

Министерство общего и профессионального образования Российской
Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

53 С 232

Сборник задач по общей физике

Часть II. Электричество и электромагнетизм

Под ред. Э.Б. Селивановой

**Библиотека Новосибирского
Государственного Технического
Университета**

Новосибирск
1998

15ВЫ 5-7782-0193-1

Составители: Э.Б. Селиванова, С.И. Вашуков, Л.М. Родникова, Н.Я.
Усольцева, Б.И. Юдин

Рецензенты: А.Н. Лузин, канд. физ.-мат. наук, проф. В.Я.
Чечуев, канд. техн. наук, доц.

Работа подготовлена на кафедре общей физики

15ВК 5-7782-019.

© Новосибирский государственный технический университет. 1998 г.

Содержание

5 . <i>Тема: Закон Кулона. Теорема Гаусса</i>	7
5.1 . Вариант 1	7
5.2 . Вариант 2	8
5.3. Вариант 3	10
5.4 . Вариант 4	11
5.5.Вариант 5	12
5.6.Вариант 6	14
5.7.Вариант 7	15
5.8 . Вариант 8.....	16
5.9 . Вариант 9	18
5.10. Вариант 10	19
5.11. Вариант 11	20
5.12. Вариант 12	22
5.13. Вариант 13	23
5.14. Вариант 14	24
5.15. Вариант 15	26
5.16. Вариант 16	27
5.17. Вариант 17	28
5.18. Вариант 18	29
6 . <i>Тема: Потенциал. Работа. Энергия электрического поля , , ,</i>	32
6.1 . Вариант 1	32
6.2 . Вариант 2	33
6.3 . Вариант 3	34
6.4 . Вариант 4	35
6.5 . Вариант 5	36
6.6 . Вариант 6	37
6.7 . Вариант 7	39
6.8 . Вариант 8	40
6.9. Вариант 9.....	41
6.10. Вариант 10.....	42
6.11. Вариант 11	43
6.12 .Вариант 12.....	44
6.13.Вариант 13.....	45
6.14.Вариант 14.....	46
6.15.Вариант 15.....	48
6.16.Вариант 16	49
6.17.Вариант 17	50
6.18. Вариант 18	52

7. Тема: Магнитное поле в вакууме	54
7.1. Вариант 1	54
7.2. Вариант 2.....	55
7.3. Вариант 3	56
7.4. Вариант 4.....	57
7.5. Вариант 5.....	58
7.6. Вариант 6	59
7.7. Вариант 7	60
7.8. Вариант 8	61
7.9. Вариант 9	62
7.10. Вариант 10	63
7.11. Вариант 11.....	64
7.12. Вариант 12	65
7.13. Вариант 13	66
7.14. Вариант 14	68
7.15. Вариант 15	69
7.16. Вариант 16	70
7.17. Вариант 17	71
7.18. Вариант 18	72
8. Тема: Сила Лоренца. Электромагнитная индукция	74
8.1. Вариант 1.....	74
8.2. Вариант 2.....	75
8.3. Вариант 3.....	76
8.4. Вариант 4.....	77
8.5. Вариант 5.....	79
8.6. Вариант 6.....	80
8.7. Вариант 7	81
8.8. Вариант 8	82
8.9. Вариант 9	83
8.10. Вариант 10	84
8.11. Вариант 11	86
8.12. Вариант 12	87
8.13. Вариант 13	88
8.14. Вариант 14	89
8.15. Вариант 15	91
8.16. Вариант 16	92
8.17. Вариант 17	93
8.18. Вариант 18	95

Предисловие

Авторы стремились создать сборник задач, с помощью которого можно реализовать индивидуальную работу студентов.

Данный сборник задач соответствует учебной программе по курсу общей физики в техническом университете.

Первая часть сборника задач по разделу «Механика» вышла в свет в 1996 г. Во вторую часть, входят 4 темы разделов курса общей физики «Электростатика» и «Электромагнетизм» (нумерация тем сквозная в первой и второй частях сборника задач).

5. Закон Кулона. Теорема Гаусса.
6. Потенциал. Работа. Энергия электрического поля.
7. Магнитное поле в вакууме.
8. Сила Лоренца. Электромагнитная индукция.

В каждой теме по 18.примерно,одинаковых по сложности вариантов специально подобранных задач. При их составлении учитывались результаты психолого-педагогического анализа процесса решения физических задач, выполненного как составителями, так и другими авторами.

Предварительно была проделана большая работа по выделению основных типов задач. Большая часть их уже публиковалась в методических работах «Варианты задач для индивидуальных заданий», от которых содержание данного сборника отличается большим числом вариантов и тщательностью отработки каждого из них, т.е. в каждом варианте еще раз продумана последовательность задач и иерархия их сложности, откорректированы условия задач и рисунки, заменены неудачные задачи и т.д.

В результате в каждом варианте:

- 1) представлены задачи всех выделенных в данной теме типов;
- 2) обязательно присутствуют задачи на развитие образных компонентов мышления (графические задачи, при решении которых используется перевод с «языка» формул на «язык» образов, и наоборот);
- 3) задачи расположены с нарастанием сложности, а в конце - повышенной сложности.

Такое построение вариантов, как показывает наш опыт, позволяет продуктивно работать студентам различного уровня подготовленности.

В сборнике не приводятся примеры решения задач и не даются ответы, так как задачник предполагается использовать также на коллоквиумах и экзаменах.

На текущих же занятиях преподаватель выдает лист ответов по данной теме, и каждый студент может проверить правильность своего ответа.

Наиболее эффективно следует использовать этот задачник совместно со специально разработанными для него методическими указаниями:

1. Электростатика: Метод, указания к решению задач в курсе общей физики. - Новосибирск, 1991.

2. Электромагнетизм. Метод, указания к решению задач в курсе общей физики для студентов 1-2 курсов АВТФ, ФЛА, ФАМ, ФИН дневной и вечерней форм обучения. - Новосибирск, 1994.

В них в краткой наглядной форме (в виде таблиц и блок-схем) изложена теория, дана классификация задач, их алгоритмы, а также примеры решения задач всех типов, выделенных в данной теме.

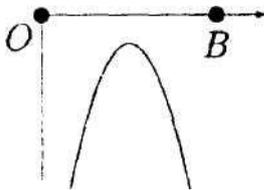
На основе этих примеров могут быть решены и задачи других вариантов.

Совместное использование названных выше работ позволяет организовать любые формы обучения и применять их как на практических занятиях, так и для самостоятельного изучения физики.

Э.Б. Селиванова

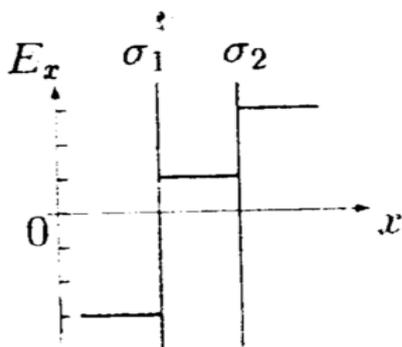
5. Тема: Закон Кулона. Теорема Гаусса

5.1. Вариант 1

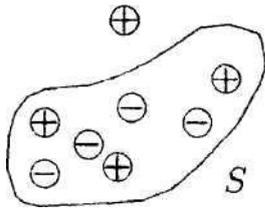


- 5.1.1. На некотором расстоянии друг от друга в точках O и B находятся два одинаковых по модулю точечных заряда. На рисунке показано пространственное распределение напряженности электростатического поля между зарядами $E(r)$. Определите знаки зарядов.

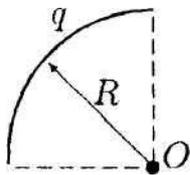
- 5.1.2. Два одинаковых положительных заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-7}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии $l = 8,0$ см друг от друга. Определите напряженность электростатического поля: а) в точке O , находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды; б) в точке A , расположенной на расстоянии $r = 5,0$ см от каждого заряда.
- 5.1.3. На бесконечной вертикально расположенной плоскости равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 400$ мкКл/м². К плоскости на нити подвешен шарик массой $m = 10$ г. Определите заряд шарика q , если нить образует с плоскостью угол $\varphi = 30^\circ$.



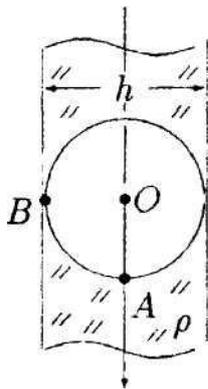
- 5.1.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



• 5.1.5. Электростатическое поле в вакууме создается системой одинаковых по модулю точечных зарядов $|q| = 2,0 \cdot 10^{-8}$ Кл. Найдите потоки векторов E и D через произвольную замкнутую поверхность S . Как изменятся эти потоки, если систему поместить в среду с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3,0$?

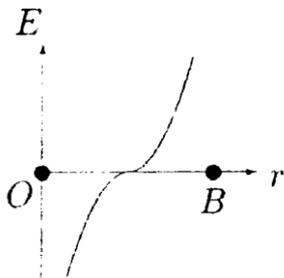


• 5.1.6. По тонкой нити, изогнутой по дуге окружности радиусом $R = 10$ см, равномерно распределен заряд $q = 20$ нКл. Используя принцип суперпозиции, определите напряженность электростатического поля E , создаваемого этим зарядом в центре кривизны дуги, если длина нити равна четверти длины окружности.



• 5.1.7. В бесконечной пластине, равномерно заряженной с объемной плотностью заряда ρ , вырезали сферическую полость так, как показано на рисунке. Толщина пластины h . Используя теорему Гаусса и учитывая симметрию поля относительно центральной плоскости пластины, найдите: а) напряженность электростатического поля в точках А и В; б) зависимость напряженности поля $E(r)$, где r – расстояние от точки О.

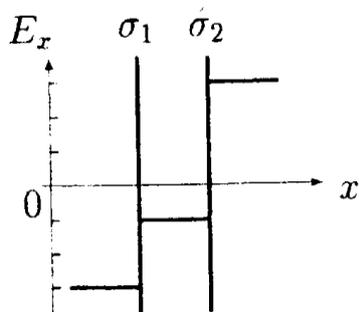
5.2. Вариант 2



• 5.2.1. На некотором расстоянии друг от друга в точках О и В находятся два одинаковых по модулю точечных заряда. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля между зарядами $E(r)$. Определите знаки зарядов.

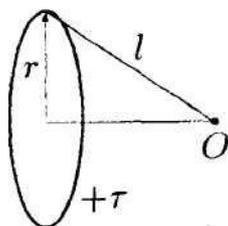
• 5.2.2. Отрицательный заряд $q_1 = -5q$ и положительный $q_2 = +2q$ закреплены на расстоянии r друг от друга. Где на линии, соединяющей заряды, следует поместить положительный заряд Q , чтобы он находился в равновесии.

- 5.2.3. Параллельно бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 4,0 \text{ мкКл/м}^2$, расположена бесконечно длинная прямая нить, заряженная с линейной плотностью заряда $\tau = 100 \text{ нКл/м}^2$. Определите силу F , действующую со стороны плоскости на отрезок нити, длиной $L = 1,0 \text{ м}$.

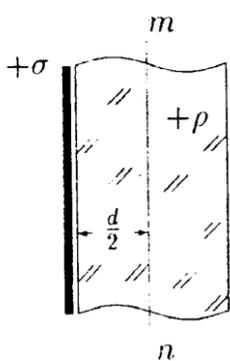


- 5.2.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

- 5.2.5. Точечный заряд $q = 1,0 \cdot 10^6 \text{ Кл}$ помещен в центр куба с ребром $a = 0,5 \text{ м}$. Чему равен поток вектора напряженности через каждую грань куба?

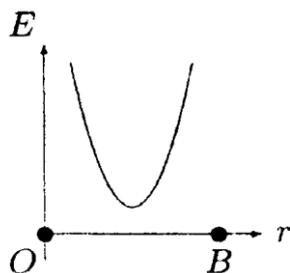


- 5.2.6. По тонкому кольцу радиусом $r = 8,0 \text{ см}$ равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 10 \text{ нКл/м}$. Используя принцип суперпозиции, определите напряженность электростатического поля E в точке O , равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $l = 10 \text{ см}$.



- 5.2.7. Бесконечная плоскость равномерно заряжена с поверхностной плотностью заряда $+\sigma$. Справа от плоскости и параллельно ей расположен бесконечно большой слой заряда толщиной d , равномерно заряженный с объемной плотностью заряда $+\rho$. Все заряды неподвижны. Используя теорему Гаусса и учитывая симметрию поля слоя заряда относительно плоскости mn , найдите напряженность поля E на расстоянии $d/2$ от плоскости.

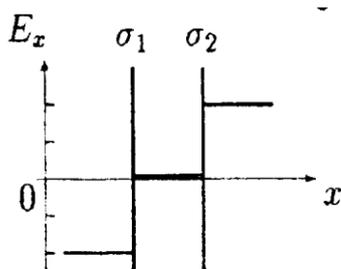
5.3 Вариант 3



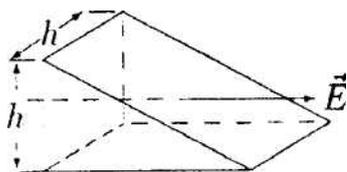
- 5.3.1. На некотором расстоянии друг от друга в точках O и B находятся два одинаковых по модулю точечных заряда. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля между зарядами $E(r)$. Определите знаки зарядов.

- 5.3.2. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 7 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -14 \cdot 10^{-9}$ Кл равно 5,0 см. Найдите напряженность электростатического поля в точке, находящейся на расстоянии 3,0 см от положительного заряда и 4,0 см от отрицательного.

- 5.3.3. С какой силой, приходящейся на единицу площади, отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно протяженные плоскости с одинаковой поверхностной плотностью заряда $\sigma = -2,0$ мкКл/м²?

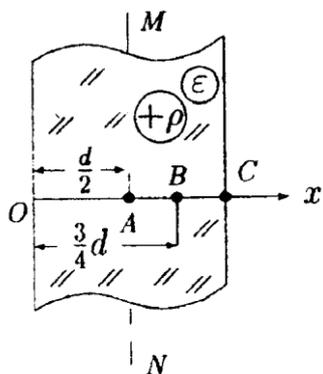


- 5.3.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

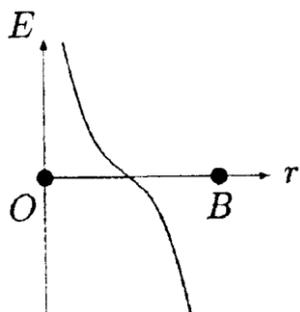


- 5.3.5. Сравните входящий и выходящий потоки вектора напряженности E однородного электростатического поля через замкнутую поверхность прямой трехгранной призмы. Передняя грань призмы перпендикулярна E и имеет размеры $h \times h$, а нижняя - параллельна E .

- 5.3.6. По поверхности диска радиусом $R = 1,0$ см равномерно распределен заряд $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля E в точке, расположенной на перпендикуляре к диску на расстоянии $h = 1,0$ см от его центра.



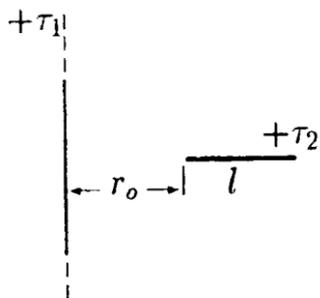
- 5.3.7. Лист стекла толщиной d с диэлектрической проницаемостью ϵ равномерно заряжен с объемной плотностью заряда $+\rho$. Используя теорему Гаусса и учитывая симметрию поля слоя относительно плоскости MN , определите напряженность E и электрическое смещение D в точках A , B , C . Постройте графики зависимости $E(x)$ и $D(x)$, где x – расстояние от точки O .



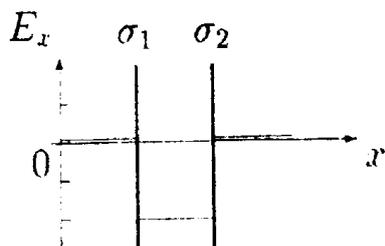
5.4 . Вариант 4

- 5.4.1. На некотором расстоянии друг от друга в точках O и B находятся два одинаковых по модулю точечных заряда. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E(r)$ между зарядами. Определите знаки зарядов.

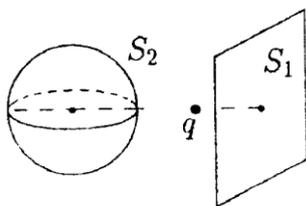
- 5.4.2. В вершинах квадрата со стороной a находятся одинаковые заряды $+q$. Какой заряд Q необходимо поместить в центре квадрата, чтобы вся система зарядов находилась в равновесии?



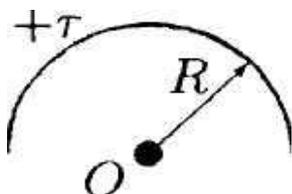
- 5.4.3. Бесконечная прямая нить, равномерно заряженная с линейной плотностью заряда $\tau_1 = +3,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$, и отрезок нити длиной $l = 20 \text{ см}$, равномерно заряженный с линейной плотностью заряда $\tau = +2,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$, расположены в одной плоскости перпендикулярно друг другу на расстоянии $r_0 = 10 \text{ см}$. Определите силу взаимодействия между ними.



- 5.4.4 На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_r(x)$, созданного двумя параллельными заряженными x бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



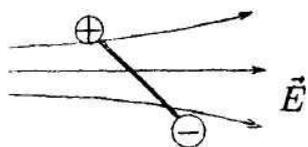
- 5.4.5. Вблизи точечного заряда q на равных расстояниях от него расположены, как показано на рисунке, две поверхности: плоская S_1 и сферическая S_2 . Сравните потоки вектора напряженности E электростатического поля, создаваемого зарядом q , через данные поверхности.



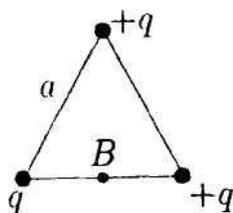
- 5.4.6. Тонкое полукольцо радиусом R равномерно заряжено с линейной плотностью заряда $+r$. Используя принцип суперпозиции, определите напряженность электростатического поля E в центре кривизны полукольца.

- 5.4.7. По поверхности длинной металлической трубки радиусом $R = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м равномерно распределен заряд. Напряженность электростатического поля E на расстоянии $a = 0,10$ м от оси трубки равна 100 В/м. Используя теорему Гаусса, найдите линейную и поверхностную плотность заряда трубки. Постройте график зависимости $E(r)$, где r - расстояние от оси трубки.

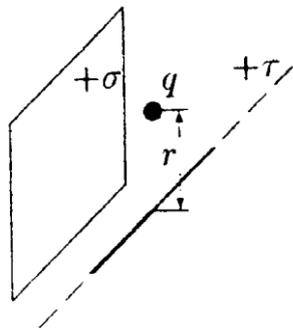
5.5 . Вариант 5



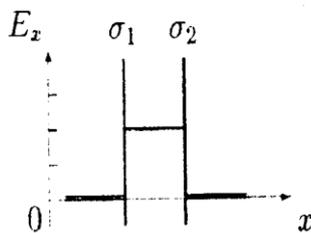
- 5.5.1. Что будет происходить с диполем, если его поместить в неоднородное электростатическое поле, как показано на рисунке?



- 5.5.2. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 0,2$ м помещены заряды $|q| = 2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Найдите напряженность электростатического поля в точке B , расположенной на середине стороны треугольника.



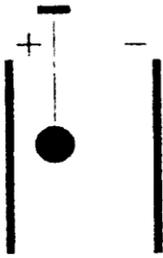
• 5.5.3. Электрическое поле создано бесконечной плоскостью, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 400$ нКл/м², и бесконечной прямой нитью, заряженной с линейной плотностью заряда $\tau = 100$ нКл/м. На расстоянии $r = 10$ см от нити находится точечный заряд $q = 10$ нКл. Определите величину и направление силы, действующей на заряд, если заряд и нить лежат в одной плоскости, параллельной заряженной плоскости.



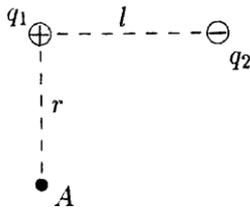
• 5.5.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

- 5.5.5. Прямоугольная плоская площадка со сторонами $a = 3,0$ см и $b = 2,0$ см находится на расстоянии $r = 1,0$ м от точечного заряда $q = 10$ мкКл. Площадка ориентирована так, что линии напряженности составляют угол $\alpha = 30^\circ$ с ее поверхностью. Найдите поток вектора напряженности \vec{E} через эту площадку.
- 5.5.6. Заряд $q = 10$ нКл равномерно распределен по дуге окружности, радиус которой $R = 1,0$ см, а угол раствора $\alpha = 2\pi/3$. Используя принцип суперпозиции, определите напряженность электростатического поля \vec{E} в центре кривизны дуги.
- 5.5.7. Металлическому шару сообщен заряд $q = -3,3 \cdot 10^{-8}$ Кл. Напряженность поля в точке, удаленной на расстояние $a = 10 \cdot 10^{-2}$ м от поверхности шара, равна $1,2 \cdot 10^{-5}$ В/м. Используя теорему Гаусса, определите радиус шара и построите график зависимости $E(r)$, где r - расстояние от центра шара.

5.6. Вариант 6

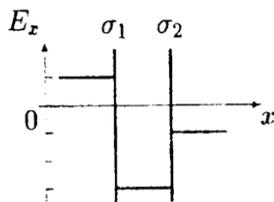


- 5.6.1. Между вертикально расположенными пластинами плоского конденсатора висит на длинной шелковой нити диэлектрический незаряженный шарик, причем к одной пластине он расположен ближе, чем к другой. Как должен вести себя этот шарик?



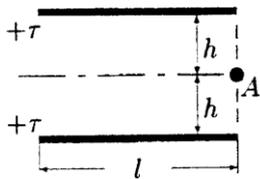
- 5.6.2. Заряды $q_1 = 10$ мкКл и $q_2 = -10$ мкКл находятся на расстоянии $l = 10$ см. Определите напряженность электростатического поля в точке A , лежащей на перпендикуляре к линии, соединяющей заряды, и удаленной от q_1 на расстояние $r = 10$ см.

5.6.3. Плоский конденсатор состоит из двух пластин, разделенных стеклом с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 6,0$. Какое давление испытывает стекло перед пробоем, если напряженность электрического поля перед пробоем $E = 30 \cdot 10^6$ В/м?

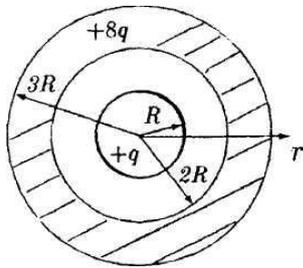


- 5.6.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными x бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

• 5.6.5. Плоская квадратная рамка со стороной $a = 10$ см находится на некотором расстоянии от бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда $\sigma = +1,0$ мкКл/м². Поверхность рамки составляет угол $\beta = 30^\circ$ с линиями напряженности поля, созданного плоскостью. Найдите поток вектора электрического смещения Φ_D через плоскость рамки.



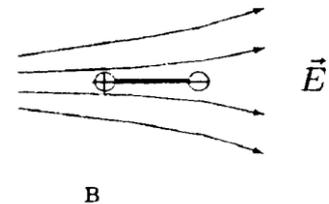
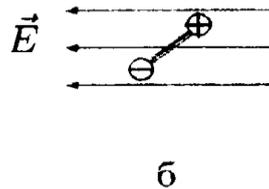
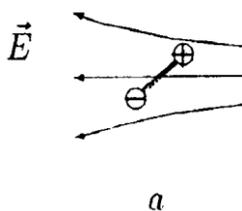
- 5.6.6. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля E , которое создают в точке A параллельные равномерно заряженные с линейной плотностью заряда $\tau = 1,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м тонкие нити длиной $l = 0,50$ м. Точка A находится в одной плоскости с нитями и удалена от каждой нити на расстояние $h = 0,20$ м.



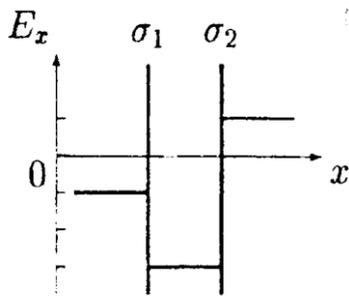
- 5.6.7. Металлический шар радиусом R помещен в сферическую концентрическую полость радиусом $2R$ другого металлического шара, радиус которого равен $3R$. Заряд большого шара $+8q$, малого шара $+q$. Постройте график зависимости напряженности электростатического поля E от r , где r - расстояние от центра шаров. Для нахождения зависимости $E(r)$ используйте теорему Гаусса.

5.7 Вариант 7

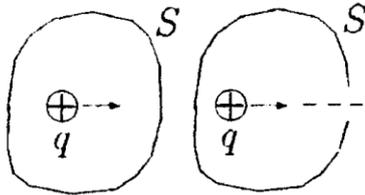
- 5.7.1. Как будет вести себя диполь в каждом из электростатических полей, изображенных на рисунках а, б, в?



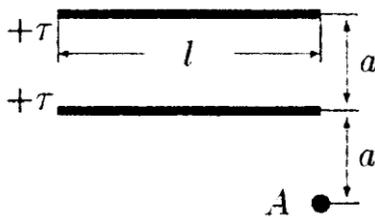
- 5.7.2. Определите напряженность электростатического поля в центре шестиугольника со стороной a , в вершинах которого расположены: а) равные заряды одного знака; б) заряды равные по модулю, но чередующиеся по знаку.
- 5.7.3. Пластины плоского конденсатора площадью $1,0 \cdot 10^{-2}$ м² каждая притягиваются с силой $1,2 \cdot 10^{-2}$ Н. Пространство между пластинами заполнено диэлектриком с $\epsilon = 2,0$. Определите: а) модуль вектора электрического смещения $|\vec{D}|$; б) заряд каждой пластины.



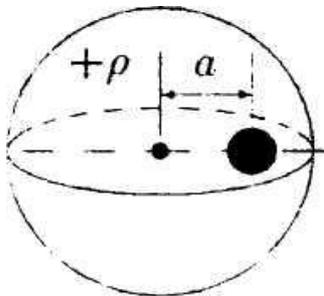
5.7.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



• 5.7.5. Изменится ли поток Φ_E вектора напряженности электростатического поля точечного заряда q через поверхность S , если заряд привести в движение, в направлении, указанном на рисунке? Заряд находится: а) внутри замкнутой поверхности; б) внутри незамкнутой поверхности. Площади поверхностей равны.



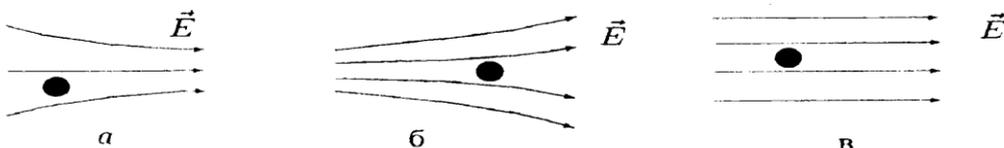
• 5.7.6. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля E , которое создают в точке A параллельные равномерно заряженные с линейной плотностью заряда $\tau = 2,0 \cdot 10^{-12}$ Кл тонкие нити длиной $l = 1,0$ м. Точка A находится, в одной плоскости с нитями и удалена от концов нитей на расстояния $2a$ и a , как показано на рисунке ($a = 0,40$ м).



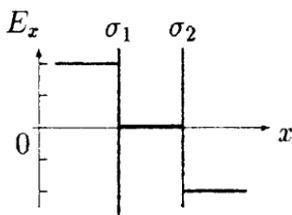
• 5.7.7. В шаре, равномерно заряженном с объемной плотностью заряда $+\rho$, вырезана сферическая полость. Найдите напряженность электростатического поля внутри полости, если центр ее удален на расстояние a от центра шара. Для нахождения поля используйте теорему Гаусса.

5.8. Вариант 8

5.8.1. Как будет вести себя незаряженный шар в каждом из электростатических полей, изображенных на рисунках а, б, в?

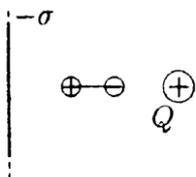


- 5.8.2. Два равных по величине заряда $|q_1| = |q_2| = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл расположены в вершинах острых углов равнобедренного прямоугольного треугольника на расстоянии $l = 2,0$ см. Определите, с какой силой оба заряда действуют на третий заряд $q_3 = +1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, находящийся в вершине прямого угла треугольника. Рассмотрите случаи, когда первые два заряда: а) одноименные; б) разноименные. Ответ поясните рисунками.
- 5.8.3. Три тонкие металлические пластины, расположенные параллельно друг другу, имеют заряды q , $2q$ и $-3q$. Расстояние между пластинами равно d , площадь каждой S . Определите силу, действующую на среднюю пластину, если d много меньше линейных размеров пластин.



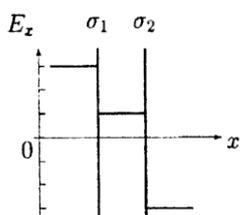
- 5.8.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?
- 5.8.5. В центре сферы радиусом $R = 20$ см находится точечный заряд $Q = 10$ нКл. Определите поток вектора напряженности электростатического поля Φ_E через часть сферической поверхности площадью $S = 20$ см².
- 5.8.6. На тонкой пластинке, имеющей форму кольца с внутренним радиусом r и внешним R , равномерно распределен заряд q . Используя принцип суперпозиции, найдите зависимость напряженности электростатического поля $E(x)$ вдоль оси кольца, где x — расстояние от центра кольца. Постройте график зависимости $E(x)$. Анализируя зависимость $E(x)$, получите выражение для напряженности поля в случаях, когда а) $r = 0$ (диск); б) $r \approx R$ (кольцо).
- 5.8.7. Две длинные тонкостенные коаксиальные трубки радиусами $R_1 = 2,0$ см и $R_2 = 4,0$ см равномерно заряжены с линейными плотностями зарядов соответственно $r_1 = +1,0$ нКл/м и $r_2 = -0,5$ нКл/м. В пространстве между трубками — воздух. Определите напряженность электростатического поля в точках, находящихся на расстояниях 1,0 см, 3,0 см и 5,0 см от оси. Постройте график зависимости $E_c(r)$, где r — расстояние от оси трубок.

5.9 . Вариант 9



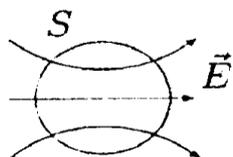
- 5.9.1. Между точечным зарядом $+Q$ и бесконечной пластиной, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда $-\sigma$, находится диполь. В каком направлении он будет двигаться?

- 5.9.2. Три одинаковых положительных заряда величиной q каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной a . Какой отрицательный заряд Q надо поместить в центре треугольника, чтобы система из четырех зарядов находилась в равновесии?
- 5.9.3. Электростатическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью. Протон, двигаясь под действием этого поля от точки, находящейся на расстоянии $x_1 = 1,0$ см от нити, до точки $x_2 = 4,0$ см, изменил свою скорость от $2,0 \cdot 10^5$ до $3,0 \cdot 10^6$ м/с. Найдите линейную плотность заряда нити τ . Масса протона $m = 6,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

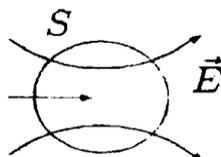


- 5.9.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

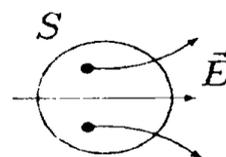
- 5.9.5. На рисунках изображены линии напряженности электростатических полей. Определите знаки потоков векторов напряженности Φ_E через замкнутые поверхности S , сечения которых показаны на рисунках $a, б, в$



a

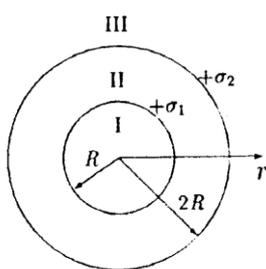


б



в

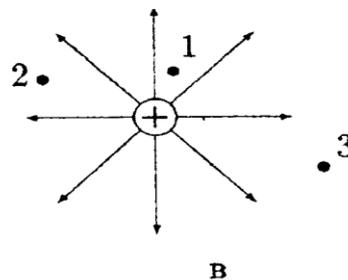
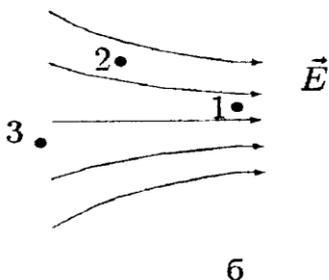
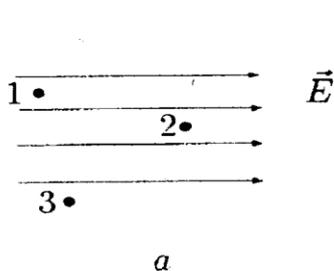
- 5.9.6. По дуге, длина которой равна $\frac{2}{3}$ длины окружности радиусом $R = 10$ см, равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 0,2$ мкКл/м. Используя принцип суперпозиции, определите напряженность электростатического поля \vec{E} в центре кривизны дуги.



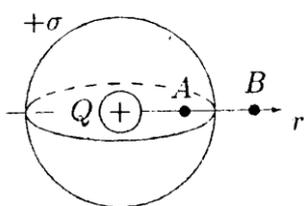
•5.9.7. На двух концентрических сферах радиусами R и $2R$ равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями $\sigma_1=4\sigma$ и $\sigma_2=\sigma$, где $\sigma = +30$ нКл/м². Используя теорему Гаусса, найдите зависимость напряженности электростатического поля E от расстояния r для трех областей I, II, III (r - расстояние от центра сфер).

•5.10. Вариант 10

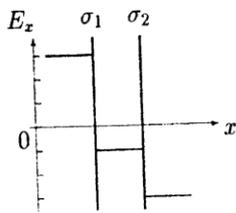
•5.10.1. На рисунках *a)*, *б)*, *в)* показаны линии напряженности электростатических полей. Сравните величины напряженности в точках 1, 2, 3.



• 5.10.2. Два шарика массой $m = 1,0$ г каждый подвешены на нитях, верхние концы которых соединены вместе. Длина каждой нити $l = 1,0$ см. Какие одинаковые заряды необходимо сообщить шарикам, чтобы нити разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$?

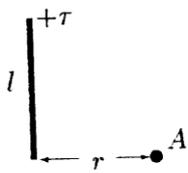


•5.10.3. Точечный заряд $Q = +3,0 \cdot 10^{-5}$ Кл, находится в центре сферы радиусом $R = 20$ см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = +2,0 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Найдите силу, действующую на заряд $q = +2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, который последовательно помещают сначала в точку *A*, а затем в точку *B*. Точка *A* находится на расстоянии $r_A = 16$ см от центра сферы, а точка *B* на расстоянии $r_B = 30$ см. Изобразите графически зависимость $E(r)$, где r - расстояние от центра сферы.

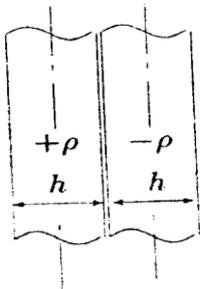


- 5.10.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

5.10.5. Равномерно заряженную плоскость с поверхностной плотностью заряда $a = +10$ нКл/м² пересекает сфера, центр которой лежит на плоскости. Поток вектора напряженности поля E через сферу $\Phi_E = 3,2$ Вм. Определите радиус сферы.

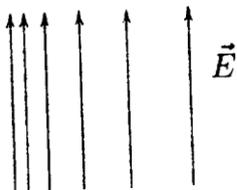


- 5.10.6. Тонкий стержень длиной $l = 10$ см заряжен с линейной плотностью заряда $\tau = 400$ нКл/м. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля E в точке A , которая удалена от конца стержня на расстояние $r = 8,0$ см перпендикулярно стержню.



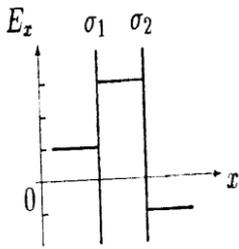
- 5.10.7. Две бесконечные пластины толщиной h заряжены равномерно по объему и сложены вместе. Объемная плотность заряда первой пластины $+p$, а второй $-p$. Используя теорему Гаусса и учитывая симметрию поля каждой пластины относительно ее центральной плоскости, найдите максимальную напряженность E суммарного электростатического поля пластин.

5.11. Вариант 11



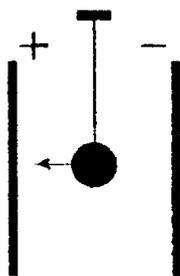
- 5.11.1. Возможно ли существование электростатического поля, изображенного на рисунке?

- 5.11.2. В вершинах шестиугольника со стороной $a = 10$ см расположены точечные заряды $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$ ($q = 0,10$ мкКл). Найдите силу, действующую на точечный заряд q , лежащий в плоскости шестиугольника и равноудаленный от его вершин.
- 5.11.3. Два взаимно перпендикулярных бесконечных провода, равномерно заряженных с линейными плотностями заряда τ_1 и τ_2 , находятся на расстоянии a друг от друга. Как зависит сила взаимодействия проводников от расстояния между ними?



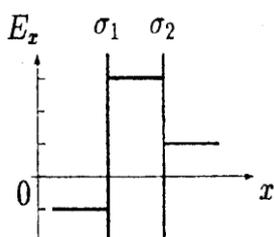
- 5.11.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?
- 5.11.5. Бесконечно длинный цилиндр радиусом $R = 0,10$ м равномерно заряжен с поверхностной плотностью заряда $a = +1,0 \cdot 10^{-10}$ Кл/м². Определите поток вектора напряженности E через коаксиальную цилиндрическую поверхность единичной длины, если радиус этой цилиндрической поверхности: а) $r < R$; б) $r > R$.
- 5.11.6. Тонкое кольцо радиусом R равномерно заряжено с линейной плотностью заряда τ . Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля: а) в центре кольца; б) в точке, расположенной на оси кольца на расстоянии h от его центра.
- 5.11.7. Шаровому проводнику радиусом R_1 сообщили заряд Q . Используя теорему Гаусса, получите выражение для расчета напряженности E и смещения D электростатического поля, созданного этим зарядом, если проводник окружен прилегающим к нему концентрическим слоем однородного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ и внешним радиусом R_2 . Нарисуйте линии напряженности и электрического смещения. Постройте графики зависимости $E(r)$ и $D(r)$, где r - расстояние от центра шара.

5.12. Вариант 12

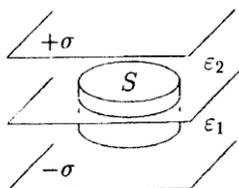


- 5.12.1. Между двумя разноименно заряженными пластинами с равными по модулю зарядами помещен незаряженный металлический легкий шарик на шелковой нити, как показано на рисунке. Что будет происходить с шариком, если его привести в движение в направлении, указанном стрелкой?

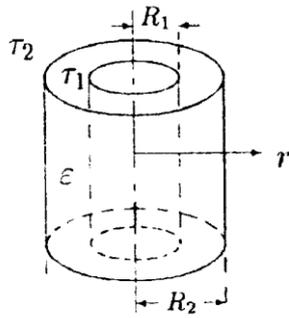
- 5.12.2. Два одинаковых положительных заряда $q_1 = q_2 = +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл расположены на расстоянии $l = 2,0 \cdot 10^{-10}$ м друг от друга. Вдоль перпендикуляра, проходящего через середину отрезка, соединяющего эти заряды, движется электрон. В какой точке этого перпендикуляра сила взаимодействия электрона и системы неподвижных зарядов максимальна?
- 5.12.3. Между пластинами плоского воздушного конденсатора находится точечный заряд $q = 30$ нКл. Поле конденсатора действует на заряд с силой $F = 10$ мН. Определите силу взаимного притяжения пластин, если площадь каждой пластины $S = 100$ см².



- 5.12.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



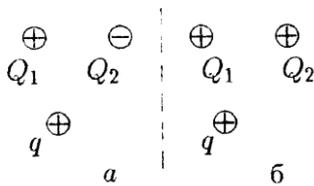
- 5.12.5. Пластины плоского конденсатора равномерно заряжены с поверхностной плотностью заряда $|\sigma| = 200$ нКл/м². Пространство между пластинами заполнено двумя слоями диэлектрика с относительными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_1 = 3,0$ и $\epsilon_2 = 5,0$. Найдите поток вектора электрического смещения D и поток вектора напряженности E через цилиндр с площадью основания $S = 10$ см².



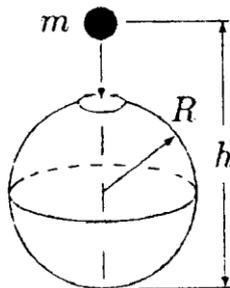
- 5.12.6. Две длинные тонкостенные коаксиальные трубки радиусами R_1 и R_2 равномерно заряжены с линейными плотностями зарядов $+r_1$ и $+r_2$. Используя принцип суперпозиции, найдите зависимость напряженности электростатического поля $E(r)$, где r - расстояние от оси трубок.

- 5.12.7. Шар радиусом R равномерно заряжен с объемной плотностью заряда $+p$. Используя теорему Гаусса, найдите зависимость напряженности электростатического поля E и электрического смещения D от расстояния r , отсчитываемого от центра сферы. Постройте графики зависимости $E(r)$ и $D(r)$. Диэлектрическая проницаемость шара равна ϵ .

5.13. Вариант 13

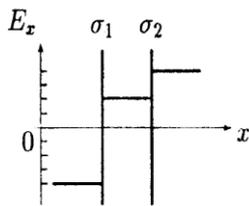


- 5.13.1. В поле, созданном двумя точечными зарядами Q_1 и Q_2 , может свободно перемещаться пробный заряд q . Укажите направление движения пробного заряда в случаях a и b , изображенных на рисунке.



- 5.13.2. В сферический металлический сосуд радиусом R , в верхней части которого имеется небольшое отверстие, с высоты h падают заряженные капельки ртути. Масса каждой капли m , заряд Q . Каким будет номер n последней капли, которая еще может попасть в сосуд? Сопротивлением воздуха и напряженностью поля Земли пренебрегите.

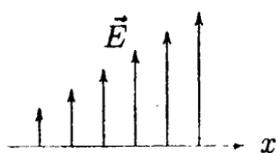
- 5.13.3. Точечный заряд $q = 25$ нКл находится в поле, созданном прямым бесконечным цилиндром радиусом $R = 1,0$ см, равномерно заряженным с поверхностной плотностью заряда $\sigma = +0,20$ нКл/см². Определите силу, действующую на заряд, если заряд находится на расстоянии $r = -10$ см от оси цилиндра.



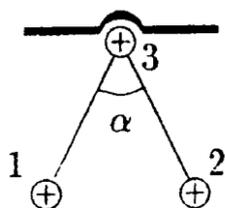
- 5.13.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

- 5.13.5. Точечный заряд находится в центре сферической поверхности. Изменится ли поток вектора напряженности электростатического поля, если сферу заменить кубом того же объема?
- 5.13.6. На тонком полукольце радиусом $R = 20$ см равномерно распределен заряд $Q_1 = 2,0 \cdot 10^{-6}$ Кл. Используя принцип суперпозиции, определите силу, действующую на точечный заряд $Q_2 = 4,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, расположенный в центре кривизны полукольца.
- 5.13.7. Стекланный шаровой слой равномерно заряжен по объему с объемной плотностью заряда $+r$. Внутренний радиус шарового слоя R_1 , наружный — R_2 . Используя теорему Гаусса, найдите зависимость напряженности E и электрического смещения D от расстояния r , от считываемого от центра шара. Постройте графики зависимости $E(r)$ и $D(r)$. Диэлектрическая проницаемость стекла равна ϵ .

5.14 • Вариант 14

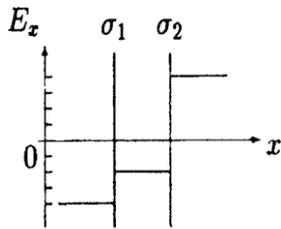


- 5.14.1. Возможно ли существование такого электростатического поля, вектор напряженности которого во всех точках вдоль оси x имеет одинаковое направление, а его модуль изменяется по линейному закону?



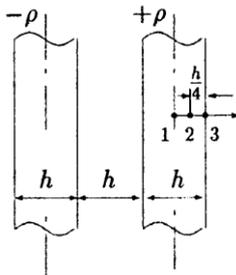
- 5.14.2. Два одинаковых заряженных шарика массой m подвешены в одной точке на нитях длиной l каждая. В точке подвеса находится третий шарик, заряженный так же, как и первые два. Вычислите заряд шариков, если угол между нитями в положении равновесия равен α .

- 5.14.3. Металлический шар имеет заряд $q_1 = 0,20$ мкКл. Вдоль силовой линии поля, создаваемого шаром, расположена равномерно заряженная нить так, что ближний конец ее удален от поверхности шара на расстояние, равное радиусу шара. По нити распределен заряд $q_2 = 5,0$ нКл. Длина нити равна радиусу шара. Определите силу, действующую на нить, если радиус шара $R = 20$ см.



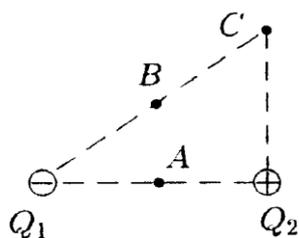
- 5.14.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?

- 5.14.5. Поверхностная плотность заряда на бесконечной равномерно заряженной плоскости равна $3,0 \cdot 10^{-10}$ Кл/м². Вычислите поток вектора напряженности электростатического поля E через поверхность сферы диаметром 1,0 м, рассекаемой этой плоскостью пополам.
- 5.14.6. Тонкий стержень длиной $l = 0,5$ м равномерно заряжен с линейной плотностью заряда $m = 1,0 \cdot 10^{-6}$ Кл/м. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 0,1$ м от стержня и равноудаленной от его концов. Как изменится напряженность поля, если: 1) $a \ll l$; 2) $a \gg l$?



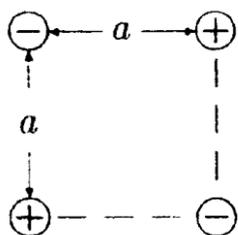
- 5.14.7. Расстояние между разноименно заряженными пластинами и толщина пластин равны h . Объемная плотность заряда пластин равна ρ . Используя теорему Гаусса и учитывая симметрию поля каждой пластины относительно ее центральной плоскости, найдите напряженность электростатического поля в точках 1, 2, 3.

5.15 . Вариант 15

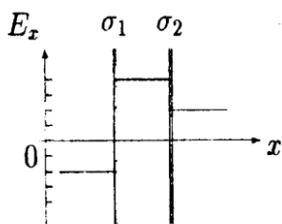


5.15.1. Поле создается равными по модулю зарядами $|Q_1| = |Q_2|$, расположенными в углах прямоугольного треугольника. Укажите направления векторов напряженности электростатического поля в точках A , B , C (точки A и B лежат на середине сторон треугольника). Сравните модули результирующих векторов напряженности в указанных точках.

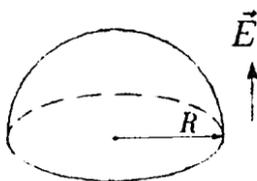
- 5.15.2. Два одинаковых положительных точечных заряда $q_1 = q_2 = q$ находятся на расстоянии $2l = 10$ см друг от друга. Найдите на прямой, являющейся осью симметрии этих зарядов, точку, в которой напряженность электростатического поля будет максимальной.



- 5.15.3. На рисунке показаны поперечные сечения тонких бесконечных равномерно заряженных стержней, параллельных друг другу. Линейная плотность заряда на стержнях одинакова и равна $|r| = 2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл/м. Определите силу взаимодействия между стержнями на единицу длины. Расстояние между стержнями $a = 2,0$ м.

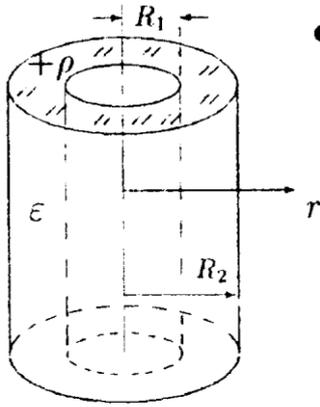


- 5.15.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



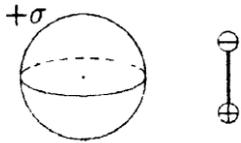
- 5.15.5. Полусфера радиусом R находится в однородном электростатическом поле, напряженность которого равна E . Определите поток вектора напряженности Φ_E через полусферу.

- 5.15.6. На оси заряженного проволочного кольца симметрично относительно его центра расположены два точечных заряда q . Если заряды поместить в точках, отстоящих от центра кольца на расстояниях, равных его радиусу, то система оказывается в равновесии. Чему равен заряд кольца? Будет ли равновесие устойчивым? Для расчета напряженности электростатического поля кольца используйте принцип суперпозиции.



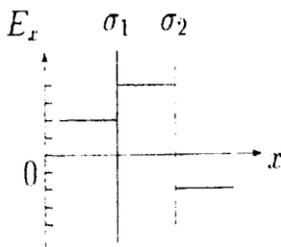
• 5.15.7. Полый стеклянный цилиндр равномерно заряжен с объемной плотностью заряда $+ρ$. Внешний радиус цилиндра равен R_2 , внутренний — R_1 . Используя теорему Гаусса, найдите зависимость напряженности E и электрического смещения D от расстояния r от оси цилиндра. Постройте графики зависимостей $E(r)$ и $D(r)$. Диэлектрическая проницаемость стекла равна $ε$.

5.16. Вариант 16



• 5.16.1. Электрический диполь помещен в поле, созданное сферой равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда $+σ$. Что будет происходить с диполем? Как изменится сила взаимодействия, если этот же заряд равномерно распределить по всему объему сферы?

- 5.16.2. Три одинаковых заряда величиной $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл каждый расположены в вершинах прямоугольного треугольника, имеющего катеты: $a = 40$ см и $b = 30$ см. Найдите напряженность электростатического поля, создаваемого всеми зарядами в точке пересечения гипотенузы с перпендикуляром, опущенным на нее из вершины прямого угла.
- 5.16.3. Две одинаковые круглые пластины площадью $S = 400$ см² каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины $Q_1 = 400$ нКл. другой $Q_2 = -200$ нКл. Определите силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними: а) $r_1 = 3,0$ мм; б) $r_2 = 9,0$ м.



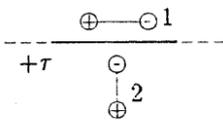
• 5.16.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$. созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов $σ_1$ и $σ_2$ на этих пластинах по знаку и по модулю?

- 5.16.5. Укажите, в каких из представленных случаев поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность не равен нулю: а) в области, ограниченной замкнутой поверхностью, находится элек-

трический диполь; б) поверхность охватывает часть заряженной нити; в) поверхность расположена внутри заряженного проводника.

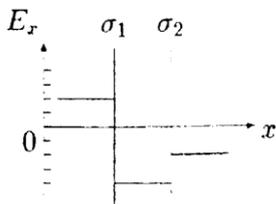
- 5.16.6. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля в центре круга, на который опирается полусфера радиусом R , равномерно заряженная с поверхностной плотностью заряда α .
- 5.16.7. Бесконечно длинный цилиндр радиусом R равномерно заряжен по объему с объемной плотностью заряда $+p$. Используя теорему Гаусса, найдите зависимость напряженности электростатического поля E от расстояния r от оси цилиндра. Постройте график зависимости $E(r)$. Диэлектрическая проницаемость материала цилиндра равна ϵ .

5.17 Вариант 17

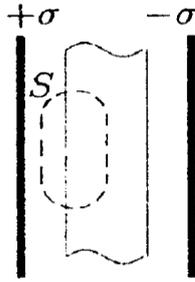


- 5.17.1. Что будет происходить с диполями 1 и 2, помещенными в поле бесконечной нити, равномерно заряженной с линейной плотностью заряда $+r$?

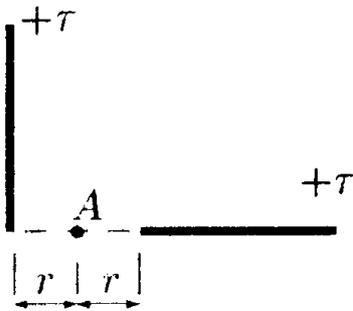
- 5.17.2. Два заряда $q_1 = +4,5q$ и $q_2 = -0,5q$ находятся на расстоянии $l = 10$ см. Третий заряд, модуль которого $|q_3| = q$, может перемещаться вдоль прямой, проходящей через заряды q_1 и q_2 . Определите положение заряда q_3 , при котором он будет находиться в равновесии. При каком знаке заряда равновесие будет устойчивым?
- 5.17.3. С какой силой (на единицу длины) взаимодействуют две бесконечно длинные параллельные нити, равномерно заряженные с одинаковой линейной плотностью заряда $r = +20$ мкКл/м находящиеся на расстоянии $r = 10$ см друг от друга?



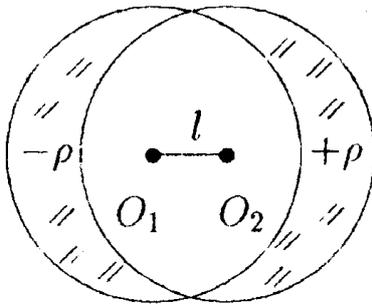
- 5.17.4. На рисунке показано распределение напряженности электростатического поля $E_x(x)$, созданного двумя параллельными заряженными бесконечными пластинами, вдоль направления x . Как различаются поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2 на этих пластинах по знаку и по модулю?



- 5.17.5. В зазор между разноименно заряженными плоскостями ввели пластину из диэлектрика, не имеющую свободных зарядов. Пунктиром на рисунке показана воображаемая замкнутая поверхность S , частично проходящая внутри диэлектрика, частично вне сто. Чему равен поток вектора электрического смещения D через эту поверхность?

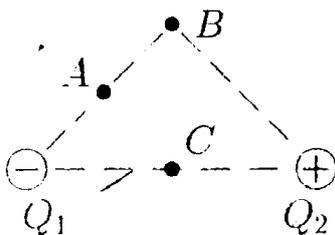


- 5.17.6. Два прямых тонких стержня длиной 1.0 м каждый заряжены с линейной плотностью $\tau = 3,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м. Стержни расположены перпендикулярно друг к другу. Используя принцип суперпозиции, найдите напряженность электростатического поля в точке A , удаленной от концов стержней, как показано на рисунке, на расстояние $r = 0,5$ м.

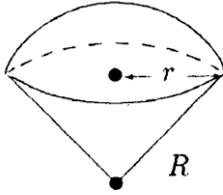


- 5.17.7. При пересечении двух шаров радиусами R , центры которых находятся на расстоянии l друг от друга, образуются два "полумесяца", равномерно заряженных с объемными плотностями зарядов $-ρ$ и $+ρ$. Докажите, что электростатическое поле в области пересечения шаров однородно. Найдите напряженность этого поля.

5.18, Вариант 18



- 5.18.1. Поле создается равными по модулю зарядами Q_1 и Q_2 , расположенными в вершинах равностороннего треугольника. Укажите направление векторов напряженности электростатического поля в точках A , B , C . Точки A и C расположены на середине сторон треугольника. Сравните модули результирующих векторов напряженности в указанных точках.



- 5.18.6. Используя принцип суперпозиции, докажите, что напряженность электростатического поля равномерно заряженного сферического сегмента в центре его кривизны

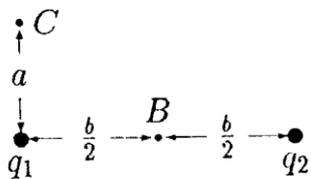
$$E = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi r^2}{R^2},$$

где σ - поверхностная плотность заряда сегмента, r - радиус круга в основании сегмента, R - радиус сферы, из которой вырезан сегмент.

- 5.18.7. Две длинные тонкие проводящие нити расположены параллельно друг другу на расстоянии $d = 16$ см. Нити равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью заряда $|r| = 150$ мкКл/м. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность электростатического поля в точке, удаленной на расстояние $a = 10$ см от каждой нити.

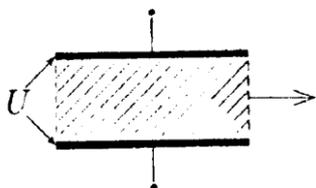
6. Тема: Потенциал. Работа. Энергия электрического поля

6.1 Вариант 1



- 6.1.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1.0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 3,0$ см, $b = 4,0$ см, $q_1 = 3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = -3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл.

- 6.1.2. Около заряженной бесконечно протяженной плоскости находится точечный заряд $q = 0,66$ нКл. Заряд перемещается по линии напряженности поля на расстояние $l = 2,0$ см. При этом совершается работа $A = 5,0 \cdot 10^{-7}$ Дж. Найдите поверхностную плотность заряда σ на плоскости.



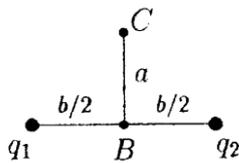
- 6.1.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть диэлектрик из плоского конденсатора, если напряжение на пластинах поддерживается постоянным и равным $U = 500$ В. Площадь пластин $S = 50$ см², расстояние между пластинами $d = 0,50$ см, а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,0$.
- 6.1.4. На какое расстояние r могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью $V = 1.0 \cdot 10^7$ м/с?
- 6.1.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид

$$\varphi = \varphi_0 \left[\left(\frac{x}{X_0} \right)^2 + \left(\frac{y}{Y_0} \right)^2 \right],$$

где $\varphi_0 = 1000$ В, $X_0 = 4,0$ м, $Y_0 = 9,0$ м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линии и найдите напряженность электростатического поля E в точке C с координатами $x_c = 2,0$ м, $y_c = 6,0$ м.

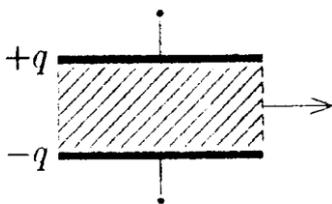
- 6.1.6. Металлический шар радиусом $R_1 = 2,0$ см имеет заряд $q_1 = 2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Шар окружен concentрической металлической оболочкой радиусом $R_2 = 5,0$ см, равномерно заряженной зарядом $q_2 = -4,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Найдите напряженность электрического поля E и его потенциал φ на расстояниях $r_1 = 1,5$ см, $r_2 = 3,0$ см и $r_3 = 7,0$ см от центра шара.
- 6.1.7. Обкладки конденсатора с неизвестной емкостью C_1 , заряженного до напряжения $U_1 = 80$ В, соединяют с обкладками конденсатора емкостью $C_2 = 60$ мкФ, заряженного до напряжения $U_2 = 16$ В. Определите емкость C_1 , если напряжение на конденсаторах после их соединения $U = 20$ В. Конденсаторы соединяются обкладками, имеющими: а) одноименные заряды; б) разноименные заряды.

6.2. Вариант 2



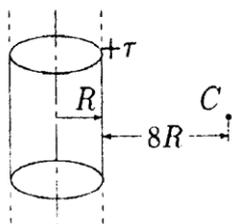
- 6.2.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 10$ см, $b = 20$ см, $q_1 = 3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл.

- 6.2.2. Какая работа A совершается при перенесении точечного заряда $q = 20$ нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $\Delta r = 1,0$ см от поверхности шара радиусом $R = 1,0$ см с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10$ мкКл/м².

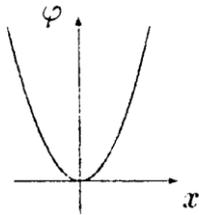


- 6.2.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть диэлектрик из плоского конденсатора, если заряд на пластинах поддерживается постоянным и равным $q = 6,0$ мкКл. Площадь пластин $S = 100$ см², расстояние между пластинами $d = 0,3$ см. а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,0$.

- 6.2.4. С поверхности бесконечного равномерно заряженного прямого цилиндра с линейной плотностью заряда $r = 50$ нКл/м вылетает α -частица с нулевой начальной скоростью. Определите кинетическую энергию α -частицы в точке C , находящейся на расстоянии $8R$ от поверхности цилиндра, где R - радиус цилиндра, ($q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_\alpha = 6,67 \cdot 10^{-27}$ кг.)



- 6.2.5. Потенциал электрического поля имеет вид:

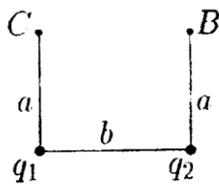


$$\varphi = \varphi_0 \left[\frac{x}{X_0} \right]^2,$$

где $\varphi_0 = 1000$ В, $X_0 = 2,0$ м. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x и изобразите ее на графике.

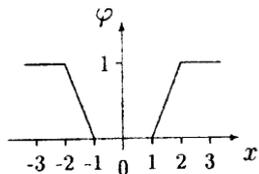
- 6.2.6. Металлический шар радиусом $R_1 = 3,0$ см, имеет заряд $q_1 = -20$ нКл, окружен концентрически расположенной сферой радиусом $R_2 = 5,0$ см, равномерно заряженной по поверхности зарядом $q_2 = 40$ нКл. Найдите напряженность электрического поля E и потенциал φ на расстояниях $r_1 = 2,0$ см, $r_2 = 4,0$ см и $r_3 = 6,0$ см.
- 6.2.7. Как нужно соединить конденсаторы с емкостями $C_1 = 2,0$ пФ, $C_2 = 4,0$ пФ и $C_3 = 6,0$ пФ, чтобы получить систему с емкостью $C = 3,0$ пФ?

6.3 . Вариант 3



- 6.3.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 2,0$ нКл из точки C в точку B , если $a = 4,0$ см, $b = 3,0$ см, $q_1 = 3,0$ нКл, $q_2 = 6,0$ нКл.
- 6.3.2. На расстоянии $r_1 = 4,0$ см от бесконечно длинной заряженной нити находится точечный заряд $q = 0,66$ нКл. Под действием поля заряд приближается к нити до расстояния $r_2 = 2,0$ см. При этом совершается работа $A = 50 \cdot 10^{-7}$ Дж. Найдите линейную плотность заряда r на нити.
- 6.3.3. Найдите работу A , которую нужно затратить, чтобы увеличить расстояние x между пластинами плоского воздушного конденсатора, заряженного разноименными зарядами $Q = 0,2$ мкКл, на величину $\Delta x = 0,2$ мм. Площадь каждой из пластин конденсатора $S = 400$ см².

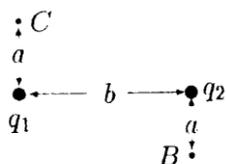
- 6.3.4. При радиоактивном распаде из ядра атома полония вылетает α -частица со скоростью $V = 1,6 \cdot 10^{-7}$ м/с. Найдите разность потенциалов электрического поля U , в котором можно разогнать покоящуюся α -частицу до такой скорости. ($q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_\alpha = 6,67 \cdot 10^{-27}$ кг.)



- 6.3.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от координаты x имеет вид, показанный на рисунке. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x и изобразите ее на графике.

- 6.3.6. Электростатическое поле создано длинным цилиндром радиусом $R = 1,0$ см, равномерно заряженным с линейной плотностью $r = 20$ нКл/м. Определите разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии $a_1 = 0,5$ см и $a_2 = 2,0$ см от поверхности цилиндра, в средней его части.
- 6.3.7. Заряженный шар 1 радиусом $R_1 = 2,0$ см приводится в соприкосновение с незаряженным шаром 2, радиус которого $R_2 = 3,0$ см. После того как шары разъединили, заряд шара 2 оказался равным $q_2 = 3,0$ мкКл. Какой заряд q_1 был на шаре 1 до соприкосновения с шаром 2?

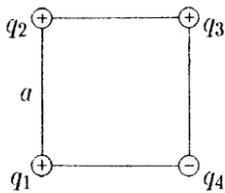
6.4, Вариант 4



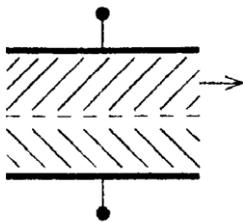
- 6.4.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 6,0$ см, $b = 8,0$ см, $q_1 = 6,0 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -12 \cdot 10^{-9}$ Кл.
- 6.4.2. На расстоянии $r_1 = 10$ см от центра равномерно заряженной по поверхности сферы радиусом $R = 1,0$ см находится точечный заряд $q = 1,0$ нКл. Под действием электрического поля сферы заряд q перемещается в точку, находящуюся на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. При этом совершается работа $A = 3,0 \cdot 10^{-7}$ Дж. Найдите потенциал сферы φ .
- 6.4.3. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами плоского вакуумного конденсатора с площадью пластин $S = 100$ см² от расстояния $x_1 = 0,03$ м до расстояния $x_2 = 0,10$ м? Напряжение между пластинами конденсатора постоянно и равно $U = 220$ В.

- 6.4.4. На тонком кольце радиусом $R = 0,10$ м равномерно распределен заряд $q = 2,0$ мкКл. Какую наименьшую скорость V необходимо сообщить находящемуся в центре кольца маленькому шарикку массой $m = 1,0$ мг с зарядом $q_0 = -3,0$ нКл. чтобы он мог удалиться от кольца в бесконечность?
- 6.4.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид $\varphi = E_0(x + y)$, где $E_0 = 1,0 \cdot 10^4$ В/м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность электрического поля E как функцию координат.
- 6.4.6. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 1,0$ см. К пластинам приложена разность потенциалов $U = 300$ В. В пространстве между пластинами находятся плоско-параллельная пластинка парафина ($\epsilon_{п} = 3,0$) толщиной $d_1 = 0,50$ см и плоско-параллельная пластинка стекла ($\epsilon_c = 9,0$) толщиной $d_2 = 0,50$ см. Найдите напряженности E_1 и E_2 электрического поля и падение потенциалов U_1 и U_2 в каждом слое.
- 6.4.7. Каким будет потенциал металлического шара радиусом $r = 3,0$ см, если сообщить ему заряд $q = 1,0$ нКл и окружить металлической сферой радиусом $R = 4,0$ см, соединенной с землей?

6.5 . Вариант 5



- 6.5.1. В вершинах квадрата со стороной $a = 5,0$ см находятся заряды: $q_1 = +10 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = +2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_3 = +3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_4 = -4,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно удалить заряд q_4 на бесконечность?
- 6.5.2. Шарик, заряженный до потенциала $\varphi = 792$ В, имеет поверхностную плотность заряда $\sigma = 333$ нКл/м². Найдите радиус шарика R .



- 6.5.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть одну половинку диэлектрика из плоского конденсатора, если напряжение между пластинами поддерживается постоянным и равным $U = 300$ В. Площадь пластин $S = 250$ см², расстояние между пластинами $d = 1,0$ см, а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 3,0$.

- 6.5.4. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью с линейной плотностью заряда $r = 0,2$ мкКл/м. Какую скорость V получит электрон под действием поля, приблизившись к нити с расстояния $r_1 = 1,0$ см до расстояния $r_2 = 0,5$ см?

- 6.5.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид

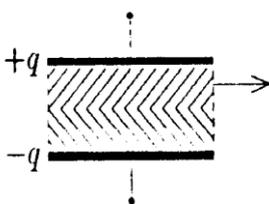
$$\varphi = \varphi_0 \left[\frac{x}{X_0} + \left(\frac{y}{Y_0} \right)^2 \right],$$

где $\varphi_0 = 1000$ В, $X_0 = 1,0$ м, $Y_0 = 4,0$ м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность поля E в точке C с координатами $x_c = 5,0$ м и $y_c = 2,0$ м.

- 6.5.6. Электрическое поле создано тонким стержнем равномерно заряженным с линейной плотностью заряда $r = 2,1$ мкКл/м. Определите потенциал поля в точке, удаленной от концов стержня на расстояние, равное длине стержня.
- 6.5.7. Конденсатор емкостью C_1 , заряженный до напряжения $U_1 = 100$ В, соединяется с конденсатором емкостью $C_2 = 2C_1$, заряженным до напряжения $U_2 = 200$ В, параллельно (положительная обкладка с положительной, отрицательная с отрицательной). Какое напряжение установится между обкладками?

6.6 . Вариант 6

- 6.6.1. Два точечных заряда $q_1 = 6,66$ нКл и $q_2 = 13,33$ нКл находятся на расстоянии $r_1 = 40$ см. Какую работу A надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния $r_2 = 25$ см?
- 6.6.2. Поверхностная плотность заряда металлической сферы $\sigma = 0,33$ мкКл/м². Потенциал сферы на расстоянии $\Delta r = 1,5$ см от поверхности равен $\varphi = 750$ В. Найдите радиус R сферы.



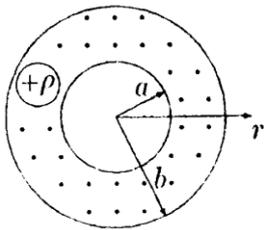
- 6.6.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть одну половинку диэлектрика из плоского конденсатора, если заряд на пластинах поддерживается постоянным и равным $q = 5,0$ мкКл. Площадь пластин $S = 50$ см², расстояние между пластинами $d = 0,3$ см, а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,0$.

- 6.6.4. Шарик массой $m = 0,2$ г и зарядом $q = +10$ нКл перемещается из точки 1, потенциал которой $\varphi_1 = 5,0 \cdot 10^3$ В, в точку 2, потенциал которой $\varphi_2 = 0$. Найдите скорость шарика в точке 1, если в точке 2 она стала равной $V_2 = 1$ м/с.

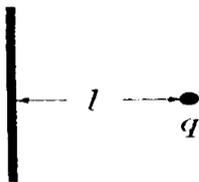
- 6.6.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид

$$\varphi = \varphi_0 \left[\left(\frac{x}{X_0} \right)^2 - \frac{y}{Y_0} \right],$$

где $\varphi_0 = 1000$ В, $X_0 = 2,0$ м, $Y_0 = 1,0$ м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность поля E в точке C с координатами $x_c = 1,0$ м, и $y_c = 2,0$ м.

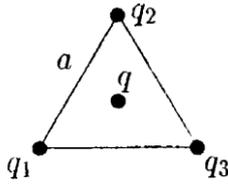


- 6.6.6. Имеется непроводящая оболочка сферической формы с одинаковой объемной плотностью заряда ρ . Найдите напряженность и потенциал поля на расстоянии r от центра. Изобразите на графике зависимости E и φ от r .



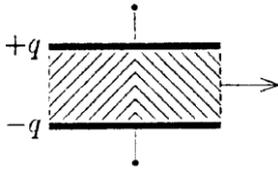
- 6.6.7. Точечный заряд $q = 100$ мкКл находится на расстоянии $l = 1,5$ см от проводящей плоскости. Найдите энергию взаимодействия этого заряда с зарядами, индуцированными на плоскости.

6.7. Вариант 7



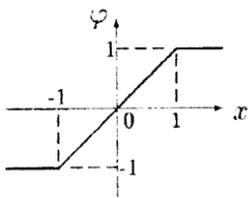
- 6.7.1. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 7,0$ см находятся заряды: $q_1 = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_3 = 6,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, а в центре - пробный заряд $q = 0,3 \cdot 10^{-9}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно удалить заряд q на бесконечность?

- 6.7.2. Найдите потенциал φ точки поля, находящейся на расстоянии $r = 10$ см от центра заряженного по поверхности шара радиусом $R = 1,0$ см, если потенциал шара $\varphi_0 = 300$ В.



- 6.7.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть одну половинку диэлектрика из плоского конденсатора, если заряд на пластинах поддерживается постоянным и равным $q = 10$ мкКл. Площадь пластин $S = 100$ см², расстояние между пластинами $d = 0,5$ см, а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\varepsilon = 2,0$.

- 6.7.4. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечной длинной нитью. Двигаясь под действием этого поля от точки, находящейся на расстоянии $r_1 = 1,0$ см от нити, до точки, находящейся на расстоянии $r_2 = 4,0$ см от нити, α -частица изменила свою скорость от $V_1 = 2 \cdot 10^5$ м/с до $V_2 = 3 \cdot 10^6$ м/с. Найдите линейную плотность заряда r на нити. ($q_a = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл. $m_\alpha = 6,67 \cdot 10^{-27}$ кг.)

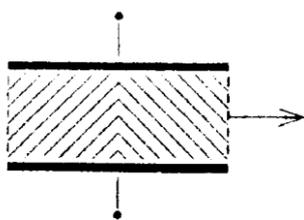
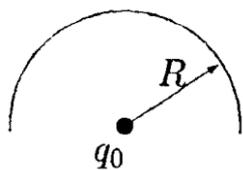
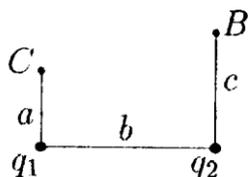


- 6.7.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от координаты x имеет вид, показанный на рисунке. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x и изобразите ее на графике.

- 6.7.6. Заряд Q равномерно распределен по объему шара радиусом R из непроводящего материала. Найдите напряженность поля и потенциал на расстоянии r от центра шара. Постройте графики зависимости E и φ от r . Диэлектрическая проницаемость шара $\varepsilon = 3,0$.

- 6.7.7. Конденсатор емкостью $C_1 = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U = 10$ В. Определите заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, не заряженный, конденсатор емкостью $C_2 = 20$ мкФ.

6.8. Вариант 8



- 6.8.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 3,0$ см, $b = 4,0$ см, $c = 6,0$ см, $q_1 = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -6,0 \cdot 10^{-9}$ Кл.
- 6.8.2. На тонком полукольце радиусом $R = 5$ см равномерно распределен заряд $q = 5$ мкКл. В центре полукольца находится пробный заряд $q_0 = -0,1$ мкКл. Какую работу надо совершить, чтобы удалить пробный заряд q_0 на бесконечность?
- 6.8.3. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы вынуть одну половинку диэлектрика из плоского конденсатора, если напряжение между пластинами поддерживается постоянным и равным $U = 200$ В. Площадь каждой пластины $S = 100$ см², расстояние между пластинами $d = 0,5$ см. а диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,0$.
- 6.8.4. Электрон летит от одной пластины плоского конденсатора до другой. Разность потенциалов между пластинами $U = 3,0$ кВ. а расстояние между ними $d = 5,0$ мм. Найдите скорость V , с которой электрон приходит ко второй пластине, и поверхностную плотность зарядов на пластинах σ . ($q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).
- 6.8.5. Зависимость потенциала электрического поля имеет вид

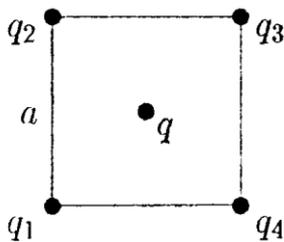
$$\varphi = \varphi_0 \left(\frac{R_0}{r} \right)^3,$$

где $\varphi_0 = 1000$ В, $R_0 = 1,0$ м. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от r и вычислите значение E при $r = 3,0$ м.

- 6.8.6. Металлический шар радиусом R_1 , заряженный до потенциала φ , окружают концентрической сферической проводящей оболочкой радиусом R_2 . Чему станет равен потенциал шара, если заземлить внешнюю оболочку?
- 6.8.7. Конденсатор емкостью $C_1 = 1,0$ мкФ выдерживает напряжение $U_1 = 6,0$ кВ, а конденсатор емкостью $C_2 = 2,0$ мкФ - не более $U_2 = 4,0$ кВ. Какое напряжение может выдержать система из этих двух конденсаторов при последовательном

соединении?

6.9 . Вариант 9

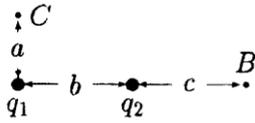


• 6.9.1. В вершинах квадрата со стороной $a = 5,0$ см находятся заряды: $q_1 = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = 2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_3 = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_4 = 4,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, а в центре - пробный заряд $q = 1,0 \cdot 10^{-10}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно удалить заряд q на бесконечность?

• 6.9.2. Параллельно бесконечно протяженной заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 20$ нКл/м² расположена бесконечно длинная заряженная нить с линейной плотностью заряда $r = 0,4$ нКл/м. Определите работу по перемещению нити (в расчете на единицу длины нити) вдоль силовых линий электрического поля плоскости на расстояние $\Delta x = 3,0$ см.

- 6.9.3. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора $S = 0,01$ м², а расстояние между ними $d = 5,0$ мм. Какая разность потенциалов U была приложена к пластинам, если известно, что при разряде конденсатора выделилось $Q = 4,19$ МДж тепла?
- 6.9.4. Два электрона в состоянии покоя помещены на расстоянии $a = 1,0$ см друг от друга. Затем, под действием сил взаимного отталкивания, они начинают двигаться. Определите предельную скорость V каждого электрона.
- 6.9.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид $\varphi = A(x^2 + y^2)$, где $A = 100$ В/м². Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность поля E в точке C с координатами $x_c = y_c = 2,0$ м.
- 6.9.6. Металлический шар радиусом $R_1 = 10$ см заряжен до потенциала $\varphi_1 = 300$ В. Каким станет потенциал этого шара φ после того, как его окружают сферической проводящей оболочкой радиусом $R_2 = 15$ см и соединят с ней проводником?
- 6.9.7. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: слой стекла толщиной $d_1 = 0,2$ см и слой парафина толщиной $d_2 = 0,3$ см. Разность потенциалов между обкладками $U = 300$ В. Найдите плотность энергии электрического поля в каждом слое. ($\epsilon_{ст} = 9,0$, $\epsilon_n = 3,0$).

6.10 . Вариант 10



- 6.10.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 3,0$ см, $b = c = 4,0$ см, $q_1 = 3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл.
- 6.10.2. Около заряженного по поверхности шара радиусом $R = 1,0$ см находится точечный заряд $q = 0,66$ нКл. При перемещении заряда q из точки D , расположенной на расстоянии $r_1 = 5,0$ см от центра шара, в точку B , расположенную на расстоянии $r_2 = 10$ см от центра шара, совершается работа $A = 1,0 \cdot 10^{-6}$ Дж. Найдите заряд шара Q и поверхностную плотность заряда на шаре σ .
- 6.10.3. Плоский конденсатор, заполненный жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3,0$, зарядили, затратив на это энергию $W_1 = 10$ мкДж. Затем конденсатор отсоединили от источника, слили из него диэлектрик и разрядили. Определите энергию W_2 , которая выделилась при разрядке.
- 6.10.4. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобретает скорость $V = 1,0 \cdot 10^6$ м/с. Расстояние между пластинами $d = 5,3$ мм. Найдите разность потенциалов U между пластинами и поверхностную плотность заряда σ на пластинах.
- 6.10.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид

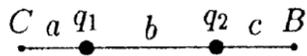
$$\varphi = -\varphi_0 \ln \left\{ \left(\frac{x}{X_0} \right)^2 + \left(\frac{y}{Y_0} \right)^2 \right\},$$

где $\varphi_0 = 100$ В, $X_0 = 1,0$ м, $Y_0 = 1,0$ м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность поля E в точке C с координатами $x_c = 3,0$ м, $y_c = 4,0$ м.

- 6.10.6. Радиус центральной жилы коаксиального кабеля $R_1 = 1,5$ см, радиус оболочки $R_2 = 3,5$ см. Между центральной жилой и оболочкой приложена разность потенциалов $U = 2,3$ кВ. Найдите напряженность электрического поля E на расстоянии $r = 2,0$ см от оси кабеля.
- 6.10.7. Найдите количество теплоты Q , которая выделяется при соединении одноименно заряженных обкладок конденсатора с емкостями $C_1 = 2,0$ мкФ и $C_2 = 0,5$ мкФ. Разности потенциалов между обкладками конденсаторов равны

соответственно $U_1 = 100$ В и $U_2 = 50$ В.

6.11. Вариант 11



- 6.11.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B, если $a = 3,0$ см, $b = 10$ см, $c = 6,0$ см, $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл

- 6.11.2. Какая работа A совершается при перенесении точечного заряда $q = 10$ нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $\Delta r = 2,0$ см от поверхности шара радиусом $R = 5,0$ см и потенциалом $\varphi_0 = 100$ В
- 6.11.3. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком и на его пластины подана некоторая разность потенциалов. Его энергия при этом $W = 70$ мкДж. После того как конденсатор отключили от источника напряжения, диэлектрик вынули из конденсатора. Найдите диэлектрическую проницаемость диэлектрика ε , если работа, которая была совершена против сил электрического поля, чтобы вынуть диэлектрик. $A = 20$ мкДж.
- 6.11.4. Электрическое поле образовано двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии $d = 2,0$ см друг от друга. К пластинам приложена разность потенциалов $U = 120$ В. Какую скорость получит электрон под действием поля, пройдя вдоль линии напряженности расстояние $\Delta x = 3,0$ мм?

- 6.11.5. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов, имеет вид

$$\varphi = \varphi_0 \left[\left(\frac{x}{X_0} \right)^2 + \left(\frac{y}{Y_0} \right)^2 \right]^{-3/2},$$

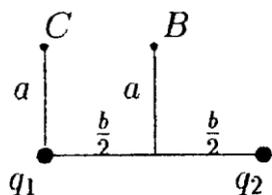
где $\varphi_0 = 100$ В, $X_0 = Y_0 = 1,0$ м. Изобразите примерный вид силовых и эквипотенциальных линий и найдите напряженность поля в точке C с координатами $x_c = y_c = 1,0$ м.

- 6.11.6. При нормальном давлении разряд в воздухе наступает при на-

пряженности электрического поля $E^* = 3,0$ МВ/м. До какого максимального потенциала φ_{max} можно зарядить шар диаметром $D = 1,0$ м?

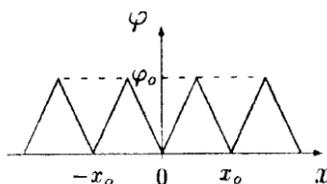
- 6.11.7. Точечный заряд $q = 3,0$ мкКл помещается в центре шарового слоя из однородного и изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3,0$. Внутренний радиус слоя $a = 2,5$ см, внешний $b = 5,0$ см. Найдите энергию W , заключенную в пределах диэлектрика.

6.12 . Вариант 12



- 6.12.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C в точку B , если $a = 30$ см, $b = 20$ см, $q_1 = 3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл.

- 6.12.2. На расстоянии $r_1 = 4,0$ см от бесконечно длинной заряженной нити с линейной плотностью заряда $r = 6,0$ мкКл/м находится точечный заряд $q = 0,33$ нКл. Найдите работу электрических сил при перемещении заряда в точку, находящуюся на расстоянии $r_2 = 8,0$ см от нити.
- 6.12.3. Сферическая оболочка радиусом $R_1 = 5,0$ см, равномерно заряженная зарядом $q = 20$ нКл, расширилась под действием электрических сил до радиуса $R_2 = 10$ см. Найдите работу электрических сил в процессе этого расширения.
- 6.12.4. Вакуумный цилиндрический конденсатор имеет радиус внутреннего цилиндра $R_1 = 1,5$ см и радиус внешнего цилиндра $R_2 = 3,5$ см. Между цилиндрами приложена, разность потенциалов $U = 2,3$ кВ. Какую скорость V получит электрон под действием поля этого конденсатора, двигаясь с расстояния $r_1 = 2,5$ см до расстояния $r_2 = 2,0$ см от оси цилиндра?

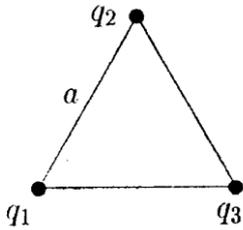


- 6.12.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от координаты x имеет вид, показанный на рисунке. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x и изобразите ее на графике.

- 6.12.6. Тонкие стержни образуют квадрат со стороной a . На каждом стержне равномерно распределен заряд с линейной плотностью $r = 1,33$ нКл/м. Найдите потенциал φ в центре квадрата.
- 6.12.7. Конденсатор емкостью $C_1 = 1,0$ мкФ, предварительно заряженный до напряжения $U = 300$ В, подключили параллельно к незаряженному

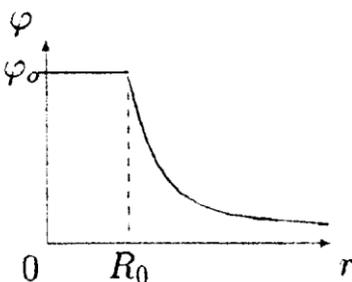
конденсатору емкостью $C_2 = 2,0$ мкФ. Найдите приращение электрической энергии этой системы ΔW к моменту установления равновесия.

6.13. Вариант 13



- 6.13.1. В вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 4,0$ см находятся заряды: $q_1 = 1,0 \cdot 10^{-10}$ Кл, $q_2 = 2,0 \cdot 10^{-10}$ Кл, и $q_3 = -3,0 \cdot 10^{-10}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы медленно удалить заряд q_3 на бесконечность?

- 6.13.2. Две параллельные бесконечно длинные заряженные нити с линейной плотностью заряда $r_1 = 7,0$ нКл/м и $r_2 = 14,0$ нКл/м находятся на расстоянии $r_1 = 8,0$ см друг от друга. Какую работу на единицу длины нити необходимо затратить, чтобы раздвинуть их до расстояния $r_2 = 24$ см?
- 6.13.3. Пространство между обкладками сферического конденсатора за полноено маслом. Радиус внутренней сферической обкладки конденсатора $r_1 = 0,5$ см, а внешней $r_2 = 1,0$ см. Напряжение на конденсаторе $U = 170$ В. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы удалить масло из конденсатора, если конденсатор отключен от источника питания.
- 6.13.4. Электрон движется вдоль силовых линий однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В электрон имел скорость $V_1 = 6,0 \cdot 10^6$ м/с. Определите потенциал φ_2 точки поля, долетев до которой электрон потеряет половину своей скорости.



- 6.13.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от расстояния r имеет вид

$$\varphi(r) = \begin{cases} \varphi_0, & \text{если } r < R_0 \\ \varphi_0 \frac{R_0}{r}, & \text{если } r \geq R_0, \end{cases}$$

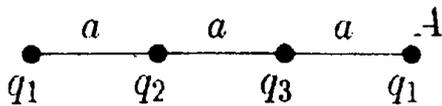
где $\varphi_0 = 100$ В, $R_0 = 1,0$ м. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от r , изобразите ее на графике и вычислите значение E при $r = 3,0$ м.

- 6.13.6. Расстояние между пластинами плоского воздушного конденсатора $d = 5,0$ мм, а напряжение между ними $U = 6,0$ кВ. Найдите как изменится напряжение при увеличении расстояния между пластинами

конденсатора на $\Delta d = 3,0$ мм. если источник напряжения перед раздвижением пластин отключается.

- 6.13.7. Диэлектрический шар радиусом $R = 1,0$ см равномерно заряжен по объему зарядом $Q = 0,3$ мкКл. Шар находится в вакууме. Найдите энергию электрического поля, заключенную в пределах шара, и сравните ее с полной энергией шара. Диэлектрическая проницаемость шара $\varepsilon = 2,0$.

6.14 . Вариант 14



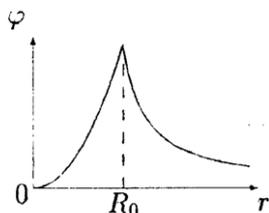
Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-10}$ Кл из точки C на бесконечность, если $a = 2,0$ см, $q_1 = 2q_2 = q_3 = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл.

- 6.14.2. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда $r = 200$ пКл/м. Определите работу, которую необходимо затратить, чтобы удалить точечный заряд $q = -3,0$ нКл из точки пересечения диагоналей на бесконечность.
- 6.14.3. Пространство между обкладками сферического конденсатора заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью

$\varepsilon = 3,0$. Радиус внутренней сферической обкладки конденсатора $R_1 = 2,0$ см, а внешней $R_2 = 3,0$ см. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы удалить диэлектрик из конденсатора, если заряд на его обкладках поддерживается постоянным и равным $q = 0,5$ мкКл.

6.14.4. В однородное электрическое поле напряженностью $E = 200$ В/м влетает (вдоль силовой линии) электрон со скоростью $V_0 = 2,0 \cdot 10^6$ м/с. Определите расстояние l , которое пройдет электрон до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.

- 6.14.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от расстояния r имеет вид

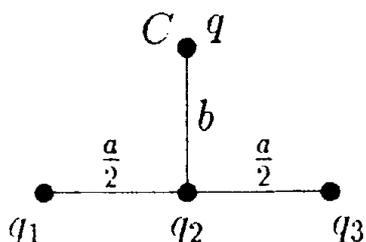


$$\varphi(r) = \begin{cases} \varphi_0 \left(\frac{r}{R_0}\right)^2, & \text{если } r < R_0 \\ \varphi_0 \frac{R_0}{r}, & \text{если } r \geq R_0, \end{cases}$$

где $\varphi_0 = 1000 \text{ В}$, $R_0 = 1,0 \text{ м}$. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от r , изобразите ее на графике и вычислите значение E при $r = 0,5 \text{ м}$ и $r = 1,5 \text{ м}$.

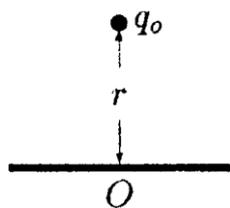
- 6.14.6. Внутри тонкостенной металлической сферы радиусом $R = 20 \text{ см}$ concentrically помещен металлический шар радиусом $r = 10 \text{ см}$. Шар через отверстие в сфере соединен с Землей при помощи очень тонкого длинного проводника. На внешнюю сферу помещают заряд $Q = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Определите потенциал φ этой сферы.
- 6.14.7. В плоский конденсатор вдвинули пластинку парафина толщиной $d = 1,0 \text{ см}$, которая вплотную прилегает к пластинам конденсатора. Диэлектрическая проницаемость парафина $\varepsilon = 2,0$. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами конденсатора, чтобы получить прежнюю емкость?

• 6.15, Вариант 15



- 6.15.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ из точки C на бесконечность, если $a = 4,0 \text{ см}$, $b = 2,0 \text{ см}$, $q_1 = q_3 = -3,3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 6,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$.

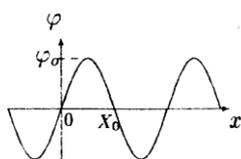
- 6.15.2. На тонком стержне длиной $l = 20 \text{ см}$ равномерно распределен заряд $q = 0,10 \text{ мкКл}$. На расстоянии $r = 30 \text{ см}$ от центра стержня в направлении перпендикулярном его оси находится точечный заряд $q_0 = -5,0 \text{ нКл}$. Найдите работу A , которую необходимо затратить, чтобы удалить заряд q_0 на бесконечность.



- 6.15.3. Пространство между обкладками цилиндрического конденсатора

заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3,0$. Радиус внутренней цилиндрической обкладки конденсатора $R_1 = 1,0$ см, а внешней $R_2 = 1,5$ см. Длина конденсатора $l = 5,0$ см. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы удалить диэлектрик из конденсатора, если напряжение между обкладками поддерживается постоянным и равным $U = 100$ В.

- 6.15.4. Электрон с энергией $W = 400$ эВ (на бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом $R = 10$ см. Определите минимальное расстояние a , на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее $q = -10$ нКл.



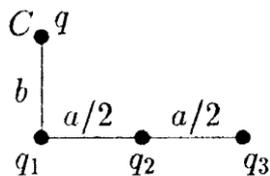
- 6.15.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от координаты x определяется выражением

$$\varphi = \varphi_0 \sin\left(\frac{\pi}{X_0} \cdot x\right),$$

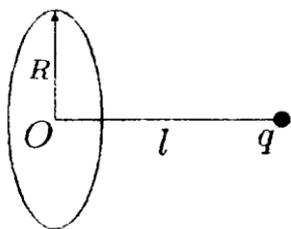
где $\varphi_0 = 1000$ В, $X_0 = 1,0$ м. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x , изобразите ее на графике и вычислите значение E при $x = 0$ и $x = 0,5$ м.

- 6.15.6. Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности заряда которых $\sigma_1 = 2,0$ мкКл/м² и $\sigma_2 = -0,80$ мкКл/м², находятся на расстоянии $d = 0,60$ см друг от друга. Определите разность потенциалов U между плоскостями.
- 6.15.7. Два металлических шарика радиусами $R_1 = 5,0$ см и $R_2 = 10$ см имеют заряды $Q_1 = 40$ нКл и $Q_2 = -20$ нКл соответственно. Найдите энергию W , которая выделится при разряде, если шары соединить проводником.

6.16 , Вариант 16



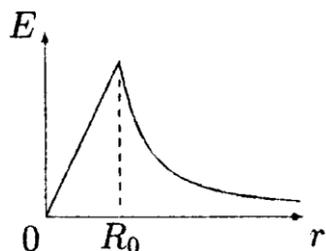
- 6.16.1. Определите работу электрических сил по переносу пробного заряда $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C на бесконечность, если $a = 6,0$ см, $b = 3,0$ см, $q_1 = q_2 = q_3 = -3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл.



- 6.16.2. На тонком кольце радиусом $R = 8,0$ см равномерно распределен заряд $Q = 3,0$ мкКл. На оси кольца на расстоянии $l = 12$ см от центра O находится точечный заряд $q = -0,1$ мкКл. Какую работу необходимо совершить, чтобы удалить заряд q на бесконечность?

- 6.16.3. Пространство между обкладками цилиндрического конденсатора заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2,0$. Радиус внутренней цилиндрической обкладки конденсатора $R_1 = 2,0$ см, а внешней $R_2 = 3,0$ см. Длина конденсатора $l = 10$ см. Найдите работу, которую нужно затратить, чтобы удалить диэлектрик из конденсатора, если он отключен от источника напряжения, а заряд на его обкладках $q = 10$ нКл.
- 6.16.4. Определите ускоряющую разность потенциалов U , которую должен пройти электрон в электрическом поле, чтобы его скорость возросла в два раза. Начальная скорость электрона $V_0 = 1,0 \cdot 10^6$ м/с.

- 6.16.5. Зависимость напряженности сферически-симметричного электрического поля E от расстояния задана выражением

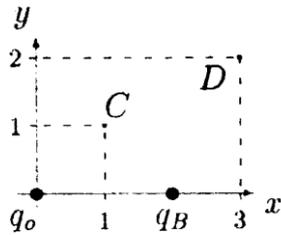


$$E(r) = \begin{cases} E_0 \frac{r}{R_0} , & \text{если } r \leq R_0 \\ E_0 \left(\frac{R_0}{r}\right)^2 , & \text{если } r > R_0, \end{cases}$$

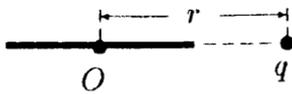
- где $E_0 = 1000$ В/м, $R_0 = 1,0$ м. Найдите зависимость потенциала электрического поля φ от r , изобразите ее на графике и вычислите значение φ при $r = 0,5$ м. Значение потенциала на бесконечности положить равным нулю.

- 6.16.6. Внутри полой тонкостенной сферы радиусом R находится сфера радиусом r . Сфере радиусом R сообщается заряд Q , а сфере радиусом r - заряд q . Определите потенциалы сфер.
- 6.16.7. На плоский воздушный конденсатор с толщиной воздушного слоя $d = 1,2$ см подается напряжение $U = 32$ кВ. Будет ли пробит конденсатор, если предельная напряженность электрического поля в воздухе $E^* = 30$ кВ/см?

6.17. Вариант 17

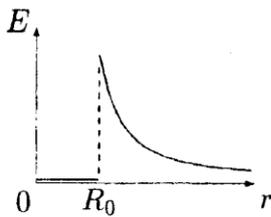


- 6.17.1. В плоскости xu в точке O с координатами $x_0 = 0, y_0 = 0$ находится заряд $q_0 = 3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, а в точке B с координатами $x_B = 2,0$ см, $y_B = 0$ заряд $q_B = -2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы перенести пробный заряд $d = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C с координатами $x_C = 1,0$ см, $y_C = 1,0$ см в точку D с координатами $x_D = 3,0$ см, $y_D = 2,0$ см?



- 6.17.2. На тонком стержне длиной $l = 10$ см равномерно распределен заряд $Q = 5,0$ нКл. На оси стержня на расстоянии $r = 30$ см от его центра находится точечный заряд $q = -0,5$ нКл. Найдите работу, которую необходимо затратить, чтобы удалить заряд q на бесконечность.

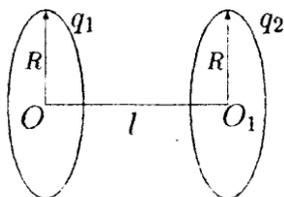
- 6.17.3. В центре сферической оболочки, на поверхности которой равномерно распределен заряд $Q = 5,0$ мкКл, расположен точечный заряд $q = 1,5$ мкКл. Найдите работу электрических сил при расширении оболочки - увеличении ее радиуса от $R_1 = 50$ мм до $R_2 = 100$ мм.
- 6.17.4. Три электрона в состоянии покоя помещены в вершинах правильного треугольника со стороной $a = 3,0$ см. Они начинают двигаться под действием сил взаимного отталкивания. Определите предельную скорость каждого электрона.



- 6.17.5. Зависимость напряженности сферически-симметричного электрического поля E задана выражением

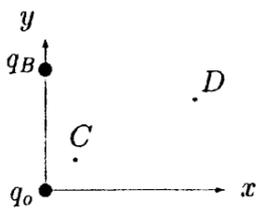
$$E(r) = \begin{cases} 0, & \text{если } r \leq R_0 \\ E_0 \left(\frac{R_0}{r}\right)^2, & \text{если } r > R_0, \end{cases}$$

где $E_0 = 100$ В/м, $R_0 = 0,1$ м. Найдите зависимость потенциала электрического поля φ от r , изобразите ее на графике и вычислите значение φ при $r = 0,2$ м. Значение потенциала на бесконечности положить равным нулю.

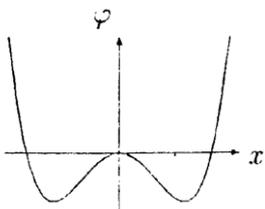


- 6.17.6. Имеются два заряженных тонких проволочных кольца радиусом $R = 30$ см каждое. Плоскости колец параллельны, а их центры лежат на одной оси на расстоянии $l = 52$ см. Заряды колец равны $q_1 = 0,4$ мкКл и $q_2 = -0,4$ мкКл. Найдите разность потенциалов φ между центрами колец.
- 6.17.7. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора $S = 12,5$ см², а расстояние между ними $d_1 = 5,0$ мм. Найдите изменение емкости конденсатора ΔC и энергии ΔW электрического поля при увеличении расстояния между пластинами до $d_2 = 10$ мм, если источник напряжения перед этим был отключен.

6.18 . Вариант 18



- 6.18.1. В плоскости xu в точке O с координатами $x_0 = 0, y_0 = 0$ находится заряд $q_0 = 6,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, а в точке B с координатами $x_B = 0, y_B = 4,0$ см заряд $q_B = -3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл. Какую работу нужно совершить, чтобы перенести пробный заряд $q = 1,0 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки C с координатами $x_C = 1,0$ см, $y_C = 1,0$ см в точку D с координатами $x_D = 3,0$ см, $y_D = 2,0$ см?
- 6.18.2. На расстоянии $r_1 = 1,0$ см от центра равномерно заряженного по поверхности бесконечно длинного цилиндра с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10$ мкКл/м² находится точечный заряд $q = 2,0$ нКл. Под действием сил электрического поля заряд q перемещается в точку, находящуюся на расстоянии $r_2 = 2,0$ см от оси цилиндра. При этом совершается работа $A = 8,0 \cdot 10^{-6}$ Дж. Найдите радиус цилиндра R .
- 6.18.3. Две концентрические сферические оболочки с радиусами $R_1 = 3,0$ см и $R_2 = 5,0$ см равномерно заряжены с поверхностными плотностями зарядов $\sigma_1 = -0,1$ мкКл/м² и $\sigma_2 = 0,1$ мкКл/м². Найдите работу электрических сил при расширении внешней оболочки (увеличении ее радиуса) на величину $\Delta R = 1,0$ см. Диэлектрическая проницаемость среды $\epsilon = 1,5$.
- 6.18.4. Пылинка массой $m = 5,0$ нг, имеющая заряд 10 электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов $U = 1,0$ МВ. Найдите приращение скорости пылинки.



- 6.18.5. Зависимость потенциала электрического поля φ от координаты x задана выражением

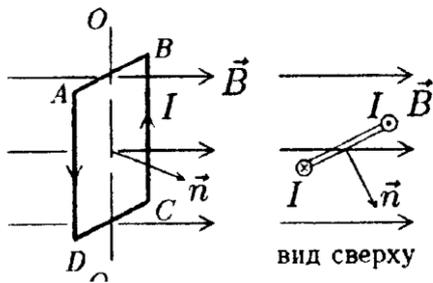
$$\varphi = \varphi_0 \left[-\left(\frac{x}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{x}{X_2}\right)^4 \right],$$

где $X_1 = 2,0$ м, $X_2 = 4,0$ м. Найдите зависимость напряженности электрического поля E от x , изобразите ее на графике и вычислите значение E при $x = \sqrt{2}$ м и $x = -\sqrt{2}$ м.

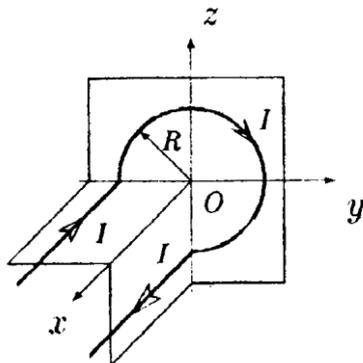
- 6.18.6. Металлический заряженный шарик помещен в центре толстого сферического слоя, изготовленного: а) из металла; б) из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,0$.
 1. Нарисуйте картины силовых линий внутри и вне сферического слоя.
 2. Изобразите графически зависимости напряженности поля и потенциала от расстояния, поместив начало координат в центре сферы.
- 6.18.7. Во сколько раз отличается объемная плотность энергии электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $x = 2,0$ см от поверхности заряженного шара радиусом $R = 1,0$ см, от объемной плотности энергии бесконечной плоскости? Поверхностная плотность зарядов на шаре и плоскости равны между собой.

7. Тема: Магнитное поле в вакууме 7.1.

Вариант 1



- 7.1.1. На рисунке показана прямоугольная рамка (контур) с током в однородном магнитном поле. Укажите направление: а) векторов сил Ампера, действующих на все стороны рамки; б) вектора вращающего момента рамки относительно оси OO .



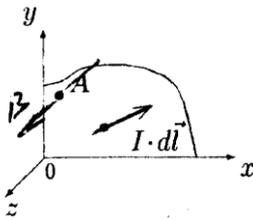
- 7.1.2. Найдите индукцию магнитного поля в точке O , если проводник с током I имеет вид, показанный на рисунке. Прямолинейные участки проводника очень длинные.

- 7.1.3. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии $d = 20$ см друг от друга, текут токи одинаковой силы $I = 400$ А. В двух проводах направление токов совпадает. Вычислите силу, действующую на единицу длины каждого провода.
- 7.1.4. По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной $a = 10$ см, течет ток $I = 100$ А. Найдите магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей квадрата.
- 7.1.5. По внутреннему проводнику диаметром $1,0$ мм коаксиального кабеля течет ток $5,0$ А, а по внешнему, диаметром 10 мм, течет ток в

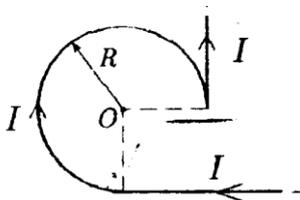
обратном направлении 10 А. Найдите индукцию магнитного поля B в точках на расстояниях $R_1 = 3,0$ мм, $R_2 = 10$ мм.

7.1.6. Равномерно заряженный диск вращается с угловой скоростью $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$. Радиус диска $R = 0,1$ м, поверхностная плотность заряда $\sigma = 10 \text{ Кл/м}^2$. Найдите индукцию магнитного поля на оси диска в точке, на расстоянии x от центра диска.

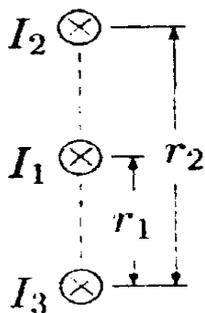
7.2 : Вариант 2



7.2.1. Укажите направление вектора индукции магнитного поля dB , созданного в точке A элементом тока Idl , если точка и элемент тока расположены в плоскости xOy .

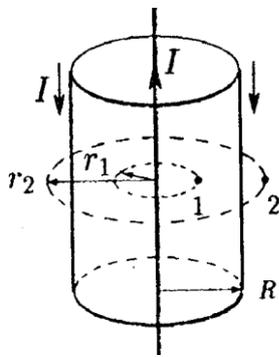


7.2.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, создаваемого током в точке O .

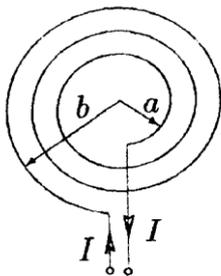


7.2.3. По двум длинным параллельным проводникам текут токи $I_1 = I_2 = 2000$ А в одном направлении. В одной плоскости с проводниками параллельно им закреплен отрезок прямого проводника длиной $l = 0,5$ м с током I_3 . Определите I_3 , если после снятия закрепления он начинает двигаться с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$. Масса проводника $m = 0,1$ кг. Он расположен на расстоянии $r_1 = 0,20$ м от одного и $r_2 = 0,40$ м от другого проводника.

7.2.4. По проводнику, согнутому в виде окружности, течет ток. Индукция магнитного поля в центре окружности равна 251,2 Тл. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определите индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей этого квадрата.

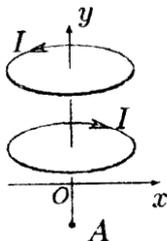


- 7.2.5. Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку радиусом $R = 10$ мм, вдоль оси которой расположен тонкий провод. Силы токов в трубке и проводе равны, направления противоположны. Определите магнитную индукцию в точках 1 и 2, удаленных соответственно на расстояния $r_1 = 5,0$ мм и $r_2 = 15$ мм от оси кабеля, если сила тока $I = 0,5$ А.

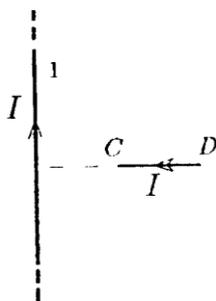


- 7.2.6. Тонкий провод (с изоляцией) образует плоскую спираль из большого числа N плотно расположенных витков, по которым течет постоянный ток I . Радиусы внутреннего и внешнего витков равны a и b . Найдите магнитную индукцию B в центре спирали.

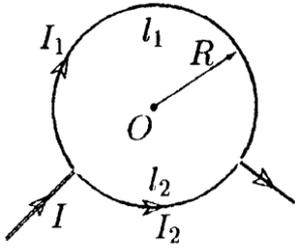
7.3. Вариант 3



- 7.3.1. Поле создано двумя круговыми токами, равными по величине. Осью симметрии круговых токов является ось y . Определите направление вектора индукции в точке A .

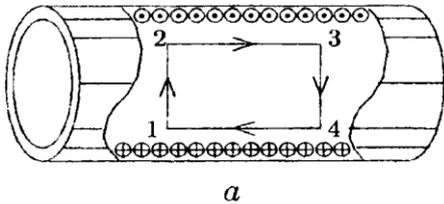


- 7.3.2. Возле бесконечного прямолинейного проводника 1 с током I расположен подвижный, прямолинейный конечной длины проводник CD так, что он лежит в плоскости, проходящей через проводник 1 и перпендикулярен ему. Что будет происходить с проводником CD , если по нему пропустить ток I в направлении, указанном стрелкой?
- 7.3.3. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи $I = 1000$ А. Определите силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

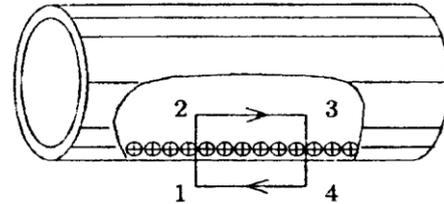


- 7.3.4. К тонкому однородному проволочному кольцу радиусом R подводят ток $I = 2,0$ А в направлении, указанном стрелками. Найдите индукцию магнитного поля в центре кольца, если подводящие провода, делящие кольцо на две дуги l_1 и l_2 , расположены радиально и имеют бесконечную длину.

7.3.5. По соленоиду длиной $l = 1,0$ м без сердечника, имеющему $N = 10^3$ витков, течет ток $I = 20$ А. Определите циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, изображенного на рисунке а) и б).



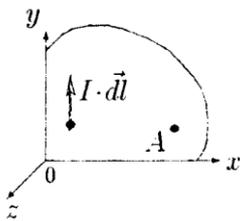
a



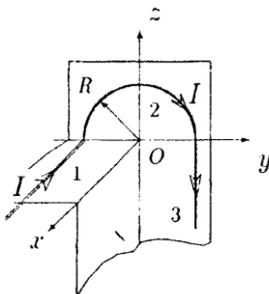
b

- 7.3.6. Под длинной горизонтальной шиной на двух одинаковых пружинах с жесткостью $k = 5,0 \cdot 10^{-3}$ Н/м подвешен прямой горизонтальный провод длиной 80 см, который может перемещаться в вертикальной плоскости. Расстояние от провода до шины в отсутствие токов равно 30 см. Найдите расстояние между шиной и проводом, если по шине идет ток $I_1 = 12$ А, а по проводу $I_2 = 5,0$ А и если токи антипараллельны.

7.4 . Вариант 4

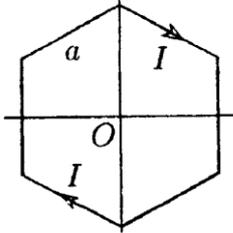


- 7.4.1. Укажите направление вектора индукции магнитного поля \vec{dB} , созданного в точке A элементом тока $I d\vec{l}$, если точка A и элемент тока $I d\vec{l}$ расположены в плоскости xOy .



- 7.4.2. Найдите индукцию магнитного поля в точке O , если проводник с током I имеет вид, показанный на рисунке. Прямолинейные участки проводника очень длинные.

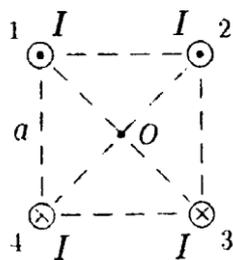
- 7.4.3. По длинному прямому проводнику M и параллельному ему отрезку проводника K длиной 60 см текут противоположно направленные токи $I = 100$ А. Проводник K закреплен на расстоянии $r_1 = 10$ см от проводника M . После открепления проводника K он переместился поступательно до $r_2 = 100$ см от проводника M . Определите работу перемещения проводника K .



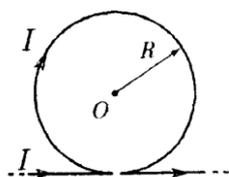
- 7.4.4. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной $a = 10$ см, идет ток $I = 20$ А. Определите магнитную индукцию в центре шестиугольника.

- 7.4.5. По бесконечно длинному прямому проводу радиусом r течет ток I . Ток распределен равномерно по сечению провода. Найдите индукцию магнитного поля внутри и вне провода, используя закон полного тока.
- 7.4.6. Тонкий диск, радиусом $R = 25$ см, сделан из диэлектрика и равномерно заряжен по поверхности. Заряд диска $Q = 5,0$ Кл. Диск вращается в воздухе вокруг оси, проходящей через его центр и перпендикулярной его плоскости, с постоянной угловой скоростью, делая $\nu = 5$ оборотов за секунду. Определите магнитную индукцию в центре диска.

7.5. Вариант 5



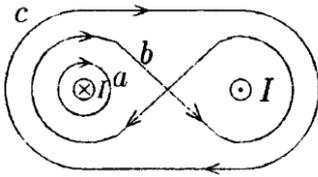
- 7.5.1. Четыре прямых бесконечных проводника с током I расположены на одинаковом расстоянии a друг от друга. Найдите направление вектора индукции магнитного поля, созданного токами, в точке O .



- 7.5.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O .

7.5.3. Проводник в виде тонкого полукольца радиусом $R = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 50$ мТл. По проводнику течет ток $I = 10$ А. Найдите силу F , действующую на проводник, если плоскость полукольца перпендикулярна линиям индукции.

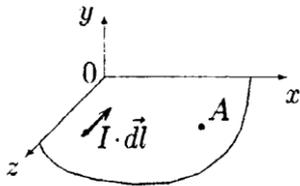
- 7.5.4. По контуру в виде равностороннего треугольника течет ток $I = 50$ А. Сторона треугольника $a = 20$ см. Определите магнитную индукцию B в центре треугольника.



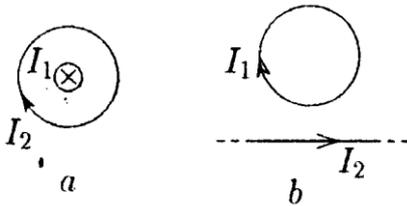
- 7.5.5. Определите циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контуров a , b , c , изображенных на рисунке, если в обоих проводах текут токи $8,0$ А.

- 7.5.6. По двум одинаковым квадратным плоским контурам со стороной $a = 20$ см текут токи $I = 10$ А в каждом. Определите силу F взаимодействия контуров, если расстояние d между соответствующими сторонами контуров равно $2,0$ мм.

7.6 . Вариант 6

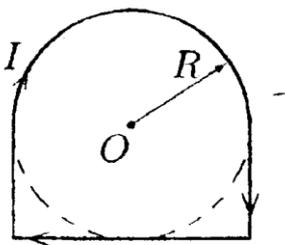


- 7.6.1. Укажите направление вектора индукции магнитного поля $d\vec{B}$, созданного в точке A элементом тока $I \cdot d\vec{l}$, если точка A и элемент тока расположены в плоскости xOz .

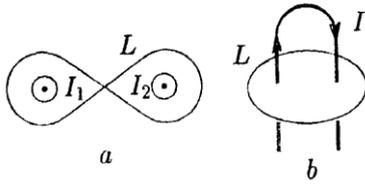


- 7.6.2. В каком случае изображенные на рисунке проводники с током не взаимодействуют друг с другом? Ответ обосновать.

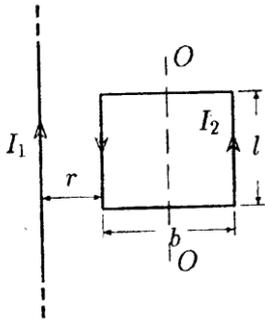
- 7.6.3. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток $I_1 = 5,0$ А. Под ним находится второй, параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1,0$ А. Расстояние между проводами $d = 1,0$ см. Какова должна быть площадь поперечного сечения второго провода, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным?



- 7.6.4. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток $I = 100$ А. Определите магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O . Радиус изогнутой части контура равен 20 см.

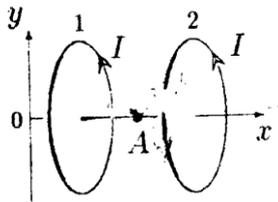


- 7.6.5. Определите циркуляцию вектора магнитной индукции B по контуру L для конфигурации токов, приведенных на рисунке. $I_1 = I = 10$ А, $I_2 = 5$ А.

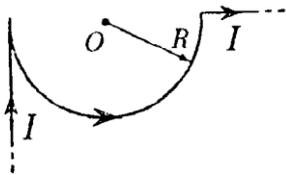


- 7.6.6. Прямой бесконечный ток $I_1 = 5,0$ А и прямоугольная рамка с током $I_2 = 3,0$ А расположены в одной плоскости так, что сторона рамки $l = 1,0$ м параллельна прямому току и отстоит от него на расстоянии $r = 0,1b$, где b - длина другой стороны рамки. Определите какую работу необходимо совершить для того, чтобы повернуть рамку на угол $\alpha = 90^\circ$ относительно оси OO' , параллельной прямому току и проходящей через середины противоположных сторон рамки b .

7.7. Вариант 7



- 7.7.1. Поле создано двумя круговыми токами, равными по величине. Определите направление вектора индукции в точке A , лежащей посередине между витками. Осью симметрии круговых токов является ось x .



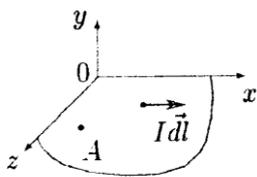
- 7.7.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O .

7.7.3. Виток радиусом $R = 20$ см, по которому течет ток $I = 50$ А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,256$ мкТл. Виток повернули относительно диаметра на угол $\varphi = 30^\circ$. Определите совершенную работу A .

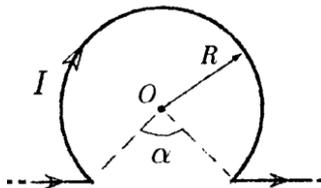
7.7.4. По проводнику, согнутому в виде прямоугольника со сторонами $a = 8,0$ см и $b = 12$ см, течет ток $I = 50$ А. Определите индукцию магнитного поля B в точке пересечения диагоналей прямоугольника.

- 7.7.5. Индукция магнитного поля B на оси тороида без сердечника равна $2,5 \cdot 10^{-3}$ Тл. Тороид содержит 314 витков, внутренний диаметр тороида 30 см, внешний - 40 см. Определите силу тока, протекающего через тороид.
- 7.7.6. Эбонитовый шар радиусом $R = 50$ мм заряжен при помощи трения равномерно распределенным поверхностным зарядом плотности $a = 1,0 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Шар приводится во вращение вокруг своей оси со скоростью 600 об/мин. Найдите магнитную индукцию B , возникающую в центре шара.

7.8 . Вариант 8



- 7.8.1. Укажите направление вектора индукции магнитного поля dB , созданного в точке A элементом тока Idl , если точка A и элемент тока Idl расположены в плоскости xOz .

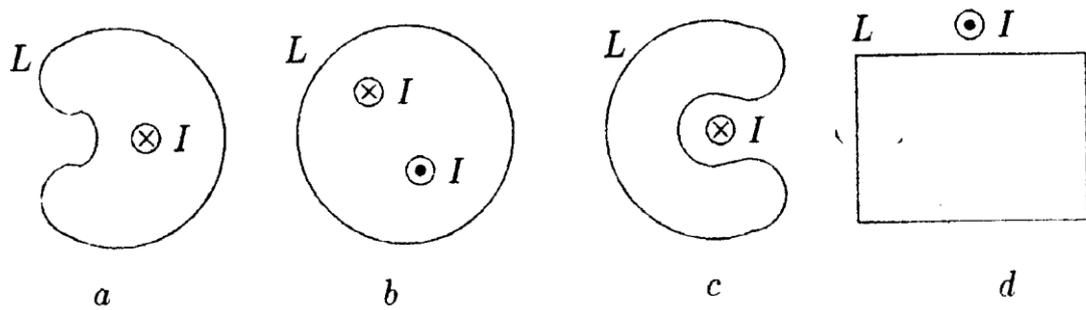


- 7.8.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O ($\alpha = 2\pi/3$).

- 7.8.3. Плоская рамка, состоящая из $N = 50$ витков тонкой проволоки, подвешена на бронзовой ленточке между полюсами электромагнита. При пропускании через рамку тока $I = 1,0$ А рамка повернулась на угол $\varphi = 15^\circ$. Определите индукцию магнитного поля в том месте, где находится рамка, если известно, что при закручивании ленточки на 1° возникает момент сил упругости, равный $M = 1,0 \cdot 10^{-5}$ Н·м. При отсутствии тока плоскость рамки составляла x направлением поля угол $\alpha = 30^\circ$, площадь рамки $S = 10$ см².

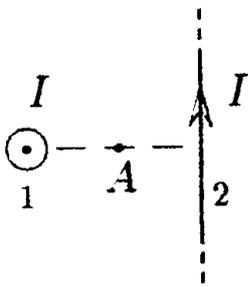
7.8.4. По двум длинным параллельным проводам текут токи в противоположных направлениях. Токи $I_1 = I_2 = I = 10$ А. Расстояние между проводами $d = 0,30$ м. Определите магнитную индукцию в точке A , удаленной от первого и второго проводов соответственно на расстояние $r_1 = 0,15$ м, $r_2 = 0,20$ м.

- 7.8.5. В каком из указанных случаев циркуляция вектора индукции вдоль замкнутого контура L не равна нулю?

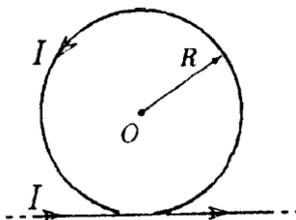


7.8.6. Катушка длиной $l = 20$ см содержит $N = 100$ витков. По обмотке катушки идет ток $I = 5,0$ А. Диаметр d катушки равен 20 см. Определите магнитную индукцию B в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии $b = 10$ см от ее конца.

7.9 • Вариант 9

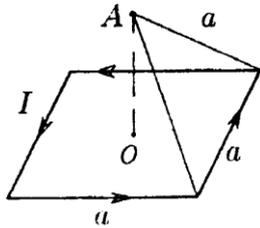


- 7.9.1. Поле создано двумя бесконечными длинными проводами с одинаковыми токами I , расположенными перпендикулярно друг к другу во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Определите направление вектора индукции в точке A , расположенной относительно токов на одинаковом расстоянии.



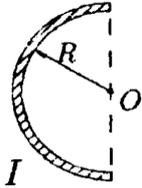
- 7.9.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O .

7.9.3. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии $d_1 = 10$ см друг от друга. По проводникам течет ток в одном направлении $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А. Какую работу надо совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $d_2 = 20$ см. Расчет произведите на единицу длины проводника.



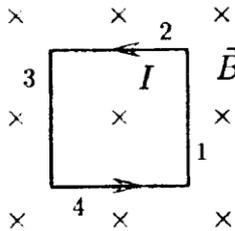
- 7.9.4. По проводнику, согнутому в виде квадратной рамки со стороной $a = 10$ см, течет ток $I = 5,0$ А. Определите индукцию магнитного поля B в точке A , равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное длине его стороны.

- 7.9.5. По медному проводу круглого сечения ($R = 2,0$ см) течет ток $I = 500$ А. Определите индукцию магнитного поля B внутри провода в точке, отстоящей на расстоянии $r = 0,5$ см от оси провода.

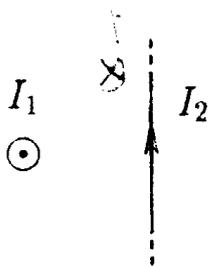


- 7.9.6. Ток $I = 200$ А течет (от нас) по длинному прямому проводнику, сечение которого имеет форму тонкого полукольца радиусом $R = 10$ см. Найдите индукцию магнитного поля B в точке O .

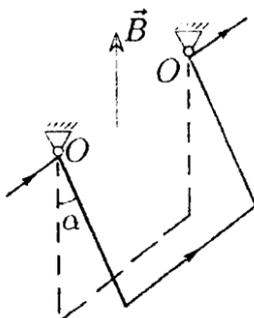
7.10. Вариант 10



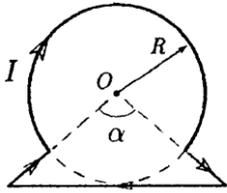
- 7.10.1. Квадратная рамка с током I помещена в магнитное поле с индукцией \vec{B} (от нас). Определите направление сил Ампера, действующих на все стороны рамки.



- 7.10.2. По двум свободным, скрещивающимся под прямым углом прямолинейным проводникам пропускаются токи, как показано на рисунке. Как за счет взаимодействия проводников с током будет изменяться расположение проводников друг относительно друга?

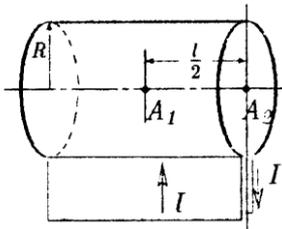


- 7.10.3. Медный провод с сечением $S = 2,0$ мм², согнутый в виде трех сторон квадрата, может вращаться, как показано на рисунке, около горизонтальной оси OO . Провод находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Когда по проводу идет ток $I = 10$ А, провод отклоняется от положения равновесия на угол $a = 15^\circ$. Определите индукцию магнитного поля B .



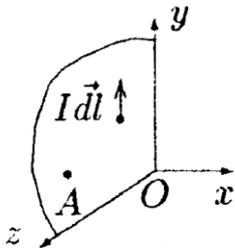
- 7.10.4. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток $I = 100$ А. Определите магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O . Радиус R изогнутой части контура равен 20 см, ($\alpha = 2\pi/3$).

7.10.5. Вычислите циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1 = 10$ А, $I_2 = 15$ А, текущие в одном направлении, и ток $I_3 = 20$ А, текущий в противоположном направлении.

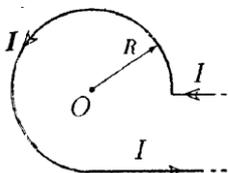


- 7.10.6. Тонкая лента шириной l свернута в трубку радиусом R . По ленте течет равномерно распределенный по ее ширине ток I . Точечный магнитный диполь с магнитным моментом \vec{P}_m , первоначально находившийся на оси трубки в ее середине (точка A_1), перемещается вдоль оси в точку A_2 так, что вектор \vec{P}_m остается параллельным вектору \vec{B} . Определите работу, совершенную при перемещении диполя.

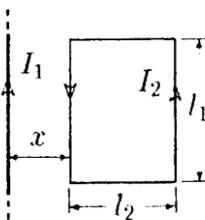
7.11. Вариант 11



- 7.11.1. Укажите направление вектора индукции магнитного поля $d\vec{B}$, созданного в точке A элементом тока $I \cdot dl$ если точка A и элемент тока $I \cdot dl$ расположены в плоскости yOz .

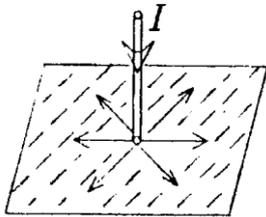


- 7.11.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O .

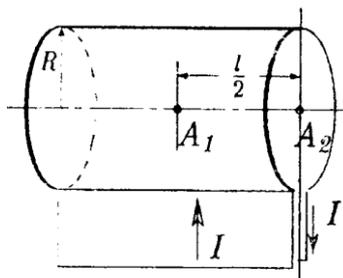


- 7.11.3. В одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток $I_1 = 5,0$ А, расположена прямоугольная рамка ($l_1 = 20$ см, $l_2 = 10$ см), по которой течет ток $I_2 = 0,2$ А. Ближайшая к проводу сторона находится от него на расстоянии $x = 5,0$ см. Определите силы взаимодействия прямого тока с каждой из сторон рамки.

•7.11.4. Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут токи $I = 60$ А в одном направлении, расположены на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Определите индукцию магнитного поля в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии $r_1 = 5,0$ см, от другого на расстоянии $r_2 = 12$ см.

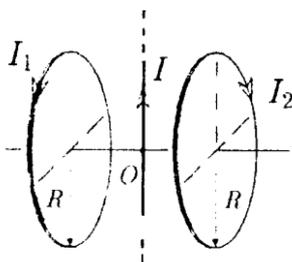


• 7.11.5. Ток I течет по длинному прямому проводу, перпендикулярному проводящей плоскости, и растекается по ней. Определите распределение магнитного поля B над плоскостью и под ней, используя закон полного тока.

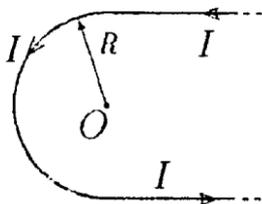


• 7.11.6. Тонкая лента шириной $l = 40$ см свернута в трубку радиусом $R = 30$ см. По ленте течет равномерно распределенный по ее ширине ток $I = 200$ А. Определите магнитную индукцию B на оси трубки в двух точках: 1) в средней точке A_1 ; 2) в точке A_2 , совпадающей с концом трубки.

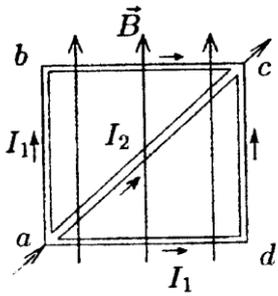
7.12. Вариант 12



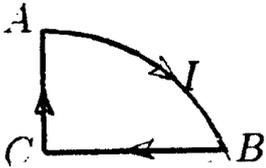
•7.12.1. Бесконечно длинный провод с током I находится на одинаковом расстоянии от двух круговых токов ($I_1 = I_2 = I$), радиусом R . Определите направление силы Ампера, действующей на провод с током I в точке O .



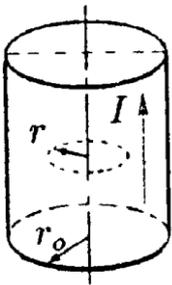
•7.12.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля, созданного током в точке O .



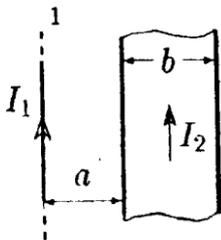
- 7.12.3. Контур, представляющий собой квадрат с диагональю, изготовлен из медной проволоки сечением 1 мм^2 и подключен к источнику постоянного напряжения 110 В (в точках a и c). Плоскость квадрата расположена параллельно магнитному полю с индукцией $B = 17 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$. Определите величину и направление результирующей силы, действующей со стороны поля на контур. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.



- 7.12.4. По контуру ABC , изображенному на рисунке, течет ток $I = 10 \text{ А}$. Определите магнитную индукцию в точке O , если радиус дуги AB $R = 10 \text{ см}$, $a = 60^\circ$.

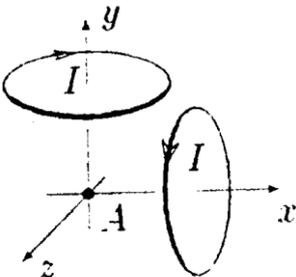


- 7.12.5. По цилиндрическому медному проводнику радиусом $r_0 = 2,0 \text{ см}$ течет ток $I = 100 \text{ А}$. Считая проводник очень длинным, найдите на каком расстоянии r от оси проводника индукция магнитного поля B равна $5 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$.

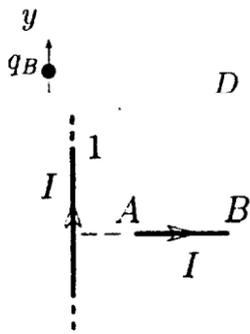


- 7.12.6. По двум длинным параллельным проводникам текут постоянные токи I_1 и I_2 . Расстояние между проводниками a . Ширина правого проводника равна b , а проводник 1 - тонкий. Имея в виду, что оба проводника лежат в одной плоскости, найдите силу магнитного взаимодействия между ними в расчете на единицу их длины.

7.13 . Вариант 13

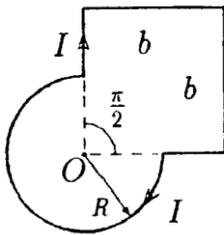


- 7.13.1. Поле создано двумя круговыми токами I , равными по величине. Определите направление вектора индукции B в точке A , расположенной относительно токов на одинаковом расстоянии.

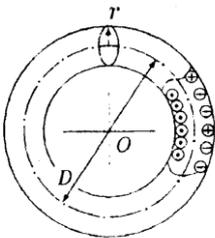


- 7.13.2. Возле бесконечного прямолинейного проводника 1 с током I расположен подвижный прямолинейный конечной длины проводник AB . Проводник AB лежит в плоскости, проходящей через проводник 1 и перпендикулярен ему. Что будет происходить с проводником AB , если по нему пропустить ток I в направлении, указанном стрелкой?

7.13.3. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам текут токи, равные по величине и по направлению. Найдите силу тока I , текущего по каждому из проводников, если известно, что для того, чтобы раздвинуть эти проводники на расстояние вдвое большее, пришлось со вершить работу (на единицу длины проводника), равную $5,5 \cdot 10^{-7}$ Дж/см.



- 7.13.4. Найдите индукцию магнитного поля в точке O контура с током $I = 10$ А, который показан на рисунке. Радиус R и сторона b известны: $R = 10$ см, $b = 20$ см.



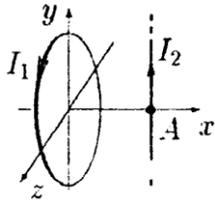
- 7.13.5. Диаметр тороида без сердечника по сред ней линии равен $D = 30$ см. В сечении тороид имеет круг радиусом $r = 5,0$ см. По обмотке тороида, содержащей $N = 2000$ витков, течет ток $I = 5,0$ А. Пользуясь законом полного тока, определите максимальное и минимальное значение магнитной индукции B в тороиде.



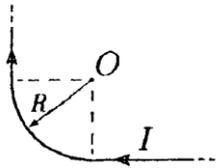
O .

- 7.13.6. По тонкой прямой бесконечной ленте шириной l течет ток I (от нас). Рассчитайте индукцию магнитного поля этого тока в произвольной точке O . На рисунке показано сечение ленты.

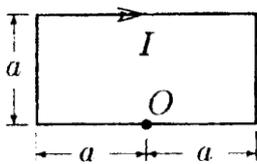
7.14 . Вариант 14



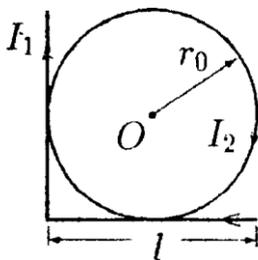
- 7.14.1. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током I_2 в точке А. Ток I_1 - круговой, проводник с током I_2 - бесконечный, прямой.



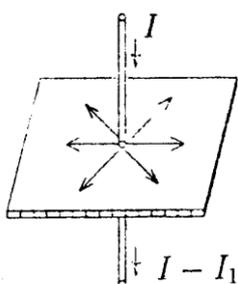
- 7.14.2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током I имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом R . Определите индукцию магнитного поля B , созданного током в точке O .



- 7.14.3. Найдите модуль и направление вектора силы, действующей на единицу длины тонкого проводника с током $I = 10$ А в точке O , если проводник изогнут, как показано на рисунке. Расстояние $a = 10$ см.

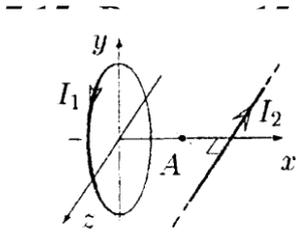


- 7.14.4. Изолированный прямолинейный проводник изогнут в виде прямого угла с равными сторонами $l = 0,2$ м; в плоскости угла помещен кольцевой проводник радиусом $r_0 = 0,1$ м так, что стороны угла являются касательными к кольцевому. Найдите напряженность в центре кольца. Токи в обоих проводниках равны $I_1 = I_2 = 2,0$ А.



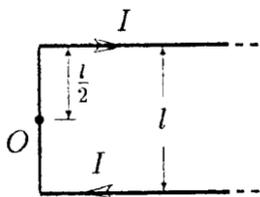
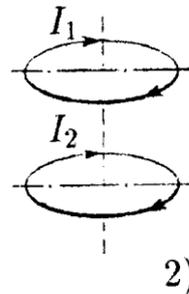
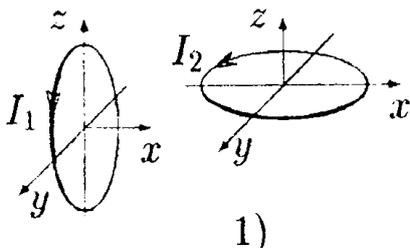
- 7.14.5. Длинный проводник с током I пересекает проводящую плоскость в перпендикулярном ей направлении. Ток, уходящий на плоскость, равен I_1 . Определите распределение магнитного поля над плоскостью и под ней. Используйте закон полного тока.

- 7.14.6. Очень длинный прямой соленоид имеет радиус сечения R и число витков n на единицу длины. По соленоиду течет постоянный ток I . Найдите индукцию магнитного поля B на оси как функцию x , где x - расстояние, отсчитываемое вдоль оси соленоида от его торца. Изобразите примерный график зависимости индукции B от отношения x/R .

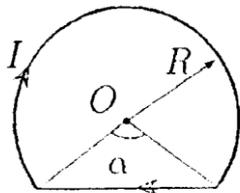


- 7.15.1. Круговой ток I_1 и бесконечный прямой проводник с током I_2 расположены так, как показано на рисунке. Определите направление вектора индукции B магнитного поля, созданного токами в точке A .

- 7.13.2. Какие из изображенных пар круговых токов притягиваются друг к другу, не испытывая действия вращательного момента?

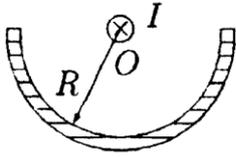


- 7.15.3. Найдите модуль и направление вектора силы, действующей на единицу длины тонкого проводника с током $I = 8,0$ А в точке O , если проводник изогнут, как показано на рисунке. Расстояние между длинными параллельными друг другу участками проводника $l = 20$ см.



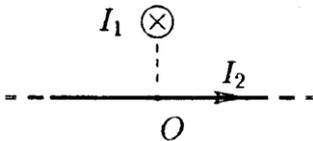
- 7.15.4. Ток $I = 5,0$ А течет по тонкому проводнику, изогнутому, как показано на рисунке. Радиус изогнутой части проводника $R = 120$ мм, угол $\alpha = 90^\circ$. Найдите индукцию магнитного поля B в точке O .

- 7.15.5. Определите индукцию магнитного поля B на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей $N = 200$ витков, течет ток $I = 5,0$ А. Внешний диаметр d_1 тороида равен 30 см внутренний $d_2 = 20$ см.

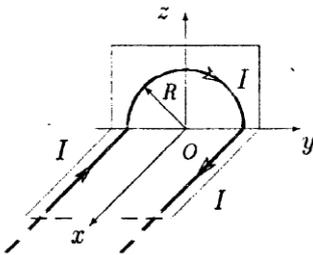


- 7.15.6. Постоянный ток I течет (к нам) по длинному прямому проводнику, сечение которого имеет форму тонкого полукольца радиусом R . Такой же ток течет в противоположном направлении по тонкому длинному проводнику, расположенному на "оси" первого проводника (в точке O). Найдите силу взаимодействия данных проводников в расчете на единицу их длины.

7.16. Вариант 16

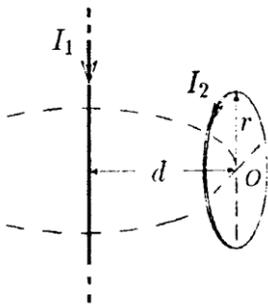


- 7.16.1. Два бесконечных прямых проводника с током расположены как показано на рисунке ($I_1 = I_2 = I$). Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током I_2 в точке O .

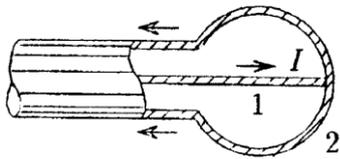


- 7.16.2. Найдите индукцию магнитного поля B в точке O , если проводник с током I имеет вид, показанный на рисунке. Прямолинейные участки проводника очень длинные.

7.16.3. По тонкому проводу в виде кольца радиусом $R = 20$ см течет ток $I = 100$ А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено одно родное магнитное поле с индукцией $B = 20$ мТл. Найдите силу F , растягивающую кольцо.



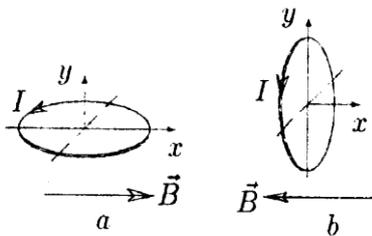
- 7.16.4. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I_1 = 3,14$ А. Круговой виток рас положен так, что плоскость витка параллельна прямому проводнику, а перпендикуляр, опущенный на него из центра витка, является нормалью к плоскости витка. По витку проходит ток $I_2 = 3,0$ А. Расстояние от центра витка O до прямого проводника $d = 20$ см. Радиус витка $r = 30$ см. Найдите магнитную индукцию B в центре витка.



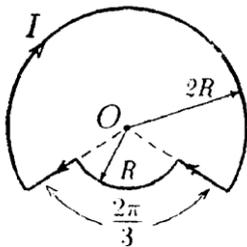
- 7.16.5. Ток, протекающий по внутреннему проводнику 1 коаксиального кабеля, растекается по внешнему проводнику 2, имеющему сферическую полость, как показано на рисунке. Найдите индукцию магнитного поля внутри и вне кабеля, используя закон полного тока.

- 7.16.6. Тонкое кольцо радиусом $R = 10$ см несет на себе равномерно распределенный заряд. Кольцо равномерно вращается с частотой $\nu = 1200$ об/мин вокруг оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно его плоскости. Определите заряд на кольце, если магнитная индукция B в центре кольца $3,8 \cdot 10^{-9}$ Тл.

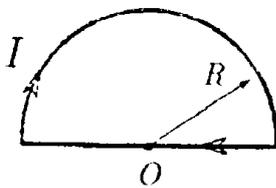
7.17. Вариант 17



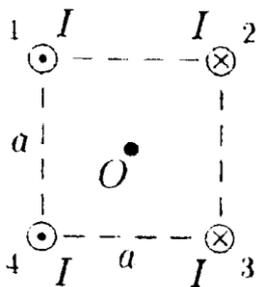
- 7.17.1. Виток с током ориентирован по отношению к внешнему магнитному полю с индукцией \vec{B} , как показано на рисунке. Найдите направление вращательного момента \vec{M} , действующего на виток в случаях: а) и б).



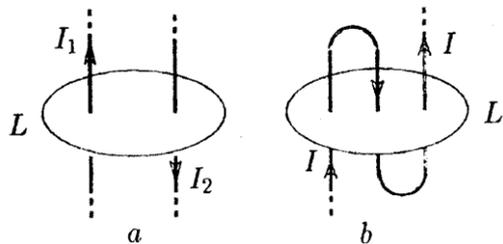
- 7.17.2. По плоскому контуру течет ток $I = 100$ А. Определите магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O . Радиус изогнутой части контура $R = 20$ см.



- 7.17.3. Найдите модуль и направление вектора силы, действующей на единицу длины тонкого проводника с током $I = 8,0$ А в точке O , если проводник изогнут, как показано на рисунке. Радиус $R = 10$ см.



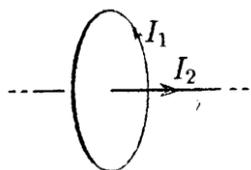
- 7.17.4. Концы четырех параллельных проводников образуют квадрат со стороной $a = 0,2$ м. По каждому проводнику течет ток 20 А, как показано на рисунке. Какова величина и направление вектора индукции магнитного поля \vec{B} в центре квадрата?



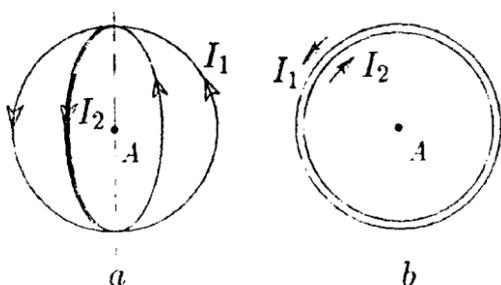
- 7.17.5. Определите циркуляцию вектора магнитной индукции B по контуру L для конфигурации токов, приведенных на рисунке. $I_1 = I = 10$ А, $I_2 = 8,0$ А.

- 7.17.6. Металлическое кольцо, охватывающее площадь $S = 10$ см², расположено внутри длинного соленоида, имеющего на каждом сантиметре длины число витков $n = 5$. Плоскость витка перпендикулярна оси соленоида. Через соленоид пропускают ток, меняющийся по закону $I = I_0 - kt$, где $I_0 = 10$ А, $k = 0,1$ А/с. Какая сила действует на единицу длины кольца со стороны магнитного поля в момент времени $t_1 = 1,0$ с, если сопротивление кольца равно $R = 1,0 \cdot 10^{-3}$ Ом?

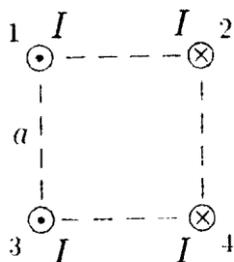
7.18 . Вариант 18



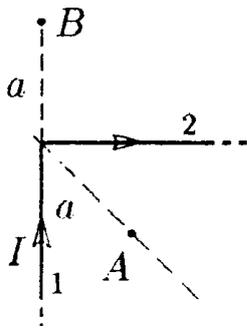
- 7.18.1. Прямолинейный проводник с током I_2 расположен на оси кругового тока I_1 . Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током I_2 .



- 7.18.2. На рисунке изображены различные случаи взаимного расположения двух круговых токов ($I_1 = I_2 = I$) радиусом R (радиусы всех контуров считать одинаковыми). В случае *a*) плоскости витков взаимно перпендикулярны. В каком случае индукция магнитного поля B , созданного токами в точке A , максимальна?

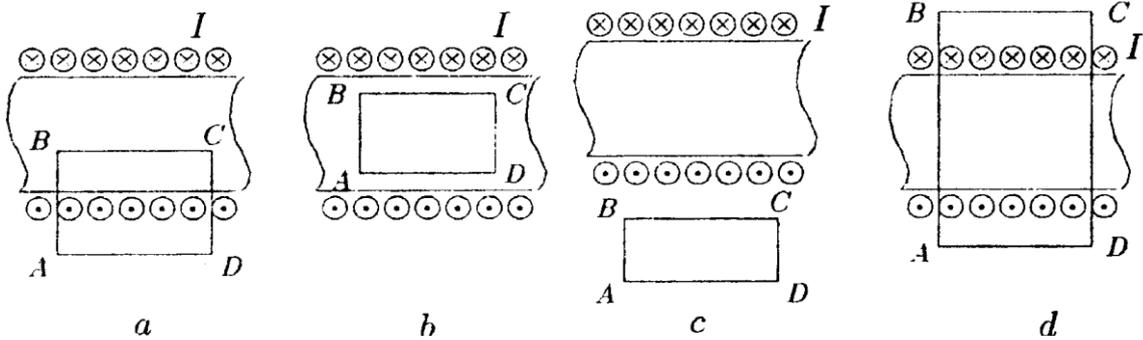


- 7.18.3. Концы четырех параллельных длинных проводников образуют квадрат со стороной $a = 0,2$ м. По каждому проводнику течет ток 20 А. Какова величина результирующей силы, действующей на 1 м проводника 3?



- 7.18.4. Бесконечно длинный прямой проводник, по которому течет ток $I = 5,0$ А, согнут под прямым углом, как показано на рисунке. Найдите индукцию магнитного поля B на расстоянии $a = 10$ см от вершины угла в точках, лежащих на биссектрисе прямого угла (точка A) и на продолжении одной из сторон (точка B).

7.18.5. В каком из указанных случаев циркуляция вектора индукции B по контуру $ABCD$ равна нулю?

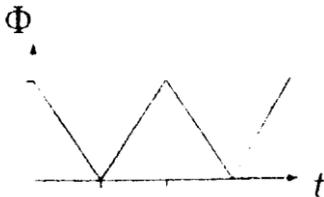


- 7.18.6. По двум тонким проводам, изогнутым в виде колец радиусом $R = 10$ см, текут одинаковые токи $I = 10$ А. Оси колец совпадают. Найдите силу взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а расстояние между центрами колец $d = 1,0$ мм.

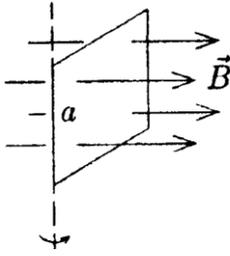
8 • Тема: Сила Лоренца. Электромагнитная индукция

8.1. Вариант 1

- 8.1.1. Электрон движется со скоростью \vec{V} в постоянном магнитном поле с индукцией \vec{B} . Чему равна работа силы, действующей на электрон?
- 8.1.2. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 104$ В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля. Напряженность электрического поля $E = 10$ кВ/м, индукция магнитного поля $B = 0,10$ Тл. Найдите отношение заряда частицы q к ее массе m . Если частица, двигаясь перпендикулярно обоим полям, не отклоняется от прямолинейной траектории.
- 8.1.3. Длинная незаряженная пластина из проводящего немагнитного материала движется равномерно в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,18$ Тл со скоростью $V = 6,28 \cdot 10^5$ м/с. Векторы \vec{B} и \vec{v} взаимно перпендикулярны и параллельны плоскостям пластины. Определите поверхностную плотность электрических зарядов σ на пластине, возникающую вследствие ее движения.



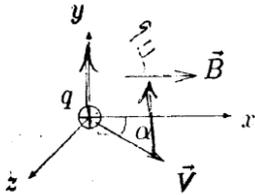
- 8.1.4. На графике изображена зависимость магнитного потока, пронизывающего рамку, от времени. Изобразите график зависимости ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени.



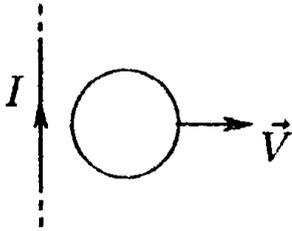
- 8.1.5. Прямоугольная рамка со сторонами a и b вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг стороны a в однородном переменном магнитном поле, направленном перпендикулярно оси вращения, с индукцией $B = B_0 \sin(\omega_0 t)$, где $B_0 = \text{const}$ и $\omega_0 = \text{const}$. Определите ЭДС индукции для произвольного момента времени t , если в начальный момент времени $t = 0$ плоскость рамки была перпендикулярна направлению магнитного поля.

- 8.1.6. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,40$ Тл в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной $l = 10$ см. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определите разность потенциалов U на концах стержня, если частота его вращения $\nu = 16$ об/с.
- 8.1.7. Два соленоида одинаковой длины и почти одинакового сечения вставлены полностью один в другой. Найдите их взаимную индуктивность, если их индуктивности соответственно равны L_1 и L_2 .

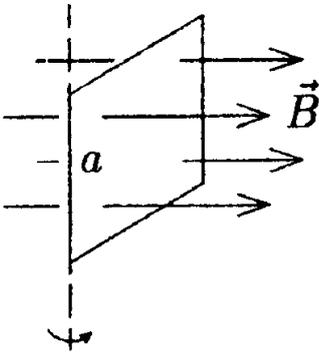
8.2 . Вариант 2



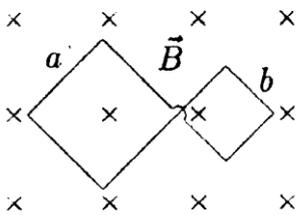
- 8.2.1. Частица, имеющая массу m и положительный заряд q , влетает со скоростью V ($V \ll c$) в область однородного магнитного поля с индукцией B , направленной вдоль оси x . Изобразите качественно проекции траектории частицы в плоскости zy , xu .
- 8.2.2. Электрон и протон, удаленные друг от друга на значительное расстояние, находятся в однородном магнитном поле. Зная, что каждый из них движется по окружности, расположенной перпендикулярно магнитному полю, найдите отношение их угловых скоростей ($q_p = q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).
- 8.2.3. Найдите отношение силы кулоновского отталкивания к амперовой силе притяжения двух параллельных пучков электронов, прошедших ускоряющую разность потенциалов $U = 10$ кВ.



- 8.2.4. По прямому проводнику течет ток I . Перпендикулярно проводнику в соответствии с рисунком с постоянной скоростью V движется металлическое кольцо. Определите направление индукционного тока, возникающего в кольце.



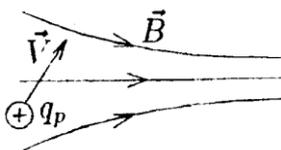
- 8.2.5. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,84$ Тл вокруг стороны a с постоянной угловой скоростью вращается квадратная рамка, состоящая из одного витка медной проволоки сечением $S = 0,5$ см². Сторона рамки $a = 5,0$ см, а максимальное значение силы тока, индуцированного в рамке, $I_m = 1,9$ А. Считая, что магнитное поле направлено перпендикулярно оси вращения рамки, определите ее угловую скорость ω (удельное сопротивление меди $\rho_m = 1,7 \cdot 10^8$ Ом·м).



- 8.2.6. Плоский контур, имеющий вид квадратов со сторонами $a = 20$ см и $b = 10$ см, находится в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно его плоскости. Индукция поля меняется со временем по закону $B = B_0 \sin(\omega_0 t)$, где $B_0 = 10$ мТл и $\omega_0 = 100$ с⁻¹. Найдите максимальное значение индукционного тока I_T , возникающего в контуре, если сопротивление единицы длины его $\rho = 5,0$ кОм/м. Индуктивностью контура пренебречь.

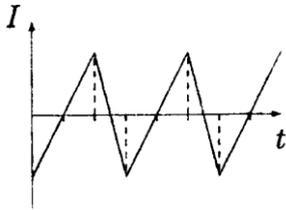
8.2.7. Две одинаковые катушки, каждая индуктивностью L , соединяют: а) последовательно; б) параллельно. Считая взаимную индуктивность катушек пренебрежимо малой, найдите индуктивность системы в обоих случаях.

8.3 . Вариант 3



- 8.3.1. Протон, двигаясь со скоростью \vec{V} , попадает в область слабо неоднородного магнитного поля с индукцией \vec{B} , как показано на рисунке. Качественно изобразите траекторию, которую будет описывать протон при движении в данном поле.

- 8.3.2. Спираль, по которой движется электрон в однородном магнитном поле с индукцией $B = 5,0 \cdot 10^{-3}$ Тл, имеет диаметр $d = 80$ мм и шаг $h = 200$ мм. Определите скорость электрона. ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.3.3. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,10$ Тл движется проводник длиной $l = 10$ см. Скорость движения проводника равна $V = 15$ м/с и направлена перпендикулярно магнитному полю и оси проводника. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в проводнике?

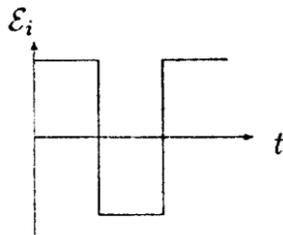


- 8.3.4. По первичной обмотке трансформатора течет ток пилообразной формы. Изобразите график зависимости ЭДС индукции, наводимой во вторичной обмотке трансформатора, от времени.
- 8.3.5. В магнитном поле, индукция которого равна $B = 0,10$ Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки. Площадь рамки $S = 25$ см², а ее полное сопротивление $R = 250$ Ом. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости рамки. Какой заряд q пройдет по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?
- 8.3.6. Изолированный металлический диск радиусом $R = 0,25$ м вращается с угловой скоростью $\omega = 100$ с⁻¹. Найдите разность потенциалов U между центром и краем диска при помещении его в однородное магнитное поле с индукцией $B = 10$ мТл, направленное перпендикулярно плоскости диска.
- 8.3.7. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длиной $l = 100$ м с индуктивностью $L = 1$ мГн. если диаметр сечения соленоида значительно меньше его длины?

8.4. Вариант 4

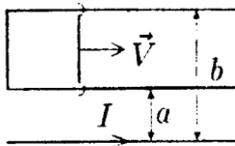
- 8.4.1. Электрон, двигаясь с некоторой скоростью \vec{V} , попадает в область действия магнитного поля. Изменится ли абсолютная величина скорости электрона при выходе его из магнитного поля?

- 8.4.2. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью $V = 1,0 \cdot 10^6$ м/с. Индукция магнитного поля $B = 0,30$ Тл. Радиус окружности $R = 4,0$ см. Найдите заряд частицы, если известно, что ее энергия $W = 12$ кэВ.
- 8.4.3. Заряд влетает с постоянной скоростью в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл перпендикулярно силовым линиям. В течение времени $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-4}$ с на заряд действует электрическое поле напряженностью $E = 100$ В/м, направленное параллельно магнитному полю. Вычислите постоянный шаг спирали, по которой движется заряд для времени $t > \Delta t$.



- 8.4.4. Металлическая рамка помещена в переменное магнитное поле с индукцией \vec{B} . ЭДС индукции \mathcal{E}_i , возникающая в рамке, изменяется по закону, показанному на рисунке. Изобразите график зависимости магнитной индукции B от времени.

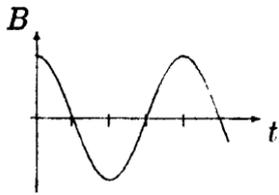
- 8.4.5. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,0$ Тл находится плоский проволочный виток площадью $S = 1,0$ см² и с сопротивлением $R = 2,0$ Ом. Виток замкнут на гальванометр. В начале опыта плоскость витка была перпендикулярна линиям магнитного поля. На какой угол повернули виток, если за время опыта через гальванометр прошел заряд $q = 7,5 \cdot 10^{-5}$ Кл?



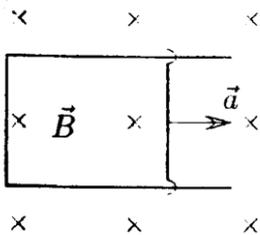
- 8.4.6. На расстояниях a и b от длинного прямого проводника, по которому течет постоянный ток силой I , расположены два параллельных провода, замкнутых на одном конце. По проводам без трения перемещают металлическую перемычку с постоянной скоростью \vec{V} . Пренебрегая индуктивностью контура, найдите ЭДС индукции в контуре, возникающую вследствие движения перемычки.
- 8.4.7. Число витков соленоида уменьшили в два раза, но сохранили его размеры и ток в нем. Как в этом случае изменится индуктивность соленоида и средняя плотность энергии внутри него?

8.5 • Вариант 5

- 8.5.1. Известно, что в электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме, напряженности электрического и магнитного полей связаны соотношением $\sqrt{\epsilon_0} \cdot E = \sqrt{\mu_0} \cdot H$. Оцените отношение электрической и магнитной сил F_E/F_M , действующих на движущийся заряд в поле волны. Скорость заряда $V \ll c$.
- 8.5.2. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности, радиус которой $r_1 = 5,0$ см, а второй - по окружности, радиус которой $r_2 = 2,5$ см. Определите отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов U .
- 8.5.3. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,0$ Тл, движется проводник длиной $l = 1,0$ м. Скорость проводника равна $V = 30$ м/с и направлена перпендикулярно оси под углом ($\alpha = 60^\circ$ к направлению магнитного поля. Найдите ЭДС индукции, возникающую в проводнике.



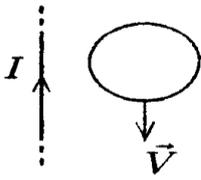
- 8.5.4. Металлическая рамка помещена в переменное поле с индукцией B , которая изменяется по закону, показанному на рисунке. Изобразите график зависимости тока I в рамке от времени.
- 8.5.5. Индукция магнитного поля между полюсами двухполюсного генератора $B = 0,8$ Тл. Ротор имеет $N = 100$ витков площадью $S = 400$ см² каждый. Сколько оборотов в минуту делает ротор, если максимальная величина ЭДС индукции, возникающей в нем. $E_m = 200$ В?



- 8.5.6. П - образный проводник находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,10$ Тл, направленном перпендикулярно плоскости проводника. Вдоль параллельных сторон этого проводника перемещают без начальной скорости проводник — перемычку с ускорением $a = 10$ см/с². Найдите ЭДС индукции, возникающую в контуре через $t = 2$ с после начала перемещения. Длина перемычки $l = 20$ см.
- 8.5.7. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой $L = 1,0$ мГн, если при силе тока $I = 1,0$ А магнитный поток через виток катушки $\Phi = 2,0$ мкВб ?

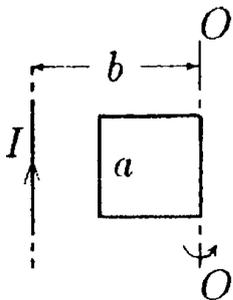
8.6 Вариант 6

- 8.6.1. Напишите уравнение движения частицы массой m и зарядом q , движущейся со скоростью \vec{V} в произвольном магнитном поле с индукцией \vec{B} : а) в векторной форме; б) в проекциях на оси x, y, z .
- 8.6.2. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью $H = 1,6 \cdot 10^4$ А/м со скоростью $V = 8000$ м/с. Направление скорости составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением поля. Определите радиус R и шаг винтовой линии h , по которой будет двигаться электрон в магнитном поле.
- 8.6.3. Пучок нерелятивистских протонов проходит, не отклоняясь, через область, в которой созданы однородные поперечные взаимно перпендикулярные электрическое и магнитное поля с напряженностью $E = 120$ кВ/м и магнитной индукцией $B = 50$ нТл. Затем пучок попадает на заземленную мишень. Найдите силу, с которой пучок действует на мишень, если сила тока в пучке $I = 0,8$ мА.



- 8.6.4 По прямому проводнику течет ток I . Параллельно проводнику, в соответствии с рисунком, с постоянной скоростью V движется металлическое кольцо. Будет ли создаваться индукционный ток в кольце?

- 8.6.5. Рамка площадью $S = 100$ см² содержит $N = 1000$ витков проводника сопротивлением $R_1 = 12$ Ом. К концам обмотки подключено внешнее сопротивление $R_2 = 20$ Ом. Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,10$ Тл, делая $V = 8,0$ об/с. Чему равно максимальное значение мощности переменного тока в цепи?

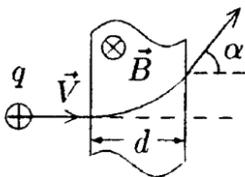


- 8.6.6. Квадратная проволочная рамка со стороной a и прямой проводник с постоянным током силой I лежат в одной плоскости, как это показано на рисунке. Сопротивление рамки R . Ее повернули на 180° вокруг оси OO' , отстоящей от проводника с током на расстоянии b . Найдите количество электричества q , протекающего в рамке.

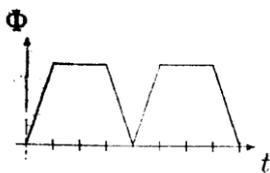
- 8.6.7. Сколько витков проволоки диаметром $d = 0,60$ мм имеет обмотка катушки, индуктивность которой $L = 1,0$ мГн и диаметр $D = 4,0$ см? Катушка однослойная, и витки плотно прилегают друг к другу.

8.7. Вариант 7

- 8.7.1. Качественно изобразите траекторию заряженной частицы, помещенной в однородные скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля. Электрическое поле \vec{E} направлено вдоль оси y , а магнитное \vec{H} - вдоль оси z . Начальную скорость частицы принять равной нулю.



- 8.7.2. Протон, ускоренный разностью потенциалов $U = 500$ кВ, пролетает поперечное однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,51$ Тл. Толщина области, в которой создано поле, $d = 10$ см. Найдите угол α отклонения протона от первоначальной траектории ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.7.3. Покажите, что с какой бы скоростью \vec{V} ни двигался электрон, влетающий в однородное магнитное поле напряженностью H , и какой бы угол $\alpha \neq 0$ ни образовывало направление скорости \vec{V} с направлением поля H , электрон всегда опишет виток винтовой линии за одно и то же время T .



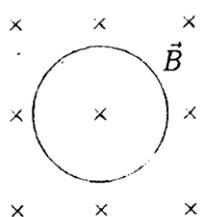
- 8.7.4. На графике изображена зависимость магнитного потока, пронизывающего рамку, от времени. Изобразите график зависимости индукционного тока, возникающего в рамке, от времени.
- 8.7.5. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,10$ Тл вращается катушка, состоящая из $N = 200$ витков с площадью поперечного сечения $S = 4,0$ см² каждый. Ось вращения катушки перпендикулярна к ее оси и направлению магнитного поля. Найдите максимальную ЭДС индукции в катушке, если период ее обращения $T = 0,20$ с.
- 8.7.6. Круговой контур, имеющий площадь S и сопротивление R , вращают с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, лежащей в плоскости контура и проходящей через его центр. Контур находится в маг-

нитном поле с индукцией \vec{B} , направленной перпендикулярно оси вращения. Считая, что в момент времени $t=0$ плоскость контура была перпендикулярна направлению магнитного поля, найдите закон, по которому меняется момент внешних сил, действующих на контур в этих условиях.

- 8.7.7. Найдите взаимную индуктивность L_{12} двух витков с радиусами r_1 и r_2 , отстоящих друг от друга на расстоянии l ($l \gg r_1, r_2$). Центры витков лежат на оси x и векторы нормалей к плоскости витков также направлены вдоль оси x .

8.8. Вариант 8

- 8.8.1. Электрон, двигаясь со скоростью \vec{V} , попадает в область действия однородных электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей, имеющих одинаковое направление. Качественно изобразите траекторию электрона, считая, что направление скорости электрона перпендикулярно направлению полей.
- 8.8.2. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению поля и движется по винтовой линии радиусом $R = 1,5$ см. Индукция магнитного поля $B = 0,10$ Тл. Найдите кинетическую энергию протона ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.8.3. Частица массой m и зарядом $+q$ влетает со скоростью \vec{V} в область действия однородного магнитного поля с индукцией B перпендикулярно направлению магнитного поля. Найдите величину и направление магнитного момента частицы, а также отношение ее магнитного момента к механическому.

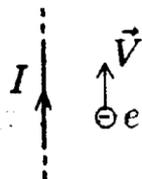


- 8.8.4. На рисунке изображено проволочное кольцо (плоский проводящий контур), помещенное в однородное магнитное поле, направленное от нас. Укажите направление индукционного тока, возникающего в контуре в случаях: а) индукция магнитного поля B растет; б) индукция магнитного поля B убывает.
- 8.8.5. На некотором расстоянии расположены два витка проволоки. По первому витку течет ток силой $I_1 = 10$ А. В цепь второго включен

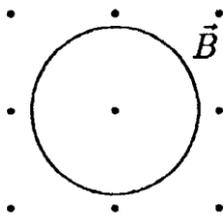
гальванометр. Полное сопротивление второй цепи равно $R = 5,0$ Ом. Найдите взаимную индуктивность витков, если при выключении тока I_1 через гальванометр проходит заряд $q = 1,0 \cdot 10^{-8}$ Кл.

- 8.8.6. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,35$ Тл, равномерно с частотой $\nu = 480$ об/мин. вращается рамка, имеющая $N = 1500$ витков площадью $S = 50$ см² каждый. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определите максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.
- 8.8.7. Найдите плотность энергии магнитного поля ω в замкнутом железном сердечнике тороида длиной $l = 20,9$ см, если число ампер-витков обмотки тороида равно $I \cdot N = 1500$ А вит. Какова магнитная проницаемость μ магнитного материала сердечника в этих условиях? (График зависимости магнитной индукции B от напряженности H для железа приведен в приложении).

8.9. Вариант 9

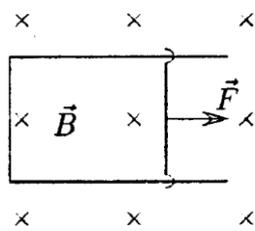


- 8.9.1. Электрон влетает со скоростью \vec{V} параллельно прямому проводнику, по которому течет ток I . Направление тока и скорости электрона показаны на рисунке. Укажите направление силы Лоренца, действующей на электрон в этот момент времени.
- 8.9.2. В направленном вдоль оси x однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ нТл из некоторой точки O выходит в направлении поля слегка расходящийся пучок моноэнергетических электронов, имеющих скорость $V = 6,0 \cdot 10^6$ м/с. Определите расстояние l от точки O до ближайшей точки, в которой пересекаются траектории всех электронов (точка, в которой фокусируется пучок) ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.9.3. Протон, двигаясь со скоростью $V = 1,0 \cdot 10^5$ м/с, влетает в область действия скрещенных под прямым углом электрического и магнитного полей и продолжает двигаться по прямолинейной траектории. Направление скорости протона перпендикулярно направлению обоих полей. Найдите отношение напряженности электрического поля E к напряженности магнитного поля H .



- 8.9.4. На рисунке изображено проволочное кольцо (плоский проводящий контур), помещенное в однородное магнитное поле, направленное на нас. Укажите направление индукционного тока, возникающего в контуре, если: а) контур растягивается ; б) контур сжимается.

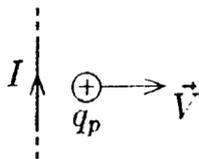
- 8.9.5. На длинный прямой соленоид, имеющий диаметр сечения $d = 5,0$ см и содержащий $n = 20$ витков на один сантиметр длины, плотно надет круговой виток из медного провода сечением $S = 1,0$ мм². Найдите ток в витке, если ток в обмотке соленоида увеличивается с постоянной скоростью $100 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ (удельное сопротивление меди $\rho_{\text{м}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$).



- 8.9.6. По П-образному проводу перемещается с постоянной скоростью V замыкающая провод перемычка под действием силы \vec{F} . Контур находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном к его плоскости. Чему равна сила F , если в контуре ежесекундно выделяется количество тепла Q ?

- 8.9.7. Катушка длиной $l = 20$ см имеет $N = 400$ витков. Площадь поперечного сечения катушки $S = 9,0$ см². Найдите индуктивность катушки L_0 . Какова будет индуктивность катушки L_1 , если внутрь катушки внесли железный сердечник с магнитной проницаемостью $\mu = 400$?

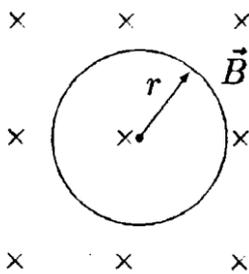
8.10, Вариант 10



- 8.10.1. Протон удаляется от прямого проводника, по которому течет ток I , с некоторой скоростью \vec{V} . Направление тока и скорости протона приведены на рисунке. Укажите направление силы Лоренца, действующей на протон.
- 8.10.2. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 3,0$ кВ влетает в магнитное поле соленоида под углом $\alpha = 30^\circ$ к его оси. Число ампер-витков соленоида равно $I \cdot N = 5000 \text{ А} \cdot \text{вит}$. Длина соленоида

$l = 25$ см. Найдите шаг h винтовой траектории электрона в магнитном поле ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

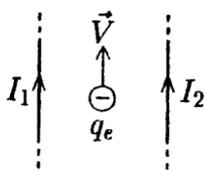
- 8.10.3. По окружности в однородном магнитном поле с индукцией $B = 25$ мТл движется α -частица. Момент импульса частицы относительно центра окружности $L = 1,33 \cdot 10^{-22}$ кг \cdot м²/с. Найдите кинетическую энергию α -частицы ($m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.10.4. На рисунке изображен круговой проводящий контур радиусом r и сопротивлением R . Первоначально ток в контуре отсутствует. Затем включается перпендикулярное к плоскости контура однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} , направленное от нас. Укажите направление индукционного тока, возникающего в контуре. Какова величина заряда q , прошедшего по контуру?

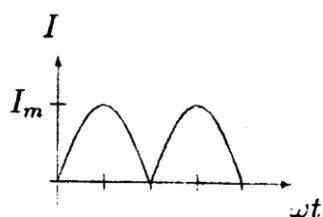
- 8.10.5. Рамка площадью $S = 200$ см² равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,20$ Тл вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной направлению магнитного поля. Максимальное значение ЭДС индукции в рамке равно $\mathcal{E}_m = 5,0$ мВ. Найдите число оборотов рамки в секунду.
- 8.10.6. На тор из магнетика намотано $N = 500$ витков. Найдите энергию магнитного поля, если при токе силой $I = 2,0$ А магнитный поток через поперечное сечение тора $\Phi = 1,0$ мВб.
- 8.10.7. Из провода радиусом $r = 1,0$ мм сделана прямоугольная рамка, длина которой $l = 10$ м значительно больше ширины $b = 0,10$ м, (измеренной между осями сторон). Найдите индуктивность рамки L , полагая, что магнитная проницаемость среды $\mu = 1$, и пренебрегая полем внутри провода.

8.11. Вариант 11

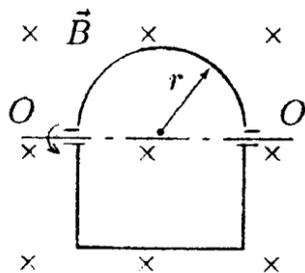


- 8.11.1. По двум параллельным прямым проводникам текут токи I_1 и I_2 . Вдоль прямой, параллельной данным проводникам и находящейся на одинаковом расстоянии от них, движется электрон со скоростью \vec{V} . Направления токов и скорости электрона приведены на рисунке. Изобразите векторы силы Лоренца \vec{F}_1 и \vec{F}_2 и результирующий вектор $\vec{F}_{\text{рез}}$, полагая, что $I_1 < I_2$

- 8.11.2. Магнитное поле напряженностью $H = 8000$ А/м и электрическое поле напряженностью $E = 1000$ В/м одинаково направлены. Электрон, двигаясь со скоростью $V = 1,0 \cdot 10^5$ м/с, влетает в данное электромагнитное поле. Направление скорости электрона перпендикулярно направлению полей. Найдите нормальное a_n , тангенциальное a_t и полное \vec{a} ускорения электрона ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.11.3. Найдите кинетическую энергию электрона, движущегося по дуге окружности радиусом $R = 60$ см в плоскости перпендикулярной на направлению однородного магнитного поля, индукция которого равна $B = 1,0$ Тл ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.11.4. По первичной обмотке трансформатора течет ток, изменяющийся со временем по закону $I = I_m |\sin(\omega t)|$, как показано на рисунке. Изобразите график зависимости ЭДС индукции, наводимой во вторичной обмотке, от времени.



- 8.11.5. Изображенный на рисунке контур находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,0$ Тл. Верхняя часть контура - провод в виде полуокружности радиусом $r = 10$ см. Контур вращается с постоянной скоростью $\omega = 100$ с⁻¹ вокруг оси OO' . Найдите максимальное значение ЭДС индукции, возникающей в контуре.

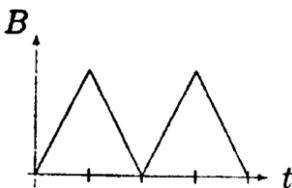
- 8.11.6. Соленоид длиной $l = 50$ см имеет площадь поперечного сечения $S = 20$ см² и индуктивность $L = 0,20$ мкГн. При какой силе тока I

объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида будет равна $\omega = 1,0 \text{ мДж/м}^3$?

- 8.11.7. Соленоид с железным сердечником длиной $l = 50 \text{ см}$ и площадью поперечного сечения $S = 10 \text{ см}^2$ имеет число витков $N = 1000$. Найдите индуктивность этого соленоида при токах в обмотке $I_1 = 0,20 \text{ А}$ и $I_2 = 2,0 \text{ А}$. (График зависимости магнитной индукции B от напряженности H для железа приведен в приложении).

8.12. Вариант 12

- 8.12.1. Протон, двигаясь с некоторой скоростью V , попадает в область действия однородных магнитного и электрического полей и продолжает двигаться по прямолинейной траектории. Качественно изобразите возможные ориентации данных полей.
- 8.12.2. Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов $U = 2000 \text{ В}$, движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 1,2 \cdot 10^4 \text{ А/м}$ по окружности радиусом $R = 1,0 \text{ см}$. Определите отношение заряда частицы к ее массе и скорость частицы.
- 8.12.3. Тонкий металлический стержень длиной $l = 1,2 \text{ м}$ вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,0 \text{ мТл}$ вокруг оси, перпендикулярной стержню и отстоящей от одного из его концов на расстоянии $l_1 = 0,25 \text{ м}$, делая $\nu = 120 \text{ об/мин}$. Найдите разность потенциалов, возникающую между концами стержня, считая, что ось вращения направлена вдоль поля.

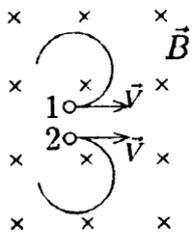


- 8.12.4. Металлическая рамка помещена в переменное магнитное поле. На графике изображена зависимость магнитной индукции B от времени. Изобразите график зависимости ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени.
- 8.12.5. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,80 \text{ Тл}$ вращается рамка с угловой скоростью $\omega = 15 \text{ с}^{-1}$. Площадь рамки равна $S = 150 \text{ см}^2$, а ось вращения находится в плоскости рамки и составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением магнитного поля. Найдите максимальное значение ЭДС индукции, возникающей в рамке.

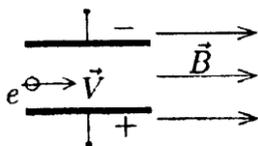
8.12.6. В магнитное поле с индукцией $B = 0,05$ Тл помещена катушка, состоящая из $N = 200$ витков проволоки. Сопротивление катушки $R = 40$ Ом, а площадь поперечного сечения $S = 12$ см². Ось катушки совпадает с направлением магнитного поля. Найдите заряд q , который пройдет по катушке при исчезновении магнитного поля.

8.12.7. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения $S = 20$ см² и число витков $N = 500$. Индуктивность катушки с железным сердечником равна $L = 0,28$ Гн при силе тока через обмотку $I = 5,0$ А. Найдите магнитную проницаемость μ железного сердечника. (График зависимости магнитной индукции B от напряженности H для железа приведен в приложении).

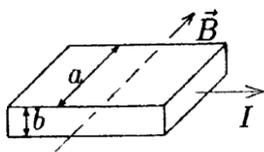
8.13. Вариант 13



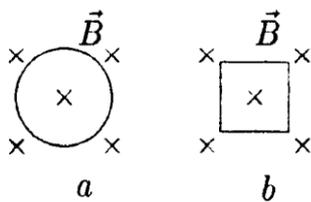
• 8.13.1. На рисунке изображены траектории заряженных частиц одинаковой массы, влетевших с одинаковой скоростью V в однородное магнитное поле с индукцией B . Укажите знак заряда частиц 1 и 2 и сравните их по величине.



• 8.13.2. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $V = 1,0 \cdot 10^7$ м/с. Длина конденсатора $l = 5,0$ см. Напряженность электрического поля в конденсаторе $E = 10$ кВ/м. При вылете из конденсатора электрон попадает в магнитное поле, перпендикулярное электрическому. Индукция магнитного поля $B = 10$ мТл. Найдите радиус R и шаг h винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле.

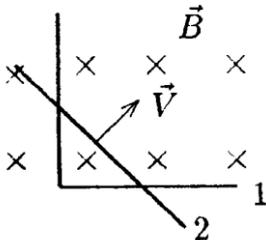


• 8.13.3. Через сечение $S = a \cdot b$ медной пластинки толщиной $a = 0,50$ мм и высотой $b = 10$ мм пропускается ток силой $I = 20$ А. При помещении пластинки в магнитное поле, перпендикулярное к ребру b и направлению тока, возникает поперечная разность потенциалов $U = 3,1$ мкВ. Индукция магнитного поля $B = 1,0$ Тл. Найдите концентрацию электронов проводимости n в меди и их скорость V ($q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.13.4. На рисунке а) изображен плоский круговой контур, помещенный в однородное магнитное поле, направленное от нас. Не выводя контур из плоскости и не меняя его длины, его превратили в квадрат, изображенный на рисунке б). Укажите направление индукционного тока в контуре, возникающего вследствие такого превращения.

- 8.13.5. Короткозамкнутая катушка, состоящая из $N = 1000$ витков проволоки, помещена в магнитное поле, направленное вдоль оси катушки. Площадь поперечного сечения катушки $S = 40 \text{ см}^2$, ее полное сопротивление $R = 160 \text{ Ом}$. Найдите мощность джоулевых потерь, полагая, что индукция магнитного поля равномерно возрастает со скоростью $\frac{dB}{dt} = 10^{-3} \text{ Тл/с}$.

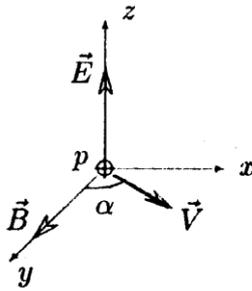


- 8.13.6. Прямой провод 1 с сопротивлением $r = 20 \text{ Ом/м}$ на единицу длины согнут под прямым углом. Перемычка 2 из провода с таким же сопротивлением образует с согнутым замкнутый прямоугольный треугольник, катеты которого равны между собой. Данный контур помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,50 \text{ Тл}$, перпендикулярное к его плоскости. Найдите направление и величину тока I , текущего в контуре, когда перемычка движется с постоянной скоростью $V = 50 \text{ м/с}$.

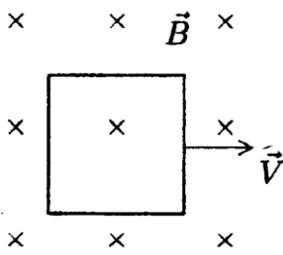
- 8.13.7. Сила тока в катушке снизилась от $I_1 = 12 \text{ А}$ до $I_2 = 8,0 \text{ А}$. При этом энергия магнитного поля уменьшилась на $\Delta W = 2 \text{ Дж}$. Определите индуктивность катушки L и первоначальную энергию магнитного поля W_1

8.14. Вариант 14

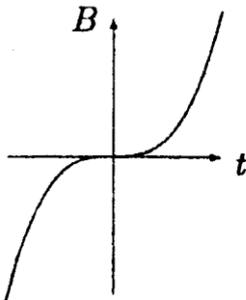
- 8.14.1. Электрон и протон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов U , влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно направлению магнитной индукции \vec{B} . Изобразите траектории, которые будут описывать частицы. Каковы будут отличия траекторий электрона и протона?



- 8.14.2. Протон движется прямолинейно в области, где созданы однородные взаимно перпендикулярные электрическое и магнитное поля с напряженностью $E = 4000$ В/м и магнитной индукцией $B = 50$ мТл. Направление движения протона перпендикулярно направлению вектора напряженности электрического поля \vec{E} и образует угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением вектора магнитной индукции B . Найдите скорость движения протона V и шаг h винтовой линии, по которой он будет двигаться после выключения электрического поля E ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.14.3. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,80$ Тл движется квадратная проволочная рамка с постоянной скоростью $V = 0,05$ м/с. Плоскость рамки перпендикулярна направлению магнитного поля. Найдите величину и направление напряженности электрического поля \vec{E} вдоль каждой из сторон рамки.

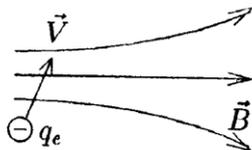


- 8.14.4. Металлическая рамка помещена в переменное магнитное поле, индукция которого изменяется со временем по закону $B \sim t^3$. Изобразите график зависимости ЭДС индукции, наводимой в рамке, от времени.
- 8.14.5. Внутри длинного соленоида с числом витков на единицу длины $n = 400$ м⁻¹ находится металлическое кольцо, площадь которого $S = 4,0$ см², а сопротивление $R = 0,01$ Ом. Плоскость кольца перпендикулярна оси соленоида. Найдите ток, индуцированный в кольце, через 10 с после включения тока, проходящего через соленоид, полагая, что последний изменяется по закону $I = k \cdot t^2$, где $k = 1,0$ А/с².
- 8.14.6. Между полюсами электромагнита находится небольшая катушка, ось которой совпадает с направлением магнитного поля. Площадь поперечного сечения катушки $S = 3,0$ мм², число витков $N = 60$. При повороте катушки на 180° вокруг ее диаметра через подключенный к ней баллистический гальванометр протекает заряд $q = 4,5$ мкКл.

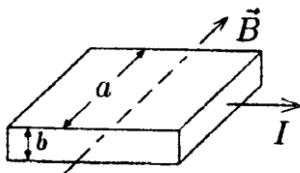
Найдите модуль индукции магнитного поля между полюсами, если сопротивление электрической цепи $R = 40$ Ом.

- 8.14.7. Определите индуктивность катушки L , если при уменьшении силы тока, проходящего через нее, от $I_1 = 10$ А до $I_2 = 5,0$ А за время $\Delta t = 0,01$ с, возникла ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_s = 20$ В.

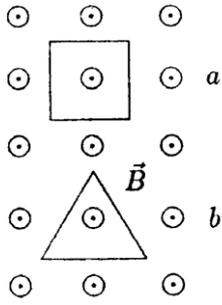
8.15 Вариант 15



- 8.15.1. Электрон, двигаясь со скоростью V , попадает в область слабо неоднородного магнитного поля с индукцией B , как показано на рисунке. Качественно изобразите траекторию, которую будет описывать электрон при движении в данном поле.
- 8.15.2. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции \vec{B} и начинают двигаться по окружностям одинакового радиуса. Сравните скорости электрона V_e и протона V_p между собой. Масса протона в 1836 раз больше массы электрона.

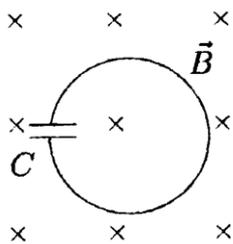


- 8.15.3. Через сечение $S = a \cdot b$ алюминиевой пластинки, где a - толщина и b - высота, пропускают ток силой $I = 5$ А. Пластика помещена в магнитное поле, перпендикулярное к ребру b и направлению тока I . Индукция магнитного поля $B = 0,50$ Тл. Толщина пластинки $a = 0,10$ мм. Найдите возникающую поперечную разность потенциалов между верхней и нижней поверхностью пластинки, принимая, что концентрация электронов проводимости равна концентрации атомов ($n_{ат} = 6,0 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$, $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.15.4. На рисунке а) изображен плоский квадратный контур, помещенный в однородное магнитное поле \vec{B} . Не выводя контур из плоскости и не меняя длины, его превратили в равносторонний треугольник, изображенный на рисунке б). Укажите направление индукционного тока в контуре, возникающего вследствие такого превращения.

- 8.15.5. Кольцо диаметром $d=10$ см, изготовленное из тонкой проволоки, сопротивление единицы длины которой $p=1,0$ Ом/м, помещено в однородное магнитное поле. Индукция магнитного поля \vec{B} перпендикулярна плоскости кольца, а ее модуль изменяется с течением времени по закону $B = a \cdot t^2$, где $a=0,50$ Тл/с². Определите силу тока, индуцированного в кольце, через $t=10$ с после помещения кольца в магнитное поле.



- 8.15.6. Проволочный виток, имеющий площадь $S = 10$ см², разрезан в некоторой точке, и в разрез включен конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ. Виток помещен в однородное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны к плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется во времени со скоростью $dR/dt=5,0 \cdot 10^{-3}$ Тл/с. Определите заряд конденсатора.

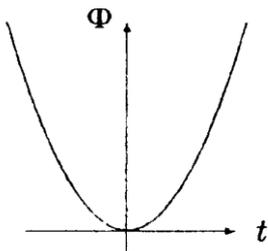
- 8.15.7. Соленоид длиной $l = 16$ см имеет $N = 1400$ витков радиусом $r = 4,8$ см каждый. Определите магнитный поток через соленоид, если сила тока в нем $I = 6,3$ А. Сердечник заполняет весь объем соленоида и имеет магнитную проницаемость $\mu=183$.

8.16. Вариант 16



- 8.16.1. Электрон удаляется от кругового проводника, по которому течет ток силой I , с некоторой скоростью \vec{V} . Направление тока и скорости электрона приведены на рисунке. Укажите направление силы Лоренца, действующей на электрон.

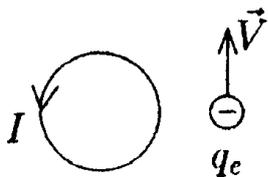
- 8.16.2. α -частица, кинетическая энергия которой $W = 500$ эВ, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное к направлению ее движения с индукцией $B = 0,1$ Тл. Найдите радиус R окружности, по которой движется α -частица, и период ее обращения T ($m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл).
- 8.16.3. Протон влетает в скрещенные под углом $\alpha = 120^\circ$ магнитное и электрическое поля со скоростью $V = 4,0 \cdot 10^5$ м/с, направленной перпендикулярно векторам \vec{E} и \vec{B} . Величина индукции магнитного поля $B = 50$ мТл, а напряженность электрического поля $E = 20$ кВ/м. Определите направление и модуль ускорения \vec{a}_p протона ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.16.4. Магнитный поток, пронизывающий рамку, изменяется со временем по квадратичному закону ($\Phi \sim t^2$), как показано на рисунке. Изобразите график зависимости индукционного тока, возникающего в рамке, от времени.

- 8.16.5. Тонкий медный провод массой $m = 5,0$ г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат поместили в магнитное поле с индукцией $B = 0,20$ Тл так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определите заряд q , который пройдет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию (удельное сопротивление меди $\rho_{\text{сopr}} = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м, плотность меди $\rho_{\text{ня}} = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³).
- 8.16.6. Проволочный контур площадью $S = 500$ см² и сопротивлением $R = 0,10$ Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,50$ Тл. Ось вращения лежит в плоскости контура и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Максимальная мощность, необходимая для вращения контура, $P_m = 20$ Вт. Определите угловую скорость вращения ω контура.
- 8.16.7. Соленоид сечением $S = 10$ см² содержит $N = 1000$ витков. При силе тока $I = 5,0$ А магнитная индукция внутри соленоида $B = 0,05$ Тл. Определите индуктивность соленоида L .

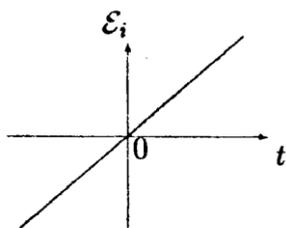
8.17, Вариант 17



- 8.17.1. Электрон движется вблизи кругового проводника, по которому течет ток силой I с некоторой скоростью \vec{V} . Направление тока и скорости электрона приведены на рисунке. Укажите направление силы Лоренца, действующей на электрон.

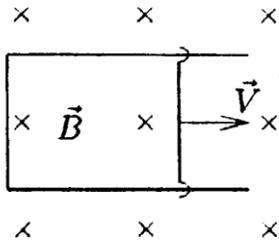
- 8.17.2. Ион, попав в магнитное поле, индукция которого $B = 0,01$ Тл, стал двигаться по окружности. Определите кинетическую энергию иона, если магнитный момент эквивалентного кругового тока $P_m = 1,6 \cdot 10^{-14}$ А \cdot м².

8.17.3. α -частица, имеющая скорость $V = 2,0 \cdot 10^6$ м/с влетает под углом $\beta = 30^\circ$ к сонаправленным магнитному и электрическому полям. Индукция магнитного поля $B = 1,0$ Тл, а напряженность электрического поля $E = 1,0$ кВ/м. Определите направление и модуль ускорения a_α α -частицы. ($m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.17.4. Металлическая рамка помещена в переменное магнитное поле с индукцией B . ЭДС индукции ε_i , возникающая в рамке, изменяется со временем по линейному закону $\varepsilon_i \sim t_1$ как показано на рисунке. Изобразите график зависимости магнитной индукции B от времени.

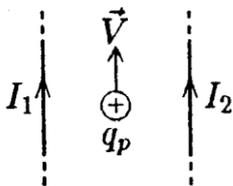
8.17.5. Кольцо из медного провода массой $m = 10$ г помещено в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,50$ Тл так, что нормаль к плоскости кольца составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с линиями магнитной индукции. Определите заряд, который пройдет по кольцу, если снять магнитное поле (удельное сопротивление меди $\rho_{\text{сопр}} = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м, плотность меди $\rho_{\text{пл}} = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³



8.17.6. П-образный проводник находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника. Магнитное поле изменяется с течением времени со скоростью $dB/dt = 0,10$ Тл/с. Вдоль параллельных сторон этого проводника перемещают с постоянной скоростью $V = 0,20$ м/с проводник-перемычку длиной $l = 0,20$ м. Найдите модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре через время $t = 2,0$ с после начала перемещения, если в момент времени $t = 0$ площадь контура и индукция магнитного поля равны нулю.

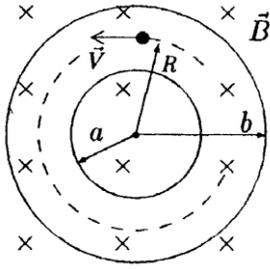
- 8.17.7. На торе из магнетика намотано $N = 500$ витков. Найдите энергию магнитного поля, если при силе тока $I = 2,0$ А магнитный поток через каждый виток тора $\Phi = 1,0$ мВб.

8.18. Вариант 18

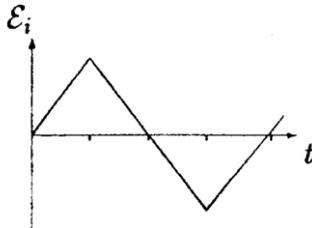


- 8.18.1. По двум параллельным прямым проводникам текут токи силой I_1 и I_2 . Вдоль прямой, параллельной данным проводникам и находящейся на одинаковом расстоянии от них, движется протон со скоростью V . Направления токов и скорости протона приведены на рисунке. Изобразите векторы силы Лоренца \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , и результирующий вектор $\vec{F}_{рез}$, полагая, что $I_1 > I_2$.

- 8.18.2. α -частица движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,015$ Тл по окружности радиусом $R = 10$ см. Найдите импульс α -частицы ($m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг, $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл).



- 8.18.3. Цилиндрический конденсатор находится в магнитном поле, направленном вдоль его оси. Разность потенциалов между обкладками конденсатора $U = 3,0$ кВ, радиусы обкладок $a = 3,0$ см и $b = 5,0$ см, а индукция магнитного поля $B = 0,05$ Тл. Внутри конденсатора по окружности радиусом $R = 4,0$ см движется протон. Найдите скорость протона V .



- 8.18.4. По первичной обмотке трансформатора течет переменный ток. График зависимости ЭДС индукции, наводимой во вторичной обмотке, от времени показан на рисунке. Изобразите графики зависимости тока, протекающего по первичной обмотке, от времени.
- 8.18.5. Из проволочного кольца, присоединенного к баллистическому гальванометру, удалили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд $q = 50$ мкКл. Определите изменение магнитного потока $\Delta\Phi$ через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра $R = 10$ Ом.
- 8.18.6. Катушка диаметром $D = 10$ см, имеющая $N = 500$ витков, находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,02$ Тл. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции в катушке, если ее повернуть в течение времени $t = 0,1$ с на угол $\varphi = 180^\circ$ вокруг оси, лежащей в плоскости катушки? В начальный момент времени вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости катушки.

8.18.7. Катушка, намотанная на магнитный цилиндрический каркас, имеет $N = 250$ витков и индуктивность $L_1 = 36$ мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до $L_2 = 100$ мГн, обмотку катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки была прежней. Сколько витков стало в катушке после перемотки?

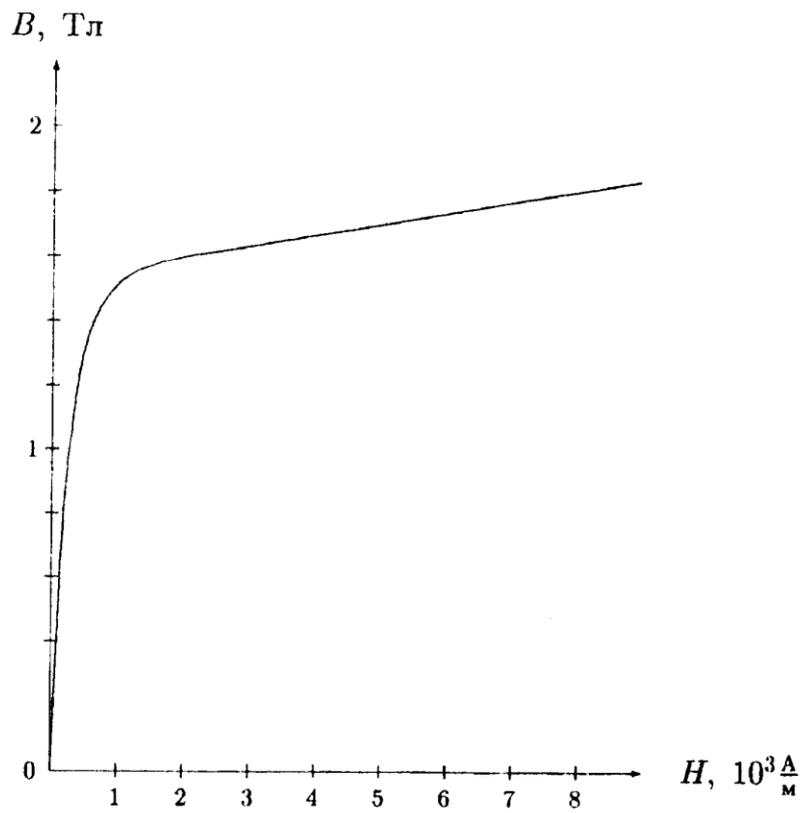


График зависимости магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H для железа

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

Часть 2 Электричество и магнетизм

Редактор *Н. Ф. Фабричная* Технический редактор *Г. Е. Телятникова*

Лицензия № 021040 от 22.02.96. Подписано в печать 21.01.98. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 250 экз. Уч.- изд. л. 6,5. Печ. л. 7,0. Изд. № 333. Заказ № 28 Цена договорная.

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического
университета 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.