А}$.

3.50 В одной плоскости с бесконечным прямым проводником с током $I = 10 \text{ А}$ расположена прямоугольная проволочная рамка (стороны $a = 25 \text{ см}$, $b = 10 \text{ см}$), по которой протекает ток $I_1 = 2 \text{ А}$. Длинные стороны рамки параллельны прямому току, причём ближайшая из них находится от прямого тока на расстоянии $c = 10 \text{ см}$ и ток в ней со направлен току I . Определите силы, действующие на каждую из сторон рамки.

- а) $F_1 = 14 \text{ мкН}$, $F_2 = 4 \text{ мкН}$, $F_3 = 8 \text{ мкН}$, $F_4 = 4 \text{ мкН}$; ;
б) $F_1 = 16 \text{ мкН}$, $F_2 = 5 \text{ мкН}$, $F_3 = 10 \text{ мкН}$, $F_4 = 5 \text{ мкН}$; ;
в) $F_1 = 16 \text{ мкН}$, $F_2 = 7 \text{ мкН}$, $F_3 = 12 \text{ мкН}$, $F_4 = 7 \text{ мкН}$; ;
г) $F_1 = 18 \text{ мкН}$, $F_2 = 9 \text{ мкН}$, $F_3 = 14 \text{ мкН}$, $F_4 = 9 \text{ мкН}$; ;
д) $F_1 = 20 \text{ мкН}$, $F_2 = 10 \text{ мкН}$, $F_3 = 18 \text{ мкН}$, $F_4 = 10 \text{ мкН}$; .

3.51 В однородном магнитном поле ($B = 1 \text{ мТл}$) в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции, расположено тонкое проволочное полукольцо длиной $l = 50 \text{ см}$, по которому течёт ток $I = 5 \text{ А}$. Определите величину результирующей силы, действующую на полукольцо.

- а) $F = 1,59 \text{ мН}$; б) $F = 2,89 \text{ мН}$; в) $F = 4,74 \text{ мН}$; г) $F = 7,64 \text{ мН}$; ;
д) $F = 9,74 \text{ мН}$.

3.52 Определить величину индукции \vec{B} и величину напряжённости \vec{H} магнитного поля на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей $N = 200$ витков, идёт ток $I_1 = 5 \text{ А}$. внешний диаметр d_1 тороида равен 30 см , внутренний $d_2 = 20 \text{ см}$.

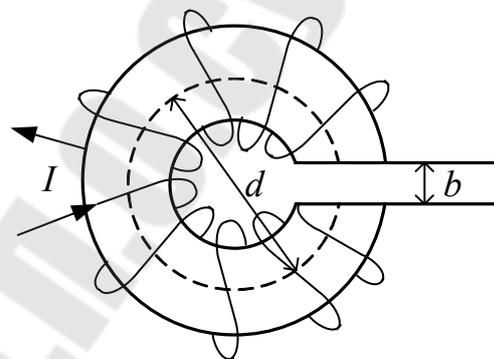
- а) $H = 1,37 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, $B_0 = 1,3 \text{ мТл}$; ; б) $H = 2,15 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, $B_0 = 1,6 \text{ мТл}$; ;
в) $H = 1,37 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, $B_0 = 1,6 \text{ мТл}$; ; г) $H = 1,37 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, $B_0 = 1,7 \text{ мТл}$; ;
д) $H = 3,16 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, $B_0 = 1,8 \text{ мТл}$.

3.53 Чугунное кольцо имеет воздушный зазор длиной $l_0 = 5 \text{ мм}$. Длина l средней линии кольца равна 1 м . Сколько витков N содер-

жит обмотка на кольце, если при силе тока $I = 4 \text{ А}$ величина индукции магнитного поля в воздушном зазоре равна $0,5 \text{ Тл}$? Рассеянием магнитного потока в воздушном зазоре можно пренебречь. Явление гистерезиса не учитывать.

- а) $N = 465$; б) $N = 565$; в) $N = 685$; г) $N = 790$; д) $N = 875$.

3.54 На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром $d = 70 \text{ мм}$ намотана обмотка с общим числом витков $N = 600$. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной $b = 1,5 \text{ мм}$ (см. рисунок). При силе тока через обмотку $I = 4 \text{ А}$ магнитная индукция в прорези $B = 1,5 \text{ Тл}$. Пренебрегая рассеянием поля на краях прорези, определите магнитную проницаемость железа для данных условий.



- а) $\mu = 246$; б) $\mu = 428$; в) $\mu = 643$; г) $\mu = 774$; д) $\mu = 956$.

3.55 Через сечение медной пластинки толщиной $d = 0,2 \text{ мм}$ пропускается ток силы $I = 6 \text{ А}$. Пластика помещается в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$, перпендикулярное ребру пластинки и направлению тока. Считая концентрацию электронов проводимости равной концентрации атомов, определите возникшую в пластинке поперечную (Холловскую) разность потенциалов. Плотность меди $8,93 \text{ г/см}^3$.

- а) $\Delta\varphi = 1,23 \text{ мкВ}$; б) $\Delta\varphi = 2,21 \text{ мкВ}$; в) $\Delta\varphi = 3,46 \text{ мкВ}$; г) $\Delta\varphi = 6,89 \text{ мкВ}$; д) $\Delta\varphi = 8,93 \text{ мкВ}$.

4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Основные понятия и формулы

Магнитный поток Φ сквозь поверхность:

а) в случае однородного магнитного поля и плоской поверхности

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ или } \Phi = B_n S, \quad B_n = B \cos \alpha$$

где S - площадь контура;

α - угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции;

б) в случае неоднородного магнитного поля и произвольной поверхности $\Phi = \int_S B_n dS$ (интегрирование ведется по всей поверхности).

Потокоцепление (полный поток) для соленоида и тороида с равномерной намоткой плотно прилегающих друг к другу N витков, определяется по формуле:

$$\psi = N\Phi.$$

Работа по перемещению замкнутого контура в магнитном поле:

$$A = I\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1).$$

ЭДС индукции

$$\varepsilon_1 = -\frac{d\psi}{dt}.$$

ЭДС индукции ε_1 , возникающая в рамке площадью S , содержащей N витков при вращении рамки с угловой скоростью ω в однородном магнитном поле с индукцией B

$$\varepsilon_i = NBS\omega \sin \omega t.$$

Разность потенциалов на концах проводника, движущегося со скоростью \vec{v} в магнитном поле,

$$U = Blv \sin \alpha,$$

где l - длина проводника;

α - угол между векторами \vec{v} и \vec{B} .

Магнитный поток сквозь контур и сила тока в нем связаны соотношением $\Phi = LI$,

где L - индуктивность контура.

ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_S = -L \frac{dI}{dt}$$

Индуктивность соленоида

$$L = \mu\mu_0 n^2 V,$$

где n - отношение числа витков соленоида к его длине;

V - объём соленоида.

Энергия магнитного поля W , создаваемого током в замкнутом контуре индуктивностью L

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Объёмная плотность энергии магнитного поля (отношение энергии магнитного поля соленоида и тороида к его объёму):

$$W = \frac{BH}{2}, \text{ или } W = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}.$$

Тестовые задачи по электромагнитной индукции

4.1 Какая из приведённых ниже формул выражает закон Фарадея – Ленца для электромагнитной индукции?

а) $\varepsilon = \oint_L E_1 dl;$

б) $\varepsilon = I(R + r);$

в) $dB = \frac{Idl \sin \alpha}{r^2};$

г) $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt};$

4.2 Определению поставьте в соответствие математические выражения.

Определение

Математическое выражение

а) закон электромагнитной индукции

1) $\varepsilon = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}$

б) ЭДС самоиндукции

2) $\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$

в) ЭДС взаимной индукции

3) $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$

4.3 Какие из приведённых ниже словосочетаний можно поставить вместо многоточия в предложении: «ЭДС индукции в контуре зависит от ...»?

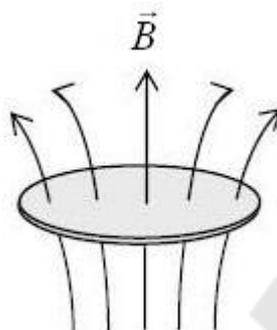
а) ... площади контура;

б) ... расположения контура в магнитном поле;

в) ... магнитного потока, пронизывающего контур;

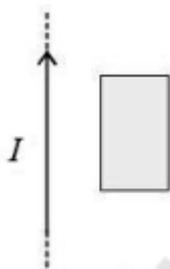
г) скорости изменения магнитного потока, пронизывающего контур.

4.4 Неподвижный проводящий контур расположен в меняющемся со временем магнитном потоке так, как показано на рисунке, причём $dB/dt > 0$, т.е. индукция магнитного поля возрастает. Возникает ли в этом контуре ток? Если “да”, то, как он направлен?



- а) да, по часовой стрелке, если смотреть сверху;
- б) да, против часовой стрелки, если смотреть сверху;
- в) нет, ток возникает, так как контур неподвижен.

4.5 Проводящая рамка перемещается в поле прямолинейного бесконечного проводника с током: а) параллельно проводнику, б) вращаясь вокруг проводника таким образом, что проводник все время остается в плоскости рамки на неизменном расстоянии от нее. Индуцируется ли ток в рамке в обоих случаях?



- а) да, да;
- б) нет, нет;
- в) нет, да;
- г) да, нет.

4.6 Неподвижный металлический контур находится в изменяющемся со временем магнитном поле. Будет ли при этом приводиться в направленное движение вдоль контура свободные электроны?

- а) ответить на вопрос однозначно нельзя, так как не указано расположение контура относительно силовых линий магнитного поля;
- б) никакие силы действовать на электрон не будут, поэтому не возникнет направленного движения;

в) электроны будут двигаться вдоль контура под действием внешнего потенциального электрического поля при любом расположении контура;

г) электроны будут двигаться под действием возникшего вихревого электрического поля при любом расположении контура.

4.7 Ток в проводящем контуре изменяется по закону $I = I_0 e^{-\alpha t}$ ($\alpha > 0$). Определить: а) как направлена ЭДС самоиндукции в контуре; б) как ЭДС самоиндукции изменяется по модулю.

- а) по току, увеличивается; б) по току, уменьшается;
в) против тока, увеличивается; г) против тока, уменьшается.

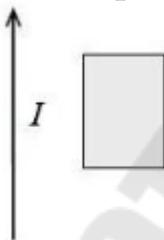
4.8 Плоская проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле. Индуцируется ли в рамке ЭДС, если ось вращения: а) параллельна; б) перпендикулярна линиям индукции?

- а) да, да; б) нет, нет; в) да, нет; г) нет, да.

4.9 Наматывают соленоид в один слой, укладывая витки вплотную друг к другу. Как изменится отношение индуктивности соленоида к сопротивлению обмотки L/R с увеличением числа витков? Соленоид считать длинным.

- а) увеличится; б) уменьшится; в) не изменится.

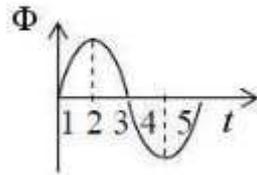
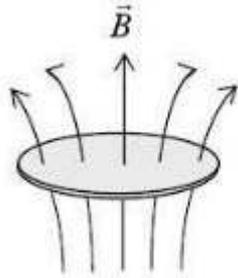
4.10 Определить направление индукционного тока, возникшего в замкнутом контуре и направление результирующей силы, действующей на проводящую рамку, если ток в проводе возрастает.



- а) по часовой стрелке, вправо; б) по часовой стрелке, влево;
в) против часовой стрелки, вправо; г) против часовой стрелки, влево.

4.11 Поток магнитной индукции через проводящее кольцо изменяется по гармоническому закону. Среди моментов времени 1, 2, 3, 4,

5 указать момент, соответствующий отрицательной и максимальной по модулю ЭДС, индуцированной в кольце.

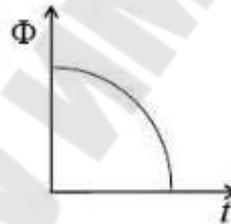
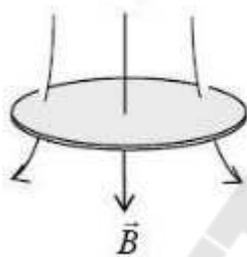


- а) 1; б) 2; в) 1, 3, 5; г) 2, 4; д) 1, 5.

4.12 Проводящее кольцо (рис. а) пронизывает магнитный поток, изменяющийся согласно графику на (рис. б). Указать направление индукционного тока в кольце и определить, как изменится ток.

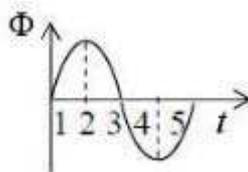
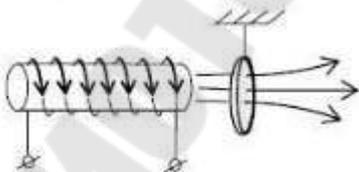
а)

б)



- а) по часовой стрелке, возрастает;
 б) по часовой стрелке, убывает;
 в) против часовой стрелки, возрастает;
 г) против часовой стрелки, убывает.

4.13 Вблизи полюса электромагнита висит проводящее кольцо. Магнитный поток, пронизывающий кольцо, изменяется согласно графику, приведённому на рисунке справа. В какие интервалы времени кольцо притягивается к электромагниту.

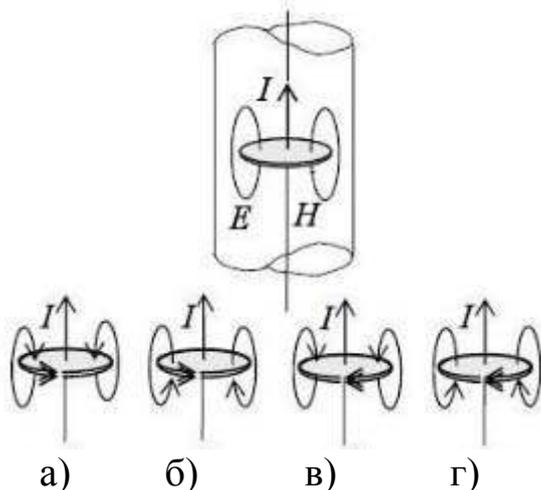


- а) 1, 2; б) 2, 3; в) 2, 4; г) 4, 5.

4.14 Магнитный поток через катушку из N витков изменяется по закону $\Phi = \alpha t - \beta$, где α и β некоторые константы. Выразить временную зависимость ЭДС индукции.

- а) $\varepsilon = -\alpha$; б) $\varepsilon = -\alpha N$; в) $\varepsilon = -\alpha - \beta$; г) $\varepsilon = 0$.

4.15 Рисунок поясняет скин-эффект. Здесь изображены силовые линии взаимосвязанных полей \vec{F} и \vec{H} без обозначения их направлений. Указать их направления, при условии, что ток в проводнике возрастает.



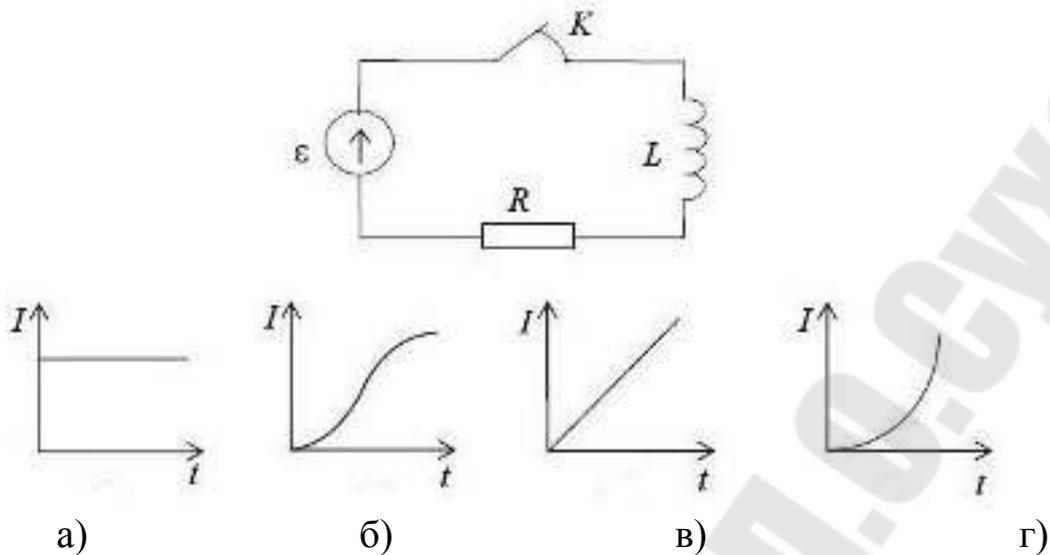
4.16 Выберите все окончания, которые можно поставить вместо многоточия в предложении: “ЭДС самоиндукции в катушке пропорциональна ...”?

- а) скорости изменения силы тока, протекающего через катушку;
 б) силе тока, протекающего через катушку;
 в) скорости изменения магнитного потока, пронизывающего катушку, и протекающему через нее току;
 г) магнитному потоку, пронизывающему катушку, и протекающему через нее току.

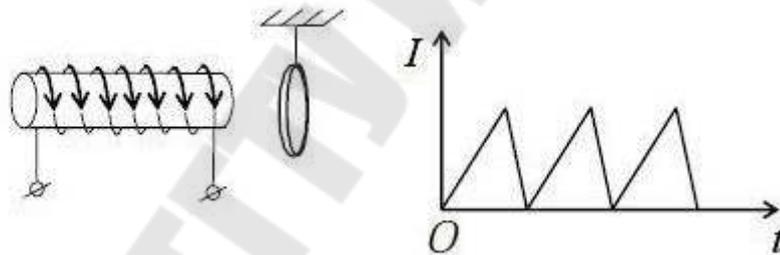
4.17 Через катушку, индуктивность которой равна L , течет ток, изменяющийся во времени по закону $I = I_0 \sin \omega t$. Определить максимальное значение ЭДС индукции.

- а) $LI_0\omega$; б) $\frac{LI_0^2}{2}$; в) $\frac{L\omega I_0^2}{2}$; г) $LI_0\omega \cos \omega t$.

4.18 Электрическую цепь, содержащую ЭДС (ε), активное сопротивление (R) и индуктивное сопротивление (L) замкнули. Каким графиком будет описываться изменение тока в цепи?

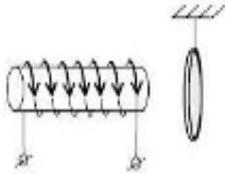


4.19 Вблизи полюса электромагнита висит проводящее кольцо. Пусть ток в обмотке электромагнита изменяется согласно графику, изображенному на рисунке. Определить направление индуктивного тока, возникшего в кольце. Что будет происходить с кольцом?



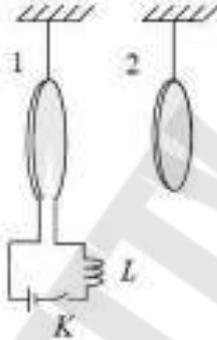
- а) при возрастании тока в обмотке в кольце возникает индукционный ток, направленный по часовой стрелке; кольцо отклонится вправо;
- б) при возрастании тока в обмотке в кольце возникает индукционный ток, направленный против часовой стрелки; кольцо отклонится влево;
- в) при убывании тока в обмотке в кольце возникает индукционный ток, направленный против часовой стрелки; кольцо отклонится влево;
- г) при убывании тока в обмотке в кольце возникает индукционный ток, направленный по часовой стрелке; кольцо отклонится влево.

4.20 Вблизи полюса электромагнита висит проводящее кольцо. По обмотке электромагнита течёт не меняющийся со временем ток. Что произойдет с проводящим кольцом, если витки обмотки электромагнита растянуть?



- а) в кольце возникнет индукционный ток, направленный по часовой стрелке; кольцо притянется к электромагниту;
 б) в кольце возникнет индукционный ток, направленный по часовой стрелке; кольцо оттолкнётся от электромагнита;
 в) в кольце возникнет индукционный ток, направленный против часовой стрелки; кольцо притянется к электромагниту;
 г) никаких изменений не произойдет.

4.21 Две катушки 1 и 2 подвешены на длинных нитях так, что их плоскости параллельны. Катушка 2 замкнута накоротко. Что произойдет с катушками сразу после замыкания ключа K ?

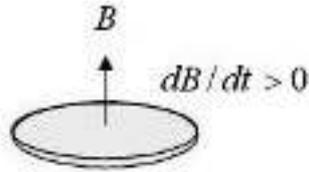


- а) катушки будут притягиваться;
 б) катушки будут отталкиваться;
 в) ничего не произойдет.

4.22 Какие из приведённых ниже выражений дают энергию магнитного поля внутри соленоида?

- а) $\frac{BH}{2}$; б) $\frac{B^2}{2\mu_0\mu}$; в) $\frac{\mu_0\mu H^2}{2}$; г) $\frac{LI^2}{2}$.

4.23 проволочное кольцо находится в меняющемся со временем магнитном поле. Положение кольца, направление магнитной индукции \vec{B} и характер её изменения показаны на рисунке. Указать направление тока, наводимого в кольце, и направление элементарной силы $d\vec{F}$, действующий на малый участок кольца dl со стороны магнитного поля.

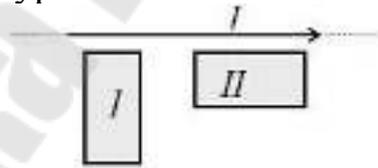


- а) ток направлен по часовой стрелке, сила направлена к центру кольца;
- б) ток направлен по часовой стрелке, сила направлена от центра кольца;
- в) ток направлен против часовой стрелки, сила направлена к центру кольца;
- г) ток направлен против часовой стрелки, сила направлена от центра кольца.

4.24 Виток площадью S находится в магнитном поле напряжённостью \vec{H} . Плоскость витка перпендикулярна линиям поля. Каково сопротивление витка, если при исчезновении поля по витку протекает заряд q ?

- а) $\frac{2\mu_0\mu HS}{q}$; б) $\frac{\mu_0\mu HS}{q}$; в) $\frac{HS}{q}$; г) $\frac{2HS}{q}$; д) 0.

4.25 Вблизи бесконечно длинного прямолинейного проводника с током в одной плоскости с проводником расположены два одинаковых проводящих контура. Ток в проводе выключают. Сравнить заряды, протекающие по контурам I и II .



- а) $q_1 < q_2$; б) $q_1 = q_2$; в) $q_1 > q_2$.

4.26 Круговой контур радиусом r , имеющий сопротивление R , помещен в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} . Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля. Какое количество электричества протечет через контур при повороте его на 180° ?

- а) $\frac{B\pi r^2}{R}$; б) $\frac{\pi R^2}{2B}$; в) $\frac{2B\pi r^2}{R}$; г) $\frac{2\pi R^2}{r}$; д) 0.

4.27 Круговой контур радиусом r , имеющий сопротивление R , помещен в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} . Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля. Какое количество электричества протечет через контур при повороте его на 90° ?

- а) $\frac{B\pi r^2}{R}$; б) $\frac{2B\pi r^2}{R}$; в) $\frac{B\pi r^2}{R}$; г) $\frac{\pi R^2}{2B}$; д) 0.

4.28 Что нужно поставить вместо многоточия в предложении: “Физическая величина, численно равная отношению силы, действующей на проводник с током, расположенный перпендикулярно к силовым линиям магнитного поля, к длине проводника и к току в нем, есть ...?”

- а) ...магнитный поток;
 б) ...напряжённость магнитного поля;
 в) ...ЭДС индукции;
 г) ...магнитная индукция;
 д) ...индуктивность.

4.29 Какое из приведённых ниже выражений является индуктивностью соленоида длиной l , площадью сечения S , с числом витков N ?

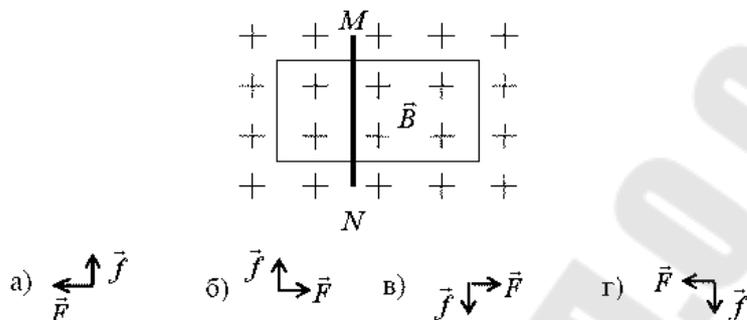
- а) $\mu_0\mu n^2V$; б) $\frac{\mu_0\mu N^2S}{l}$; в) $\mu_0\mu n^2lS$;
 г) $\frac{\mu_0\mu NS}{l}$; д) $\frac{\mu_0\mu N^2}{l}$.

4.30 Какое из приведенных ниже выражений дает энергию магнитного поля, создаваемого током I в соленоиде длиной l , площадью сечения S , с числом витков N ?

- а) $\frac{\mu_0\mu N^2IS}{l}$; б) $\frac{\mu_0\mu N^2I^2S}{l}$; в) $\frac{\mu_0\mu N^2I^2S}{2l}$;
 г) $\frac{\mu_0\mu NI}{l}$; д) $\frac{NI}{l}$.

4.30 Прямоугольная рамка с подвижной перемычкой MN находится в однородном постоянном магнитном поле. Пусть перемычка

перемещается вправо. Указать направление сил: а) сил Ампера (\vec{F}), действующей на индукционный ток в перемычке; б) силы (\vec{f}), действующей на электрон вдоль перемычки (эта сила обуславливает ЭДС).



4.32 В каких из приведенных ниже формулах допущены ошибки?

а) $L = \frac{\mu_0 \mu n^2 S}{l}$; б) $\rho_B = \frac{BH}{2}$; в) $F = BIl \sin \alpha$;
 г) $F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi}$.

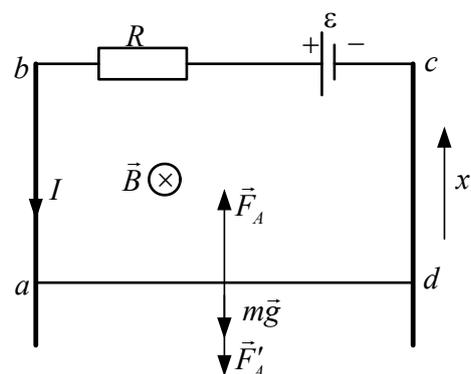
4.33 Какие из приведённых ниже выражений дают объемную плотность энергии магнитного поля?

а) $\frac{BH}{2}$; б) $\frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$; в) $\frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$; г) $\frac{W}{V}$; д) $\frac{LI^2}{2}$.

4.34 Стержень длиной 1 м вращается в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью $\omega = 30 \text{ рад/с}$. Ось вращения стержня параллельна магнитным силовым линиям поля и проходит через его конец. Определите ЭДС индукции, возникшую на концах стержня, если индукция магнитного поля $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$.

а) $\varepsilon = -0,15 \text{ В}$; б) $\varepsilon = -0,2 \text{ В}$; в) $\varepsilon = -0,25 \text{ В}$; г) $\varepsilon = -0,3 \text{ В}$; д) $\varepsilon = -0,45 \text{ В}$.

4.35 В однородном горизонтальном магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$ по вертикально расположенным рельсам, замкнутым через последовательно соединённые резистор сопротивлением



$R = 50 \text{ Ом}$ и источник ЭДС $\varepsilon = 12 \text{ В}$ (см. рисунок), свободно скользит без нарушения контакта проводник длиной $l = 1 \text{ м}$ и массой $m = 100 \text{ г}$. Найдите величину скорости. Сопротивлением рельсов, проводника и внутренним сопротивлением источника пренебречь.

а) $v = 4,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $v = 6,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; в) $v = 8,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; г) $v = 12,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; д) $v = 14,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

4.36 В магнитном поле Земли находится виток проволоки радиусом $r = 20 \text{ см}$ и сопротивлением 20 Ом . Если виток повернуть с одной стороны на другую, то по проволоке протечёт заряд q . Какое количество электричества q протечёт по витку, если виток первоначально расположен горизонтально, а величина вертикальной составляющей индукции \vec{B} магнитного поля Земли равна 50 мкТл ?

а) $q = 4,21 \text{ мкКл}$; б) $q = 6,28 \text{ мкКл}$; в) $q = 8,68 \text{ мкКл}$; г) $q = 14,54 \text{ мкКл}$; д) $q = 24,98 \text{ мкКл}$.

4.37 Проволочное кольцо радиусом $r = 8 \text{ см}$ и сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ находится в однородном магнитном поле. Плоскость кольца составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с линиями индукции поля. Если магнитное поле выключить, то по кольцу протечёт количество электричества $q = 10 \text{ мКл}$. Какова была величина индукции \vec{B} магнитного поля?

а) $B = 0,5 \text{ Тл}$; б) $B = 0,4 \text{ Тл}$; в) $B = 0,3 \text{ Тл}$; г) $B = 0,2 \text{ Тл}$; д) $B = 0,1 \text{ Тл}$.

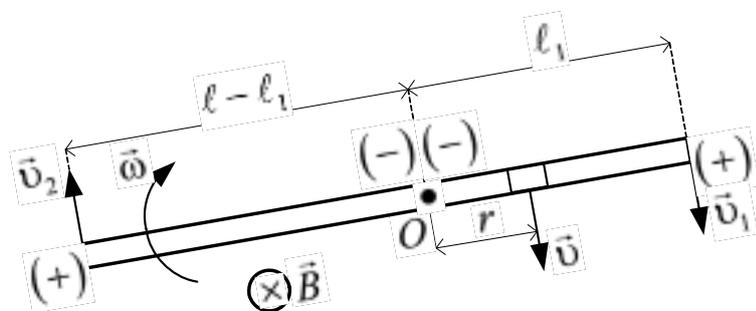
4.38 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ с частотой $n = 10 \text{ об/с}$ вращается рамка, содержащая $N = 1000$ витков провода. Ось рамки перпендикулярна к направлению магнитного поля. Максимальная ЭДС индукции, возникающая в рамке, равна $\varepsilon_{\text{max}} = 94,2 \text{ В}$. Найдите площадь рамки S .

а) $S = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; б) $S = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; в) $S = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; г) $S = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; д) $S = 21 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

4.39 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,8 \text{ Тл}$ в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной $l = 20 \text{ см}$. Ось вращения проходит через один из

концов стержня. При какой частоте вращения n разность потенциалов на концах его равна $U = 1,6B$?

- а) $n = 12c^{-1}$; б) $n = 14c^{-1}$; в) $n = 16c^{-1}$; г) $n = 20c^{-1}$; д) $n = 22c^{-1}$.



4.40 Тонкий металлический стержень длиной $l = 1,2\text{ м}$ вращается в однородном магнитном поле вокруг перпендикулярной к стержню оси, отстоящей от одного из его концов на расстоянии $l_1 = 0,25\text{ м}$, де-

лая $n = 20\text{ об/с}$ (см. рисунок). Вектор \vec{B} параллелен оси вращения и имеет величину $B = 1\text{ Тл}$. Найти разность потенциалов U , возникающую между концами стержня.

- а) $U = 2,1\text{ мВ}$; б) $U = 3,4\text{ мВ}$; в) $U = 4,9\text{ мВ}$; г) $U = 5,3\text{ мВ}$; д) $U = 7,5\text{ мВ}$.

4.41 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,8\text{ Тл}$ равномерно вращается рамка площадью $S = 50\text{ см}^2$. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменился от нуля до максимального значения, равно $\langle \varepsilon_i \rangle = 0,16\text{ В}$. С какой частотой n вращалась рамка?

- а) $n = 12c^{-1}$; б) $n = 10c^{-1}$; в) $n = 8c^{-1}$; г) $n = 6c^{-1}$; д) $n = 5c^{-1}$.

4.42 Катушка сопротивлением $R_1 = 50\text{ Ом}$ имеет $N = 30$ витков площадью $S = 2\text{ см}^2$ и помещена между полюсами электромагнита в поле с индукцией $B = 0,75\text{ Тл}$. Ось катушки параллельна линиям индукции и соединена с баллистическим гальванометром $R_2 = 450\text{ Ом}$. Если ток в обмотке электромагнита выключить, то какое количество электричества q протечёт по цепи?

- а) $q = 90\text{ мкКл}$; б) $q = 110\text{ мкКл}$; в) $q = 120\text{ мкКл}$; г) $q = 140\text{ мкКл}$;
д) $q = 180\text{ мкКл}$.

4.43 Квадрат из медной проволоки помещён в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$ так, что плоскость его перпендикулярна линиям магнитной индукции поля. Если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию, то по проволоке потечёт количество электричества $q = 84 \text{ мКл}$. Какова масса m проволоки?

- а) $m = 0,67 \text{ г}$; б) $m = 0,82 \text{ г}$; в) $m = 0,96 \text{ г}$; г) $m = 1,24 \text{ г}$; д) $m = 2,21 \text{ г}$.

4.44 Магнитный поток, пронизывающий соленоид, $\Phi = 80 \text{ мкВб}$. Когда сила тока I , протекающего по обмотке, равна 6 А . Индуктивность соленоида $L = 70 \text{ мГн}$. Сколько витков N содержит соленоид?

- а) $N = 20$; б) $N = 200$; в) $N = 400$; г) $N = 600$; д) $N = 800$.

4.45 В магнитном поле, величина индукции которого изменяется по закону $B = \alpha + \beta t^2$, где $\alpha = 1 \cdot 10^{-1} \text{ Тл}$, $\beta = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл/с}^2$, расположена квадратная рамка со стороной $a = 0,2 \text{ м}$, причём плоскость рамки перпендикулярна \vec{B} . Определить: 1) величину ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}}$ в рамке в момент времени $t = 5 \text{ с}$.

- а) $\varepsilon_{\text{инд}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ В}$; б) $\varepsilon_{\text{инд}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ В}$; в) $\varepsilon_{\text{инд}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ В}$;
г) $\varepsilon_{\text{инд}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ В}$; д) $\varepsilon_{\text{инд}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ В}$.

4.46 В магнитном поле, величина индукции которого изменяется по закону $B = \alpha + \beta t^2$, где $\alpha = 1 \cdot 10^{-1} \text{ Тл}$, $\beta = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл/с}^2$, расположена квадратная рамка со стороной $a = 0,2 \text{ м}$, причём плоскость рамки перпендикулярна \vec{B} . Определить: количество теплоты Q , которое выделится в рамке за первые 5 секунд, если сопротивление рамки $R = 0,5 \text{ Ом}$.

- а) $Q = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$; б) $Q = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$; в) $Q = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$;
г) $Q = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$; д) $Q = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$.

4.47 Обмотка соленоида состоит из одного слоя плотно прилегающих друг к другу витков медного провода. Диаметр провода $0,2 \text{ мм}$, диаметр соленоида 5 см . По соленоиду течёт ток 1 А . Определите, какое количество электричества протечёт через обмотку соленоида, если концы ее замкнуть накоротко. Толщиной изоляции пренебречь.

- а) $q = 95 \text{ мкКл}$; б) $q = 115 \text{ мкКл}$; в) $q = 145 \text{ мкКл}$; г) $q = 210 \text{ мкКл}$;
 д) $q = 245 \text{ мкКл}$.

4.48 На картонный цилиндр диаметром $D = 4 \text{ см}$ намотано $N = 1000$ витков проволоки в один слой. Витки плотно прижаты друг к другу. Индуктивность полученного соленоида $L = 4 \text{ мГн}$. Каков диаметр d проволоки, из которой сделан соленоид?

- а) $d = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; б) $d = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; в) $d = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; г) $d = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}$;
 д) $d = 12 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

4.49 Индуктивность соленоида $L = 220 \text{ мкГн}$. Обмотка соленоида состоит из N витков медной проволоки, поперечное сечение которой $S_0 = 1 \text{ мм}^2$. Сопротивление обмотки $R = 0,4 \text{ Ом}$. Чему равна длина l соленоида?

- а) $l = 0,16 \text{ м}$; б) $l = 0,2 \text{ м}$; в) $l = 0,25 \text{ м}$; г) $l = 0,48 \text{ м}$; д) $l = 1,68 \text{ м}$.

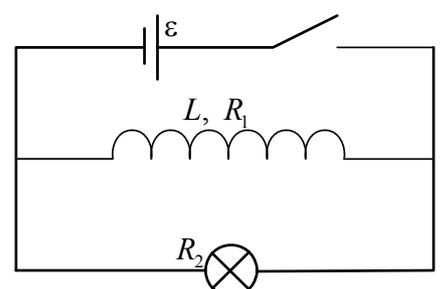
4.50 Соленоид без сердечника с однослойной обмоткой из проволоки диаметром $0,4 \text{ мм}$ имеет длину $0,5 \text{ м}$ и поперечное сечение 60 см^2 . За какое время при напряжении 10 В и силе тока $1,5 \text{ А}$ в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии поля внутри соленоида. Поле считать однородным. Генератор тока поддерживает силу тока постоянной.

- а) $t = 0,24 \text{ мс}$; б) $t = 0,86 \text{ мс}$; в) $t = 1,77 \text{ мс}$; г) $t = 2,56 \text{ мс}$; д) $t = 3,18 \text{ мс}$.

4.51 Длина соленоида $l = 160 \text{ см}$, площадь поперечного сечения $S = 19,6 \text{ см}^2$. Обмотка соленоида имеет $N = 2000$ витков, и по ней течёт ток $I = 2 \text{ А}$. Какая средняя ЭДС индуцируется в витке, надетом на соленоид с железным сердечником, если ток в соленоиде спадает до нуля в течении времени $t = 2 \text{ мс}$?

- а) $\langle \varepsilon_S \rangle = 0,42 \text{ В}$; б) $\langle \varepsilon_S \rangle = 0,96 \text{ В}$; в) $\langle \varepsilon_S \rangle = 1,2 \text{ В}$; г) $\langle \varepsilon_S \rangle = 1,42 \text{ В}$;
 д) $\langle \varepsilon_S \rangle = 2,9 \text{ В}$.

4.52 Дроссель с индуктивностью $L = 8 \text{ Гн}$ и сопротивлением $R_1 = 40 \text{ Ом}$ и лампа сопротивлением $R_2 = 200 \text{ Ом}$ соединены параллельно



и подключены к источнику с электродвижущей силой $\varepsilon = 120\text{В}$ через ключ (см. рисунок). Определите напряжение U на зажимах дросселя в момент: 1) $t_1 = 0,01\text{с}$ и 2) $t_2 = 0,5\text{с}$ после размыкания цепи.

- а) $U_1 = 440\text{В}, U_2 = 1,8 \cdot 10^{-4}\text{В}$; б) $U_1 = 320\text{В}, U_2 = 1,4 \cdot 10^{-4}\text{В}$;
в) $U_1 = 260\text{В}, U_2 = 1,2 \cdot 10^{-4}\text{В}$; г) $U_1 = 180\text{В}, U_2 = 1 \cdot 10^{-4}\text{В}$;
д) $U_1 = 90\text{В}, U_2 = 0,6 \cdot 10^{-4}\text{В}$.

4.53 Определите сопротивление R электрического контакта из-за неидеального осуществления короткого замыкания концов обмотки длинного сверхпроводящего соленоида с индуктивностью $L = 3,6\text{Гн}$, если в течение каждого часа магнитное поле в соленоиде убывает на $0,01\%$.

- а) $R = 40\text{нОм}$; б) $R = 60\text{нОм}$; в) $R = 80\text{нОм}$; г) $R = 100\text{нОм}$;
д) $R = 140\text{нОм}$.

4.54 По соленоиду течёт ток силой 5А . Длина соленоида 1м , число витков 500 . В соленоид вставлен железный сердечник. Найдите: 1) намагниченность; 2) объёмную плотность энергии магнитного поля соленоида.

- а) 1) $J = 6,4\text{МА/м}$, 2) $\omega = 1,41\text{кДж/м}^3$;
б) 1) $J = 15,9\text{МА/м}$, 2) $\omega = 3,63\text{кДж/м}^3$;
в) 1) $J = 23,7\text{МА/м}$, 2) $\omega = 5,36\text{кДж/м}^3$;
г) 1) $J = 31,8\text{МА/м}$, 2) $\omega = 8,29\text{кДж/м}^3$;
д) 1) $J = 45,2\text{МА/м}$, 2) $\omega = 12,56\text{кДж/м}^3$.

4.55 Рамка площадью $S = 150\text{см}^2$ равномерно вращается в однородном магнитном поле с частотой $n = 2,4\text{об/с}$. Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением магнитного поля. Максимальная ЭДС индукции ε_{max} во вращающейся рамке равна $0,09\text{В}$. Какова величина индукции магнитного поля \vec{B} ?

- а) $B = 0,2\text{Тл}$; б) $B = 0,4\text{Тл}$; в) $B = 0,6\text{Тл}$; г) $B = 0,8\text{Тл}$; д) $B = 1\text{Тл}$.

4.56 По обмотке соленоида с параметрами: число витков 1000, длина 0,5м, диаметр 4см течёт ток 0,5А. Определить потокосцепление, энергию, объёмную плотность энергии соленоида.

а) $\psi = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, W = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \omega = 0,63 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$

б) $\psi = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, W = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \omega = 1,26 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$

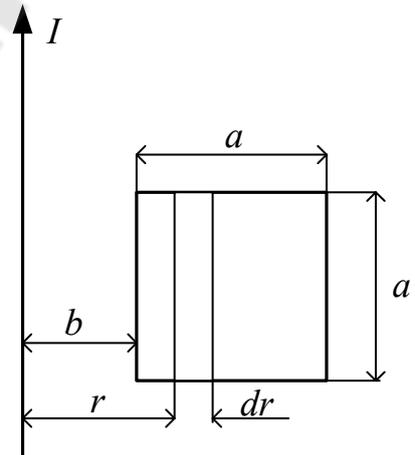
в) $\psi = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, W = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \omega = 0,98 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$

г) $\psi = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, W = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \omega = 1,43 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3};$

д) $\psi = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, W = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \omega = 0,73 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}.$

4.57 В одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током $I = 20 \text{ А}$ расположена квадратная рамка со стороной $a = 20 \text{ см}$, причём две стороны рамки параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей стороны рамки равно $b = 5 \text{ см}$ (см. рисунок). Определите магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.

- а) $\Phi = 0,24 \text{ мкВб};$ б) $\Phi = 0,36 \text{ мкВб};$
 в) $\Phi = 0,44 \text{ мкВб};$ г) $\Phi = 0,68 \text{ мкВб};$
 д) $\Phi = 0,71 \text{ мкВб}.$



4.58 Плоский квадратный контур со стороной 10см, по которому течёт ток силы $I = 100 \text{ А}$, свободно установился в однородном магнитном поле индукцией 1Тл (см. рисунок). Определите работу A , совершаемую внешними силами при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол 90° .

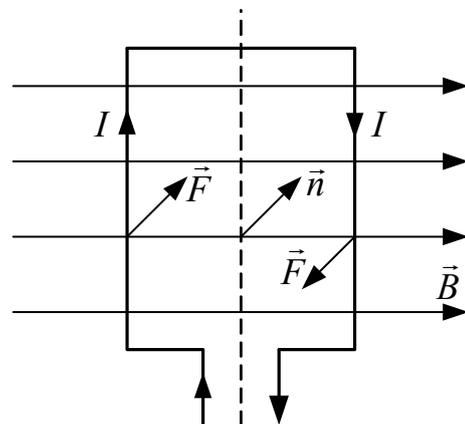


Рис. 1

Считать, что при повороте сила тока не меняется.

а) $A = 5A$; б) $A = 3,5A$; в) $A = 2A$; г) $A = 1A$; д) $A = 0$.

4.59 Соленоид длиной $l = 20\text{см}$ содержит $N = 1000$ витков. Радиус катушки соленоида $R = 10\text{см}$. Определите величину магнитной индукции \vec{B} в точке, лежащей на оси соленоида на расстоянии $a = 5\text{см}$ от его конца. По обмотке соленоида идёт ток $I = 5A$.

а) $B = 24,6\text{мТл}$; б) $B = 32,8\text{мТл}$; в) $B = 40,2\text{мТл}$; г) $B = 63,9\text{мТл}$;
д) $B = 78,1\text{мТл}$.

4.60 Найдите величину напряжённости \vec{H} магнитного поля внутри прямого длинного соленоида при силе тока $I = 4A$. Витки намотаны из проволоки радиусом $r = 0,25\text{мм}$. Толщиной изоляции пренебречь.

а) $H = 4 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$; б) $H = 8 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$; в) $H = 12 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$; г)
 $H = 10 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$; д) $H = 16 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$.

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Основные понятия и формулы

Величина заряда на обкладках конденсатора в процессе свободных незатухающих колебаний определяется по формуле:

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где q_m – амплитудное значение заряда;

φ_0 – начальная фаза;

ω_0 – угловая частота колебаний.

Формула Томсона:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC},$$

где L – индуктивность контура, C – ёмкость конденсатора.

Частота собственных колебаний контура:

$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Закон изменения разности потенциалов между обкладками конденсатора:

$$U_C = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где $U_m = q_m/C$ – амплитуда разности потенциалов.

Закон изменения тока:

$$i = \dot{q} = -\omega_0 q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \pi/2),$$

где $I = \omega_0 q_m$ – амплитуда тока.

Закон изменения ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_s = -L\dot{i} = -L\omega_0^2 q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = \varepsilon_{sm} \cos(\omega_0 t + \varphi_0 - \pi),$$

где $\varepsilon_{sm} = L\omega_0^2 q_m$ – амплитуда ЭДС – самоиндукции.

Закон изменения энергии электрического поля:

$$W_E = \frac{q^2}{2C} = \left(\frac{q_m}{2C} \right) \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) = W_{Em} \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где $W_{Em} = q_m^2/2C$ – амплитуда энергии электрического поля.

Закон изменения энергии магнитного поля:

$$W_B = \frac{Li^2}{2} = \left(\frac{L\omega_0^2 q_m^2}{2} \right) \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0) = W_{Bm} \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где $W_{Bm} = L\omega_0^2 q_m^2/2$ – амплитуда энергии магнитного поля.

$$\text{и } 1/LC = \omega_0^2,$$

Величина заряда на обкладках конденсатора в процессе свободных затухающих колебаний определяется по формуле ($\beta < \omega_0$):

$$q = q_{m_0} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где q_{m_0} – начальная амплитуда заряда;

ω – угловая частота колебаний;

β – коэффициент затухания, $\beta = \frac{L}{2R}$ (R – активное сопротивление контура).

Угловая частота затухающих колебаний связана с собственной частотой контура соотношением:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}.$$

Условный период затухающих колебаний равен:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}.$$

Логарифмический декремент затухания:

$$\lambda = \ln \frac{q_{m_0} e^{-\beta t}}{q_{m_0} e^{-\beta(t+T)}} = \beta T.$$

Время релаксации :

$$\tau = \frac{1}{\beta}.$$

Добротность контура Q :

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \pi N = \frac{\pi T}{\tau}.$$

Резонансная частота для заряда (для разности потенциалов она будет точно такой же:

$$\Omega_{рез,q} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}.$$

Фазовая скорость электромагнитных волн:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

где $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = c$ — скорость электромагнитных волн в вакууме.

Плотность энергии ω электромагнитной волны распространяющейся в вакууме со скоростью c складывается из плотности энергии электрического поля и плотности энергии магнитного поля:

$$\omega = \omega_E + \omega_H = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu_0 H^2}{2}.$$

Модуль плотности потока энергии:

$$S = \omega c = EH.$$

Вектор плотности потока электромагнитной энергии можно представить как векторное произведение \vec{E} и \vec{H} :

$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}],$$

где вектор \vec{S} называется вектором Пойнтинга.

Электромагнитная волна, несущая энергию W , обладает импульсом $K = \frac{1}{c}W$.

Связь длины электромагнитной волны с периодом T и частотой ν колебаний:

$$\lambda = cT \text{ или } \lambda = \frac{c}{\nu};$$

где c - скорость электромагнитных волн в вакууме

Тестовые задачи по электромагнитным колебаниям и волнам

5.1 Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 10 \cos 10^4 t$ (В). Ёмкость конденсатора 10 мкФ . Найдите индуктивность контура и закон изменения силы тока в нём.

а) $L = 10^{-3} \text{ Гн}, I(t) = -\sin 10^4 t, \text{ А};$

б) $L = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}, I(t) = -2 \sin 10^4 t, \text{ А};$

в) $L = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}, I(t) = -\sin 10^3 t, \text{ А};$

г) $L = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}, I(t) = -\sin 10^3 t, \text{ А};$

д) $L = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}, I(t) = -4 \sin 10^3 t, \text{ А}.$

5.2 Идеальный контур Томсона состоит из конденсатора ёмкостью $C = 25 \text{ нФ}$ и катушки с индуктивностью $L = 1.015 \text{ Гн}$. Пластинам конденсатора сообщён заряд $q_0 = 2,5 \text{ мкКл}$. Как изменяются разность потенциалов U на обкладках конденсатора и значения тока I в цепи в пределах одного периода колебаний?

а) $I(t) = -15,7 \cdot 10^{-3} \sin 2\pi \cdot 10^{-3} t, A, U(t) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 t, B;$

б) $I(t) = -10,7 \cdot 10^3 \sin 2\pi \cdot 10^{-3} t, A, U(t) = 200 \cos \pi \cdot 10^3 t, B;$

в) $I(t) = -15 \cdot 10^{-3} \sin 2\pi \cdot 10^{-3} t, A, U(t) = 110 \cos \pi \cdot 10^3 t, B;$

г) $I(t) = 10,7 \cdot 10^{-3} \sin \pi \cdot 10^{-3} t, A, U(t) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^4 t, B;$

д) $I(t) = -12,3 \cdot 10^{-3} \sin 2\pi \cdot 10^{-3} t, A, U(t) = 100 \cos 2\pi \cdot 10^3 t, B.$

5.3 Найдите логарифмический декремент затухания δ колебаний в контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью $C = 2,22 \text{ нФ}$ и катушки из медной проволоки диаметром $d = 0,5 \text{ мм}$. Катушка имеет 400 витков проволоки.

а) $\delta = 10,24;$ б) $\delta = 5,78;$ в) $\delta = 2,8;$ г) $\delta = 0,78;$ д) $\delta = 0,018.$

5.4 В контуре вследствие затухания теряется 99% энергии. Колебательный контур содержит ёмкость $C = 0,55 \text{ нФ}$ и индуктивность $L = 10 \text{ мГн}$. За какое время происходит потеря энергии в контуре, если логарифмический декремент затухания $\delta = 0,005$?

а) $t = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с};$ б) $t = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с};$ в) $t = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ с};$ г) $t = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ с};$ д) $t = 12,89 \cdot 10^{-3} \text{ с}.$

5.5 Для какого момента времени t отношение $\frac{W_m}{W_{эл}}$ энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля равно 3?

а) $t = \frac{T}{3};$ б) $t = \frac{T}{4};$ в) $t = \frac{T}{6};$ г) $t = \frac{T}{9};$ д) $t = \frac{T}{12}.$

5.6 Ток в колебательном контуре изменяется по закон $I = -0,04 \sin 400\pi t, A.$ Ёмкость конденсатора $C = 0,63 \text{ мкФ}$. Найдите период T колебаний, индуктивность контура L , минимальную энер-

гию W_m магнитного поля и максимальную энергию $W_{эл}$ электрического поля.

- а) $L = 1 \text{ Гн}, T = 5 \text{ мс}, W_{эл} = W_m = 0,8 \text{ мДж};$
- б) $L = 2,4 \text{ Гн}, T = 8 \text{ мс}, W_{эл} = W_m = 1,3 \text{ мДж};$
- в) $L = 4,5 \text{ Гн}, T = 12 \text{ мс}, W_{эл} = W_m = 2,8 \text{ мДж};$
- г) $L = 6,7 \text{ Гн}, T = 16 \text{ мс}, W_{эл} = W_m = 4,9 \text{ мДж};$
- д) $L = 9 \text{ Гн}, T = 21 \text{ мс}, W_{эл} = W_m = 7,4 \text{ мДж}.$

5.7 Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 25 \cos 10^4 \pi t, \text{ В}$. Индуктивность катушки $L = 10,13 \text{ мГн}$. Найдите период T колебаний, ёмкость C конденсатора, закон изменения со временем тока I в цепи и длину волны λ , соответствующую этому контуру.

- а) $T = 0,1 \text{ мс}, C = 0,1 \text{ мкФ}, I(t) = -48,5 \cdot 10^{-3} \sin 10^4 \pi t, \text{ А}, \lambda = 60 \text{ км};$
- б) $T = 0,2 \text{ мс}, C = 0,2 \text{ мкФ}, I(t) = -28,5 \cdot 10^{-3} \sin 10^4 \pi t, \text{ А}, \lambda = 40 \text{ км};$
- в) $T = 0,2 \text{ мс}, C = 0,1 \text{ мкФ}, I(t) = -78,5 \cdot 10^{-3} \sin 10^4 \pi t, \text{ А}, \lambda = 60 \text{ км};$
- г) $T = 0,5 \text{ мс}, C = 0,1 \text{ мкФ}, I(t) = -78,5 \cdot 10^{-3} \sin 10^4 \pi t, \text{ А}, \lambda = 50 \text{ км};$
- д) $T = 0,4 \text{ мс}, C = 0,4 \text{ мкФ}, I(t) = -48,2 \cdot 10^{-3} \sin 10^4 \pi t, \text{ А}, \lambda = 50 \text{ км}.$

5.8 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 0,2 \text{ мкФ}$, катушки с индуктивностью $L = 5,07 \text{ мГн}$ и сопротивления $R = 11,1 \text{ Ом}$. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за два периода колебаний?

- а) $n = 0,42;$ б) $n = 1,2;$ в) $n = 1,55;$ г) $n = 2,68;$ д) $n = 3,75.$

5.9 На зажимы цепи, изображённой на рис.5.1, подаётся переменное напряжение с действующим значением $U = 220 \text{ В}$ и частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Активное сопротивление цепи $R = 220 \text{ Ом}$, индуктивность $L = 318 \text{ Гн}$. Переменная ёмкость в цепи подбирается так, чтобы показание вольтметра, включённого параллельно индуктивности, стало максимальным. Найдите показания U_1 вольтметра и I амперметра в этих условиях. Полным сопротивлением амперметра и ответвлением тока в цепь

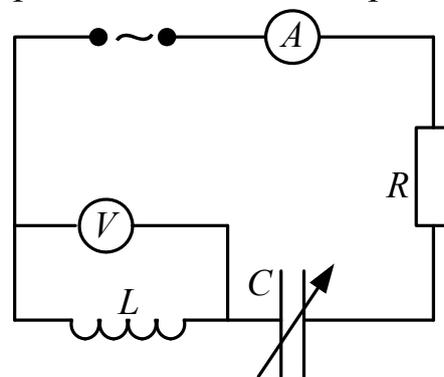


Рис. 1

вольтметра можно пренебречь.

- а) $U_1 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ В}, I = 15 \text{ А};$ б) $U_1 = 10^3 \text{ В}, I = 10 \text{ А};$
в) $U_1 = 4 \cdot 10^3 \text{ В}, I = 20 \text{ А};$ г) $U_1 = 6,7 \cdot 10^3 \text{ В}, I = 30 \text{ А};$
д) $U_1 = 8,9 \cdot 10^3 \text{ В}, I = 45 \text{ А}.$

5.10 Конденсатор ёмкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ подключён параллельно к последовательно соединённым сверхпроводящему соленоиду индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и резистору сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ и заряжается при этом генератором тока, задающим во внешней цепи ток силы $I = 100 \text{ А}$. После зарядки конденсатора LCR - контур отключают от генератора и в контуре возникают слабозатухающие электрические колебания. Найдите энергию W , рассеиваемую контуром в результате затухания колебаний

- а) $W = 1 \text{ Дж};$ б) $W = 2 \text{ Дж};$ в) $W = 3 \text{ Дж};$ г) $W = 4 \text{ Дж};$ д) $W = 5 \text{ Дж}.$

5.11 Конденсатор ёмкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ подключён параллельно к последовательно соединённым сверхпроводящему соленоиду индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и резистору сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ и заряжается при этом генератором тока, задающим во внешней цепи ток силы $I = 100 \text{ А}$. После зарядки конденсатора LCR - контур отключают от генератора и в контуре возникают слабозатухающие электрические колебания. Найдите период T электрических колебаний в контуре

- а) $T = 0,34 \text{ нс};$ б) $T = 0,43 \text{ нс};$ в) $T = 0,56 \text{ нс};$ г) $T = 0,63 \text{ нс};$ д) $T = 0,72 \text{ нс}.$

5.12 Конденсатор ёмкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ подключён параллельно к последовательно соединённым сверхпроводящему соленоиду индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и резистору сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ и заряжается при этом генератором тока, задающим во внешней цепи ток силы $I = 100 \text{ А}$. После зарядки конденсатора LCR - контур отключают от генератора и в контуре возникают слабозатухающие электрические колебания. Найдите логарифмический декремент δ колебаний в контуре;

- а) $\delta = 0,1;$ б) $\delta = 0,2;$ в) $\delta = 0,3;$ г) $\delta = 0,89;$ д) $\delta = 0,03.$

5.13 Конденсатор ёмкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ подключён параллельно к последовательно соединённым сверхпроводящему соленоиду индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и резистору сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ и заряжается при этом генератором тока, задающим во внешней цепи ток силы $I = 100 \text{ А}$. После зарядки конденсатора LCR - контур отключают от генератора и в контуре возникают слабозатухающие электрические колебания. Найдите добротность Q электрического контура

- а) $Q = 150$; б) $Q = 220$; в) $Q = 100$; г) $Q = 228$; д) $Q = 121$.

5.14 Конденсатор ёмкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ подключён параллельно к последовательно соединённым сверхпроводящему соленоиду индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и резистору сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ и заряжается при этом генератором тока, задающим во внешней цепи ток силы $I = 100 \text{ А}$. После зарядки конденсатора LCR - контур отключают от генератора и в контуре возникают слабозатухающие электрические колебания. Найдите: оценить число колебаний N в контуре до их полного затухания.

- а) $N = 100$; б) $N = 135$; в) $N = 40$; г) $N = 75$; д) $N = 800$.

5.15 Активное сопротивление колебательного контура $R = 0,33 \text{ Ом}$. Какую мощность P потребляет контур при поддержании в нем незатухающих колебаний с амплитудой силы тока $I_m = 30 \text{ мА}$?

- а) $P = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; б) $P = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; в) $P = 2,80 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$;
г) $P = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; д) $P = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$.

5.16 Катушка сопротивлением $8,2 \text{ Ом}$ включена в цепь переменного тока частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Длина катушки $l = 100 \text{ см}$ и площадь поперечного сечения $S = 40 \text{ см}^2$. Число витков на катушке $N = 3000$. Найдите сдвиг фаз φ между напряжением и током.

- а) $\varphi = 10^\circ$; б) $\varphi = 20^\circ$; в) $\varphi = 40^\circ$; г) $\varphi = 50^\circ$; д) $\varphi = 60^\circ$.

5.17 Колебательный контур настроен на длину волны $\lambda = 1500 \text{ м}$ и состоит из катушки индуктивностью $L = 60 \text{ мкГн}$ и плоского конденсатора с площадью пластин $S = 400 \text{ см}^2$. Расстояние между пластинами $d = 0,02 \text{ см}$. Найдите диэлектрическую проницаемость ε среды, заполняющей пространство между пластинами конденсатора.

а) $\varepsilon = 0$; б) $\varepsilon = 1,5$; в) $\varepsilon = 6$; г) $\varepsilon = 8$; д) $\varepsilon = 12$.

5.18 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 100 \text{ нФ}$, катушки индуктивностью $L = 0,01 \text{ Гн}$ и резистора сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$. Определите: 1) период затухающих колебаний; 2) через сколько полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшится в e раз?

а) 1) $T = 1 \text{ мс}$, 2) $N_e = 3$; б) 1) $T = 2 \text{ мс}$, 2) $N_e = 5$; в) 1) $T = 6 \text{ мс}$, 2) $N_e = 9$; г) 1) $T = 8 \text{ мс}$, 2) $N_e = 12$.

5.19 Определите добротность Q колебательного контура, если собственная частота ω_0 колебательного контура отличается на 5% от частоты ω свободных затухающих колебаний.

а) $Q = 0,34$; б) $Q = 0,93$; в) $Q = 1,56$; г) $Q = 2,78$; д) $Q = 4,21$.

5.20 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 10 \text{ нФ}$ и катушки индуктивностью $L = 4 \text{ мкГн}$. Определите критическое сопротивление $R_{кр}$ контура, при котором наступает апериодический процесс.

а) $R_{кр} = 15 \text{ Ом}$; б) $R_{кр} = 25 \text{ Ом}$; в) $R_{кр} = 35 \text{ Ом}$; г) $R_{кр} = 40 \text{ Ом}$;
д) $R_{кр} = 45 \text{ Ом}$.

5.21 Колебательный контур содержит катушку индуктивностью $L = 5 \text{ мГн}$ и конденсатор ёмкостью $C = 2 \text{ мкФ}$. Добротность колебательного контура $Q = 100$. Какую среднюю мощность следует подводить для поддержания в колебательном контуре незатухающих гармонических колебаний с амплитудным значением напряжения на конденсаторе $U_{см} = 2 \text{ В}$?

а) $\langle P \rangle = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; б) $\langle P \rangle = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; в) $\langle P \rangle = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$;
г) $\langle P \rangle = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$; д) $\langle P \rangle = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$.

5.22 Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью, равной 1, имеет вид $E = 10 \sin(6,28 \cdot 10^8 t - 4,19\pi)$. Определить длину электромагнитной волны и относительную диэлектрическую проницаемость среды.

- а) $\lambda = 1\text{ м}, \varepsilon = 2$; б) $\lambda = 1,5\text{ м}, \varepsilon = 4$; в) $\lambda = 2\text{ м}, \varepsilon = 6$;
 г) $\lambda = 4\text{ м}, \varepsilon = 12$; д) $\lambda = 8\text{ м}, \varepsilon = 14$.

5.23 Длина электромагнитной волны в вакууме, на котором построен колебательный контур, равна $31,4\text{ м}$. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите максимальную силу тока I_m в контуре, если максимальный заряд q_m на обкладках конденсатора равен 50 нКл .

- а) $I_m = 1\text{ А}$; б) $I_m = 1,4\text{ А}$; в) $I_m = 2\text{ А}$; г) $I_m = 3\text{ А}$; д) $I_m = 4\text{ А}$.

5.24 В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Определите амплитуду напряжённости электрического поля волны, если амплитуда H_0 напряжённости магнитного поля волны равна 5 мА/м .

- а) $E_0 = 1,88 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; б) $E_0 = 2,64 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; в) $E_0 = 6,94 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; г) $E_0 = 8,92 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;
 д) $E_0 = 12,31 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

5.25 В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряжённости электромагнитного поля которой 100 В/м . Какую энергию переносит эта волна через площадку 50 см^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за 1 минуту? Период волны $T = t$.

- а) $W = 2\text{ Дж}$; б) $W = 3\text{ Дж}$; в) $W = 4\text{ Дж}$; г) $W = 5\text{ Дж}$;
 д) $W = 8\text{ Дж}$.

5.26 Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с $\varepsilon = 2$ и $\mu = 1$. Амплитуда напряжённости электрического поля волны $E_0 = 12\text{ В/м}$. Определите: 1) величину фазовой скорости волны; 2) амплитуду напряжённости магнитного поля волны.

- а) 1) $v = 0,34 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, 2) $H_0 = 15 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{м}}$;
 б) 1) $v = 1,13 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, 2) $H_0 = 25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{м}}$;

$$\text{в) } 1) \nu = 2,12 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \quad 2) H_0 = 45 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{м}};$$

$$\text{г) } 1) \nu = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \quad 2) H_0 = 55 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{м}};$$

$$\text{д) } 1) \nu = 4,93 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \quad 2) H_0 = 60 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

5.27 Определить энергию, которую переносит за 1 минуту плоская синусоидальная волна, распространяющаяся в вакууме через площадку площадью 10 см^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Амплитуда напряжённости электрического поля волны 1 мВ/м . Период волны $T = 1$ мин.

$$\begin{array}{lll} \text{а) } W = 4 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}; & \text{б) } W = 6 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}; & \text{в) } W = 8 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}; \\ \text{г) } W = 10 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}; & \text{д) } W = 12 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}. & \end{array}$$

Литература

1. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1977 - 1979. – Т.1. – 1977. – 350 с.; Т.2. – 1978. – 480 с.; Т.3. – 1979. – 304 с.
2. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Высшая школа, 1989. – 608 с.
3. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Высшая школа, 1985. – 630 с.
4. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики / Т.И. Трофимова. – М.: Высшая школа, 1991. – 303 с.
5. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – М.: Наука, 1973. – 464 с.
6. Чертов, А.Г. Задачник по физике / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М.: Высшая школа, 1988. – 572 с.
7. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
8. Савельев, И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1983. – 386 с.
9. Воробьев, А.А. Физика: Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников инженерно-технических специальностей вузов / А.А. Воробьев, В.П. Иванов, В.Г. Кондакова, А.Г. Чертов. – М.: Высшая школа, 1987. – 208 с.
10. Физика: метод. Указания к контрольным работам по курсу «Физика» для студентов технических специальностей заочной формы обучения/ В. И. Дробышевский, А. И. Кравченко, П. А. Хило. – Гомель, 2007. – 97 с.

Приложение

1. Основные физические постоянные:

элементарный заряд - $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;

магнетон Бора - $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл;

масса протона - $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг;

масса электрона - $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг;

удельный заряд электрона - $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг;

электрическая постоянная - $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

магнитная постоянная - $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

скорость света в вакууме - $c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с.

2. Диэлектрическая проницаемость ϵ

Вода – 81;

Парафин – 2,0;

Слюда – 6,0;

Стекло – 7,0;

Фарфор – 5,0;

Масло трансформаторное – 2,2;

Эбонит – 6,0.

3. Удельное сопротивление ρ и температурный коэффициент проводников (при 20°C)

Проводник	Удельное сопротивление, нОм·м	Температурный коэффициент, К ⁻¹
Алюминий	28	0,0038
Вольфрам	55	0,0051
Железо	98	0,0062
Константан	480	0,00002
Медь	17,2	0,0043
Никель	400	0,000017
Нихром	980	0,00026

Содержание

Предисловие.....	3
1. Электростатика	4
Основные понятия и формулы.....	4
Тестовые задачи по электростатике.....	11
2. Законы постоянного тока.....	28
Основные понятия и формулы.....	28
Тестовые задачи по законам постоянного тока.....	32
3. Магнитное поле.....	44
Основные понятия и формулы.....	44
Тестовые задачи по магнитному полю.....	46
4. Электромагнитная индукция.....	63
Основные понятия и формулы.....	63
Тестовые задачи по электромагнитной индукции.....	64
5. Электромагнитные колебания и волны.....	81
Основные понятия и формулы.....	81
Тестовые задачи по электромагнитным колебаниям и волнам	83
Литература.....	91
Приложение.....	92

Кравченко Александр Ильич
Хило Петр Анатольевич
Проневич Олег Иванович

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Практикум
по курсу «Физика» для студентов
технических специальностей
дневной формы обучения

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 20.11.13.

Рег. № 16Е.

<http://www.gstu.by>